

PRISMA TECNOLÓGICO

*En esta edición:
Energía eléctrica y
telecomunicaciones*

**La era de las
comunicaciones
digitales**

**Medidas de ahorro
energético
adoptadas en la
UTP**

Tecnologías de IPTV



Bluetooth

Además...

Biografías

Alexander Graham Bell

Thomas Alva Edison



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
DE PANAMÁ

OFERTA ACADÉMICA

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en todas sus carreras.

Actualmente la UTP posee una oferta académica de gran relevancia y variedad al ofrecer, en Panamá, novedosas carreras en Programas de Maestrías y Postgrados dirigidos hacia las áreas Administrativas y Financieras de la Industria, Ingeniería, Ciencias y Tecnología.

www.utp.ac.pa

Tels.: (507) 560-3000
Campus Universitario
Víctor Levi Sasso
Ciudad de Panamá



Programas de Postgrados y Maestrías

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Maestría y Postgrado en Ingeniería Estructural.
Maestría y Postgrado en Ingeniería Ambiental.
Maestría y Postgrado en Administración.
de Proyectos de Construcción.

Para mayor información:

Ing. David Cedeño / Tel.: 560-3006
Ing. Neida Blake / Tel.: 560-3032
david.cedeno@utp.ac.pa
neida.ceballos@utp.ac.pa
Visítenos en: <http://www.fic.utp.ac.pa/>

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Postgrado en Alta Gerencia
Postgrado en Logística
Postgrado en Formulación, Evaluación y
Gestión de Proyectos.
Maestrías en Dirección de Negocios con
especialización en:
-Estrategia Gerencial
-Mercadeo Estratégico
-Gerencia en Recursos Humanos
-Administración de Sistemas de Información
-Economía de las Empresas
Maestría en Sistemas Logísticos y Operaciones
con Especialidad en:
-Planificación de la Demanda
-Centros de Distribución
Maestría en Gestión de Proyectos con
especialización en:
-Administración
-Evaluación

Para mayor información:

Coordinación de Postgrado y Maestría:
560-3145 / 560-3386
israel.ruiz@utp.ac.pa
elizabeth.salgado@utp.ac.pa
marta.caballero@utp.ac.pa
Visítenos en: www.fii.utp.ac.pa

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Postgrado en Ing. Electrónica digital
Postgrado en Telecomunicaciones
Maestría en Ing. Eléctrica con Especialización
en Potencia Eléctrica.
Maestría en Ing. Eléctrica con Especialización
en Electrónica Digital y Automatización.
Maestría en Ing. Eléctrica con Especialización
en Telecomunicaciones.

Para mayor información:

Vice Decano Investigación Postgrado y
Extensión:
Alcibiades Mayta / Tel.: 560-3047
Coord. de Postgrado:
Salvador Vargas / Tel.: 560-3047

alcibiades.mayta@utp.ac.pa
salvador.vargas@utp.ac.pa
Visítenos en: <http://www.fie.utp.ac.pa/>

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES.

Maestría de Gestión de servicios de información
Documental.
Postgrado/Maestría en Redes de Comunicación
de Datos.
Postgrado/Maestría en Informática.
Postgrado/Maestría en Ingeniería del Software
Aplicada.
Postgrado/Maestría Auditoría de Sistemas y
Evaluación de Control Informático.
Maestría en Ciencias de la Tecnología de la
Información y Comunicación (Diurno).

Para mayor información:

Vice Decana Investigación Postgrado y Extensión
Licda Lydia Toppin / Tel.: 560-3606
Coord. de Postgrado
Maria Raquel de Guizado / Tel.: 560-3657
lydia.holmes@utp.ac.pa
maria.lopez@utp.ac.pa
Visítenos en: <http://www.fisc.utp.ac.pa>

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Maestría en Ingeniería de Plantas y Manten-
imiento de Plantas.
Maestría en Energía Renovable y Ambiente.
Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica
con Especialización en Manufactura y Materiales.
Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica
con Especialización en Automatización y
Robótica.

Para mayor información:

Facultad de Ingeniería Mecánica
Coordinación de Postgrado y Maestría
Tel.: 560-3105
Correo Electrónico: postgrado.fim@utp.ac.pa
Visítenos en: <http://www.fim.utp.ac.pa/>

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Profesorado en educación Media y Premedia en
Ciencias y Tecnología con Especialización en el
Área.

Para mayor información:

Coord. de Postgrado
Ildeman Ábrego
Keila Rojas
ildeman.abrego@utp.ac.pa
keila.rojas@utp.ac.pa
Visítenos en: <http://www.fct.utp.ac.pa>
Coordinación de Doctorado
Ing. Gabriel Vergara / Tel.: 560-3351
Correo Electrónico: gabriel.vergara@utp.ac.pa

“Camino a la excelencia a través del mejoramiento continuo”.

Editorial



Bienvenidos a la primera edición de *Prisma*, la nueva publicación semestral de la Universidad Tecnológica de Panamá. Tomaré esta oportunidad para presentarles una visión general de *Prisma*, y de

ésta, su primera edición.

El objetivo de esta revista es ofrecer artículos con contenido tecnológico y científico dirigidos a aquellos con un interés general en tecnología, tanto estudiantes como profesionales de las diversas áreas de la ingeniería, aunque esperamos que nuestros artículos sean accesibles y de interés para todos los lectores. La publicación incluirá: ensayos técnicos sobre tecnologías actuales; artículos sobre tecnología proyectados a la sociedad panameña; resúmenes de investigaciones realizadas en la Universidad Tecnológica de Panamá; entrevistas a expertos; una sección con biografías de científicos e inventores importantes; recomendaciones para buenas prácticas de diseño; y una sección con entretenimientos como problemas matemáticos, sudokus, etc.

El desarrollo de esta publicación busca servir de medio para informar a todos los lectores interesados en temas de actualidad sobre el área tecnológica; discutir temas de interés relacionados con la implementación de tecnologías en la sociedad; estimular la investigación; y desarrollar habilidades de lectura, síntesis y escritura de artículos técnicos y científicos en nuestros estudiantes. De esta forma, buscamos establecer un canal de comunicación directo entre la Universidad Tecnológica y la comunidad en general, presentando alternativas, propuestas, servicios, opciones y soluciones a problemas, con criterio profesional, académico y especializado; fundamentado en el estudio, la investigación y los análisis que se realicen en la Institución, y así disponer de documentos de referencia sobre temas que son importantes para los panameños.

Esta primera edición de *Prisma* se enfoca en las áreas de sistemas de comunicación y de energía de la ingeniería eléctrica, e incluye artículos sobre IPTV, radio digital, ahorro energético, entre otros, así como una interesante entrevista con el Dr. Julio Escobar, Ph.D., ex-Secretario Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación de Panamá.

Finalmente, quiero invitarlo, estimado lector, a que me escriba a mi correo electrónico sus comentarios y sugerencias, que serán de gran valor para nosotros, y confío en que esta nueva publicación será de su completo agrado.

Dr.-Ing. Carlos A. Medina C.
Universidad Tecnológica de Panamá
Facultad de Ingeniería Eléctrica
carlos.medina@utp.ac.pa

Contenido

PRISMA TECNOLÓGICO

6 Impacto



- La Era de las Comunicaciones Digitales

10 Actualidad Tecnológica



- Tecnologías de IPTV
- Tecnología de Radio Digital
- Bluetooth

22 Tecnología y Sociedad



- La Continuidad y Calidad del Servicio Eléctrico
- Medidas de Ahorro Energético Adoptadas en la UTP

28 Entrevista



- Dr. Julio Escobar, Ph.D. ex-Secretario Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación

Contenido

PRISMA TECNOLÓGICO

32 Tecnología a Fondo



- OFDMA
- WCDMA

41 Tecno I+D



- Modelado y Simulación Dinámica de Máquinas Sincrónicas de Imanes Permanentes para Aplicaciones Eólicas

46 Biografías



1847- 1922

- Alexander G. Bell
- Thomas A. Edison

48 Entretenimiento



- Trivia, Sudoku, Sopa de Letras

AUTORIDADES

Ing. Marcela Paredes de Vásquez
Rectora

Ing. Luis Barahona G.
Vicerrector Académico

Dr. Martín Candanedo
Vicerrector de Investigación,
Postgrado y Extensión

Ing. Myriam González B.
Vicerrectora Administrativa

COMITÉ TÉCNICO

Dr. Carlos A. Medina C.

Dr. Edilberto Hall, Ph. D.

Ing. Alcibiades Mayta, M.Sc.

Ing. Federico Pérez, Mgst.

Dr. Rony Caballero

COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA

Mgter. Rubis de Hall

Directora de Comunicación Estratégica

Diagramación e Impresión

Técnico Rafael Saturno

Jefe de Diseño Gráfico

Licda. Xenia Araúz

Jefa de Imprenta

Yadira Hernández

Diseñadora Gráfica

Rodrigo Macías

Diseñador Gráfico

Miguel Ulloa

Diseñador Gráfico

Portada

Miriam Pinzón

Diseñadora Gráfica

Colaboradoras

Licda. Vielka Montalvo

Asistente Ejecutiva-DICOMES

Ana Patricia Hernández

Asistente Administrativa-DICOMES



Mensaje de la Rectora

Ing. Marcela P. de Vásquez

RECTORA

Universidad Tecnológica
de Panamá

El 13 de agosto, la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) festejó su XXVIII Aniversario de creación con un regocijo especial. En este nuevo año de vida institucional, celebramos el acontecimiento de la integración, en el Campus Dr. Víctor Levi Sasso, de la familia universitaria de la sede Panamá; al incorporarse las Facultades de Sistemas Computaciones y Ciencias y Tecnología a nuestro Campus Central. Un mes después, sale a la luz este nuevo medio de divulgación.

Prisma se suma a los esfuerzos que ya se vienen desarrollando en esta Casa de Estudios Superiores para abrir espacios y dar a conocer la labor que desarrollamos de cara a la comunidad en materia de investigación, asesoramiento técnico, desarrollo de software, pruebas de laboratorio, así como en el ámbito cultural; sólo por citar algunos ejemplos.

Esta publicación en particular, es de corte científico y en sus páginas guarda artículos interesantes que estoy segura serán de utilidad para los lectores, a lo largo y ancho del país, ya que será distribuida en todas las sedes de la UTP. Invitamos a toda la comunidad a sumarse a esta iniciativa que estará abierta no solo para nuestros investigadores, docentes y estudiantes sino para todo aquel que desee compartir sus experiencias y conocimientos.

La Era de las Comunicaciones Digitales: El Gran Legado de Shannon

Dr. - Ing. Carlos A. Medina C.

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Panamá

En este mundo digital, movido y moldeado por los sistemas electrónicos de comunicación y las tecnologías de la información, resulta más que pertinente conocer sobre el hombre que ha hecho esto posible: Claude E. Shannon.

1. Las Ideas de Shannon

Shannon es considerado el padre de la comunicación digital moderna y la teoría de la información. Sin sus brillantes y visionarias ideas, publicadas por primera vez hace 60 años, tal vez aún no tendríamos las tecnologías y sistemas de comunicación de alta velocidad que nos resultan tan naturales hoy día.

En su publicación clásica, "Una Teoría Matemática de la Comunicación", de 1948 y en las siguientes publicaciones, Shannon describió lo que debía hacerse para crear sistemas de comunicación efectivos y eficientes. Sus modelos matemáticos indican a los ingenieros cuánta información puede transmitirse sobre los canales de comunicación. También subrayó los principios matemáticos de la codificación y corrección de errores que hacen posible hoy día la transmisión a alta velocidad. Las teorías de Shannon son tan relevantes hoy como cuando fueron formuladas por primera vez. Sus ideas fueron pensamientos realmente visionarios, tal como si el procesamiento a alta velocidad y de bajo costo hubiera sido supuesto, Shannon determinó los límites superiores en las velocidades de la comunicación. Sean los canales de telefonía, las comunicaciones ópticas o los sistemas inalámbricos, la teoría ha definido siempre los límites de la comunicación. Aún en los sistemas actuales con velocidades en el orden de los gigabits y terabits, Shannon nos muestra que aún hay un camino por recorrer para acercarnos a los límites predichos de velocidad en la transmisión de información.

Las ideas de Shannon que dieron origen a la Teoría de la Información en los 1940's son sin duda alguna uno de los grandes logros intelectuales del siglo pasado. El desarrollo continuo de estas ideas en el contexto de la ingeniería de comunicación es un monumento único a la grandeza y visión de Shannon.

El modelo de un sistema de comunicación formulado por Shannon es distintivo por su generalidad, así como por su disposición al análisis matemático. Él también formuló los problemas centrales de interés teórico para la transmisión de información, dando una solución brillante y elegante a estos problemas.



Claude Shannon
1916-2001

2. El Modelo de Shannon

Shannon vio el proceso de comunicación como un proceso esencialmente estocástico en su naturaleza, donde el significado semántico de la información no juega ningún papel en la transmisión de la misma. En este paradigma (Figura 1), información de una "fuente" (definida como un proceso estocástico) debe ser transmitida a través de un "canal" (definido por una probabilidad de transición que relaciona la salida del canal con la entrada). El diseñador del sistema puede colocar un dispositivo llamado "codificador" entre la fuente y el canal, el cual introduce un retraso fijo y finito (codificación), y se coloca entonces un "decodificador" a la salida del canal. La teoría busca responder la pregunta ¿qué tan rápido o confiable puede transmitirse la información de la fuente a través del canal?, cuando es posible la optimización con respecto al codificador / decodificador.

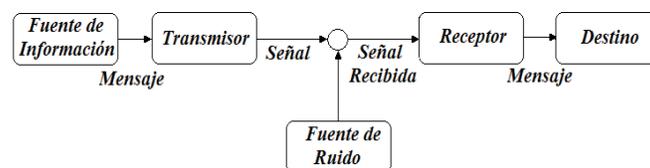


Figura 1. Arquitectura de un sistema de comunicación.

La respuesta dada por Shannon a esta pregunta tiene dos partes: primero, da un límite fundamental, el cual, por ejemplo, puede indicar que para una fuente y un canal dados, es imposible lograr un nivel de fidelidad o confiabilidad mejor que un cierto valor; segundo, él muestra que para retrasos grandes del codificador, es posible lograr un desempeño que es esencialmente tan bueno como el límite fundamental. Para hacer esto, el codificador puede que tenga que hacer uso de un código complejo el cual no necesariamente se puede implementar en la práctica.

Una de las ideas más brillantes de Shannon fue la separación del problema fuente / canal (donde el codificador tiene que tomarlos en cuenta a ambos) en dos problemas de codificación. Él demostró que, sin perder generalidad, uno puede estudiar la fuente y el canal por separado y asumir que éstos están conectados por una interfaz digital. Se tiene entonces que el codificador / decodificador de la fuente optimiza el desempeño fuente-a-digital, y el codificador / decodificador del canal optimiza el desempeño del canal, como una solución al problema original conjunto de fuente/canal. De esta forma, es posible separar completamente el diseño de cada una de estas partes, fuente y canal.

El hecho de que una interfaz digital entre la fuente y el canal es esencialmente óptima, tiene implicaciones profundas en la era moderna del almacenamiento digital y la comunicación de todos los tipos de información. Shannon mostró cómo se puede cuantificar la información con absoluta precisión y demostró la unidad fundamental de toda forma de información. Esencialmente todos los modos de comunicación, señales telefónicas, texto, ondas de radio, imágenes, vídeo, etc., se pueden codificar en bits que son posible entonces, transmitir y regenerar sin error.

3. Información

En el transcurso del desarrollo de la solución al problema básico de la comunicación expuesto arriba, Shannon introdujo varios

conceptos matemáticos. Fundamental entre los mismos, es la noción de la “entropía” de una variable aleatoria (y por extensión de una secuencia aleatoria), la “información mutua” entre dos variables o secuencias aleatorias, y el cálculo que relaciona estas cantidades y sus derivadas.

La entropía H de una variable aleatoria discreta finita con probabilidades p_1, \dots, p_n , dada por

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad [\text{bits/símbolo}] \quad (1)$$

mide la información contenida en la variable. H indica la cantidad mínima promedio de bits por símbolo de la fuente que son necesarios para representar la salida total de dicha fuente, i.e., la información de la variable aleatoria (o secuencia), sin error.

4. Codificación de Fuente

La codificación de fuente trata con la representación eficiente de datos. Hoy, el término es sinónimo de compresión de datos. El objetivo básico de la codificación de fuente es remover la redundancia en la información para hacer el mensaje más pequeño. En su exposición inicial Shannon presenta un método sin pérdida de compresión de datos en la fuente, usando un código de bloque con razón variable.

Es muy significativo el hecho de que la teoría de Shannon muestra cómo diseñar sistemas de comunicación y almacenamiento de información más eficientes, demostrando las enormes ganancias logradas con la codificación tanto de fuente como de canal.

5. Codificación de Canal

Tal vez el resultado más destacado de Shannon fue el concepto de que todo canal de codificación tiene una velocidad límite, medida en dígitos binarios por segundo: este es el importante *Límite de Shannon*, ejemplificado por la familiar fórmula para la capacidad de un canal AWGN (ruido Gaussiano blanco aditivo),

$$C = W \log_2 \frac{P + N}{N} \quad (2)$$

Este límite C define la cantidad de información que se puede enviar a través de un canal con ruido en términos de la potencia transmitida P , la potencia de ruido N y el ancho de banda W . Con esto, Shannon ofrece una solución al problema de la transmisión redefiniendo la relación entre información, ruido y potencia.

Por encima de esta capacidad no es matemáticamente posible lograr una comunicación libre de errores no importa que tan sofisticado sea el esquema de corrección de error o cuánto se pueda comprimir la data, no se puede transmitir más rápido que el límite C sin perder información.

Sin embargo, por debajo del límite C , es posible transmitir información con cero error. Shannon demostró matemáticamente que existen formas de codificar la información que permitirían llegar hasta el límite de velocidad sin errores: independientemente de la cantidad de ruido o estática, o de la debilidad de la señal.

6. La necesidad de Tecnología

La tecnología de hardware ha sido siempre un factor determi-

nante para la Teoría de la Información. Esta es sólo eso: una teoría.

Los algoritmos, conceptos y códigos, requieren tecnología, en la forma de hardware complejo y altas capacidades de procesamiento para ser usados. Cuando la tecnología era escasa, compleja y costosa, como en los 1960s, las aplicaciones eran también escasas y de alcance limitado. Con el desarrollo tecnológico de hardware de alta velocidad y capacidad a bajo costo, el éxito de la Teoría de la Información es fenomenal hoy día, logrando disponer de sistemas de transmisión y almacenamiento de información del orden de gigabits y terabits.

7. El Legado de Shannon

Los elementos revolucionarios de la contribución de Shannon fueron la invención del modelo *fuentes-codificador-canal-decodificador-destino*, y la solución elegante y significativamente general del problema fundamental que pudo poner en términos de su modelo. Particularmente significativa es la demostración del poder de la codificación con retraso en un sistema de comunicación, la separación de los problemas de codificación de fuente y de canal, y el establecimiento de los límites naturales fundamentales en la comunicación.

El trabajo de Shannon, así como el de otras grandes mentes seguidoras de sus ideas, provee un “conocimiento base” crucial para la disciplina de la ingeniería de la comunicación. El modelo de comunicación es suficientemente general para que los límites fundamentales y la intuición general provista por la teoría de Shannon provean una “ruta” extremadamente útil para los diseñadores de sistemas de comunicación y almacenamiento de información. Los sofisticados esquemas de codificación utilizados en sistemas tan diversos como, por ejemplo, la comunicación desde el espacio profundo (con sondas planetarias), y los sistemas de audio de disco compacto, se deben a las ideas provistas por la teoría de Shannon. A medida que avanza el tiempo, y aumenta nuestra habilidad y capacidad para implementar procesadores más y más complejos, los conceptos de la teoría de la información introducidos por Shannon se volverán, en concordancia, más y más relevantes para la comunicación diaria.

Como podemos ver, los límites profetizados por Shannon guían el progreso y los avances de los sistemas de comunicación y las tecnologías de la información, al tiempo que proveen el ímpetu para innovar y tratar de llegar a dichos límites.

Referencias

- [1] C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication”, Bell Syst. Tech.J., vol.27, pp. 379-423,623-656, July-Oct. 1948.
- [2] S. Verdú, “Fifty Years of Shannon Theory”, IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 44, No.6, pp.2057-2078. Oct. 1998.
- [3] Aftab, Cheung, Kim, Thakkar, Yeddanapudi, “Information Theory and the Digital Age”, 6.933 Project History, Massachusetts Institute of Technology.
- [4] T. Cover, J. Thomas, Elements of Information Theory, John Wiley & Sons, Inc., 1991, U.S.A.
- [5] J. Massey, Applied Digital Information Theory, Lecture notes, URL:http://www.isiweb.ee.ethz.ch/archive/massey_scr/, [citado: Sept. 12 de 2008].

Modelo del Contacto Humano para Simular la Fiebre Porcina

(fuente: *Supercomputer's Model of Human Contact Simulates Swine Flu* By Sandra Upson, *IEEE Spectrum*)

Un modelo para supercomputadora en extremo detallado de la población de EU está siendo usado para comprender el brote de la "fiebre porcina" H1N1. El modelo, construido por investigadores del Instituto Politécnico de Virginia y la Universidad Estatal, en Virginia, está compuesto de representaciones realistas de la mayoría de las formas en que las personas en los EU entran en contacto unos con otros – es decir, redes sociales del mundo real. Este modelo está siendo usado por el Departamento de Defensa de los EU para proveer recomendaciones al Departamento de Salud y Servicios Humanos.



En el modelo, llamado EpiSimdemics, se representan ciudades reales como grupos de personas artificiales cuyos atributos demográficos encajan con los datos del último censo y de las bases de datos de uso de tierras. Alimentando el modelo con algunos individuos infectados de forma que correspondan a casos reales, el modelo puede correr cientos de simulaciones para ilustrar posibles patrones de infección futuros a través de la población de entre 50 y 60 millones en nueve regiones. En un experimento, por ejemplo, el modelo sirvió para determinar el impacto, en la transmisión del virus de la fiebre, del cierre de las escuelas.

La principal innovación de EpiSimdemics es la facilidad con la cual los usuarios pueden manipular un amplio arreglo de variables en la simulación. El modelo puede ayudar a responder varias preguntas con relación al impacto de las vacunas y el tiempo en que las mismas estén disponibles; de las medicinas antivirales; y de la afectación de pequeños grupos de individuos críticos como trabajadores del sistema de transporte o de la industria eléctrica, en la economía debido a una propagación de la enfermedad.

Circuitos Integrados de Fosfato de Indio Liberan el Espectro de Altas Frecuencias

(fuente: *Indium phosphide ICs unleash the high frequency spectrum* By Gopal Raghavan, Marko Sokolich, and William E. Stanchina, *IEEE Spectrum*)



El rango de frecuencias de 10 – 100 GHz ofrece una excelente oportunidad para aplicaciones comerciales y militares. Sin embargo, una verdadera integración de los sistemas ha sido rara. Tradicionalmente, los diseñadores de circuitos

de microondas interesados en explotar estas frecuencias se han concentrado en componentes discretos, a pesar del costo de ensamblar y empaquetar estos circuitos, y la escasez de compradores que pueden permitirse, por cuestiones de costo, estos resultados.

Hoy, este escenario está transformándose rápidamente por los transistores bipolares de hetero-unión de fosfato de indio, una tecnología que está ahora permitiendo encapsular entre 1 000 y 10 000 transistores en un circuito integrado y operar sobre los 65 GHz. El éxito de esta integración densa de transistores rápidos ha permitido varios integrados analógicos, digitales y mixtos con desempe-

ños sin precedentes. La integración no sólo resulta posible sino comercialmente viable, por la alta demanda de clientes de datos para Internet, video y audio digital, y video-bajo-demanda.

Actualmente, las aplicaciones, principalmente con tecnología inalámbrica (e.g., redes de área local, radares automotrices, radares militares), requieren el uso de altas frecuencias por las ventajas que esto ofrece, como tamaño de antenas, intervalo de frecuencias no reguladas, y mayores anchos de banda. Pero estas señales deben recibirse y procesarse a altas velocidades, y los procesadores CMOS de silicio actuales resultan en un cuello de botella.

Con la nueva tecnología basada en substratos de fosfato de indio, se dispondrá de una plataforma para desarrollar integrados de ultra-alta velocidad. Por ahora, el único obstáculo para la adopción general de fosfato de indio es el elevado costo de la oblea de substrato de 7.5, el cual es cinco veces mayor que el correspondiente de arseniuro de galio. Se espera que con el aumento de la demanda por aplicaciones de alta velocidad y datos, la tecnología basada en el fosfato de indio se torne comercialmente viable y logre la transición de aplicaciones militares a la electrónica comercial en los próximos cinco años.

El Final de la Escasez de Espectro

(fuente: *The End of Spectrum Scarcity* By Gregory Staple and Kevin Werbach, *IEEE Spectrum*)

El espectro de radio es tal vez uno de los recursos más estrictamente regulados de todos los tiempos. De los teléfonos celulares a los radares de policía, de los equipos de TV a los controles de puertas, virtualmente cada dispositivo inalámbrico depende del acceso al espectro inalámbrico de frecuencias de radio. Pero este acceso ha sido crónicamente limitado desde que las transmisiones de RF fueron reguladas por primera vez al inicio del siglo XX. Ahora, todo está a punto de cambiar, por las reformas regulatorias y las nuevas tecnologías que usan en forma más eficiente y cooperativa el espectro.



Desde los 1920s, los reguladores han asumido que los nuevos transmisores interferirán con otros usos del espectro de radio, llevando a la "doctrina de la escasez de espectro". Como resultado, cada sistema inalámbrico ha requerido una licencia exclusiva del gobierno. Con, virtualmente, todas las frecuencias de radio utilizables ya asignadas (con licencia) a operadores comerciales y entidades de gobierno, el resultado ha sido una "sequía" de frecuencias. Esto está llegando a su fin. Al menos en los EU, las nuevas tecnologías y las reformas regulatorias podrán muy pronto liberar suficiente capacidad RF para transformar la economía de la industria inalámbrica, especialmente las telefonía móvil y los servicios de Internet; permitiendo cambio significativos en las inversiones, los modelos de negocios y los servicios.

En este futuro rico en espectro, las conexiones inalámbricas para nuevos servicios de voz, música y video deberán abundar, beneficiando por igual a consumidores y proveedores. Así, se tendrán, por ejemplo, dispositivos como TVs, DVDs, PCs y estéreos con enlaces inalámbricos de alta capacidad para intercambiar información; millones de sensores inalámbricos incorporados en casi cualquier lugar como trenes, automóviles, aviones, semáforos, calles, edificios, etc; nuevas redes para intercambiar películas y archivos de multimedia; nuevos servicios inalámbricos de datos, voz y video en sistemas de transporte; entre muchos otros sistemas y servicios.

Estos escenarios no requieren un ancho de banda infinito, son suficientes incrementos de capacidad relativamente modestos,

nueva tecnología y nuevas regulaciones, para tener consecuencias dramáticas. Las nuevas tecnologías de redes y de transmisión por radio pueden extraer y aprovechar más y más capacidad del mismo espectro existente y usado hasta hoy. Un ejemplo sencillo de esto, es el cambio de sistemas de transmisión de TV analógica a digital, donde en esta última se pueden transmitir 5 canales sobre las mismas frecuencias que ocupa un único canal de TV analógica. Mayores mejoras y aprovechamiento del espectro se tendrán con las tecnologías que usan inteligencia computacional, espectro expandido y antenas inteligentes, que permiten compartir el mismo espectro, y en algunos casos operar en forma cooperativa.

Lo anterior tiene un impacto significativo en la economía ya que permitirá establecer nuevos servicios y competidores en espacios del espectro liberados, o el alquiler de bandas de frecuencia que se pueden compartir, o nuevos proveedores de servicios en los mismos espectros usados actualmente por otros proveedores; también, el desarrollo y comercialización de tecnologías y servicios en bandas sin licencia que pueden explotarse para usuarios individuales no comerciales. Más aún, en un escenario donde no haya escasez de espectro, los inversionistas verán el espectro como una mercancía y cambiarán el enfoque de adquirir derechos de acceso sobre el espectro por adquirir derechos para proveer servicios y contenido, es decir usar el espectro; y los operadores propietarios o con licencia del espectro tendrán que enfrentar mayor presión de los competidores ya sean con licencia o sin ella.

En este nuevo mundo de abundancia del espectro, los servicios estarán guiados más por el ciclo de nuevas tecnología de receptores que por el acceso a las licencias de espectro, más por ingenieros y empresarios que por abogados. El negocio de la difusión de programas puede cambiar en forma similar al de las redes de aplicaciones, donde el contenido esté disponible por un precio en cualquier momento y lugar, en vez de en un momento fijo o un canal; y los reguladores serán menos importantes mientras que los usuarios tendrán el papel principal en la mitigación de conflictos potenciales y en hacer el mejor uso del espectro.

Nueva Tecnología de Papel Electrónico

(fuente: Ohio Engineers "Ink" New Electronic Paper Technology By Rosaleen Ortiz, IEEE Spectrum)

Una nueva tecnología que usa luz ambiental y pigmentos usada en impresiones comerciales promete hacer posible pantallas electrónica ultra-delgadas que sean tan brillantes y vibrantes como las páginas de una revista, de acuerdo a los reportes de investigación en Nature Photonics.



Investigadores en el Laboratorio de Dispositivos Novedosos de la Universidad de Cincinnati han desarrollado lo que ellos llaman una tecnología de pantalla electro-fluídica en los últimos dos años en colaboración con expertos en color de fabricantes de tintas y pigmentos de Sun Chemical Corp., la cual ha patrocinado el trabajo y aplicado para la patente de la tecnología con la universidad.

Una pantalla electro-fluídica se construye con dos hojas de plásticos. Sobre una hoja, se imprimen estructuras de polímeros para formar píxeles. Para cada píxel, un hueco entre 5 a 10 por ciento del área del píxel (aproximadamente 50 micrómetros) se

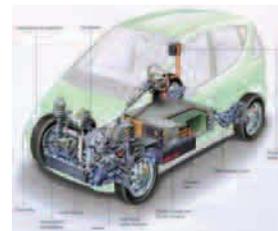
forma en el polímero y se rellena con una gota de fluido pigmentado. Alrededor del píxel hay un surco cortado en el polímero que contiene aire o aceite. Los píxeles se tapan con otra hoja de plástico – la cual contiene un electrodo transparente – dejando un espacio de 3 µm entre el electrodo y el píxel de polímero.

Cuando no hay voltaje entre las hojas de plástico, el pigmento se mantiene dentro del agujero, esencialmente invisible al ojo. Pero cuando se aplica un voltaje, el pigmento sale del agujero y se riega a lo largo del plástico, mostrando un color intenso al observador. El aire o el aceite que rodea al píxel previene que el pigmento de un píxel se riegue a otro. Al desconectar el voltaje, el pigmento se recoje en su agujero.

Esta tecnología provee durabilidad, brillantez de color, velocidad y muy bajo consumo de energía; pero los investigadores todavía tienen que trabajar en una escala de gris, en permitir que la imagen se mantenga aún cuando se apaga la alimentación, y en el tiempo de respuesta.

Quemar Biomasa para Cargar Vehículos Eléctricos vence al uso de Etanol en Autos

(fuente: Burning Biomass to Charge Electric Vehicles Beats Fueling Cars with Ethanol By Willie D. Jones, IEEE Spectrum)



Como el dinero, la gasolina no crece en árboles; pero los investigadores están trabajando para hacer práctico el cultivo de combustible en granjas. Los científicos de la Universidad de California, Merced; Universidad de Stanford; y el la Institución Carnegie para la Ciencia, en Stanford, California, están estudiando como obtener el

mayor beneficio de cada pedazo de tierra usado para cultivos combustibles.

En una publicación reciente, el equipo investigador concluyó que la conversión directa de biomasa en electricidad por, ejemplo, quemarla junto con carbón y luego usar la electricidad para cargar vehículos eléctricos, permite, en promedio, 80 por ciento más distancia por hectárea que convertir la misma cantidad de biomasa en combustible líquido. Así, un SUV pequeño alimentado por bioelectricidad de una hectárea de biomasa, puede viajar unos 60 000 km, mientras que si es alimentado por etanol producido con la misma cantidad de biomasa, viajará aproximadamente 30 000 km. La explicación para tan gran diferencia, explica un experto, es la ineficiencia del motor de combustión interna comparado con los vehículos eléctricos.

Otra diferencia importante entre la bioelectricidad y el etanol es el impacto en el ambiente. En promedio, el uso de bioelectricidad resulta en una reducción de más de dos veces las emisiones por unidad de área que las producidas por el etanol.

Esto no significa que se deba abandonar la investigación sobre el etanol, ni que el sistema de bioelectricidad actual sea óptimo; hay mucho que investigar y desarrollar en términos de tecnología, por ejemplo, una tecnología de conversión que resulte en etanol con mucho mayor contenido de energía, una sistema de baterías que permitan viajar cientos de kilómetros entre recargas muy rápidas de electricidad, o la poli-generación que permita la generación simultánea de electricidad y combustible líquido. Hasta tanto no se tengan estos y otros resultados, es prematuro concluir que hay un ganador.

Tecnologías de IPTV

Tomás Hilbert
Andrés Mata

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen - La IPTV se ha convertido en el sistema más común para la implementación de distribución de televisión, internet y telefonía usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. Esta tecnología ofrece servicios interactivos a los que el usuario podrá tener acceso siempre que lo desee. Este artículo comprende una descripción del sistema de IPTV, los servicios básicos que ofrece y las tecnologías que permiten que la IPTV llegue a los hogares y empresas.

Palabras Claves - IPTV, VoD, Multicast, P2P, WiMAX

1. Introducción

IPTV (Internet Protocol Television, Televisión por Protocolo de Internet) es una tecnología que está alcanzando un gran auge en estos últimos años en todo el mundo. El Protocolo de Internet es una tecnología que asigna una dirección única de identificación y comunicación para cada dispositivo conectado a una red particular. En este caso especial de la IPTV, dicho dispositivo sería el aparato receptor “caja” de la señal dada por el proveedor del servicio. La tecnología de IPTV no es una novedad, ya se conocía la posibilidad de tener un servicio como éste, pero sólo gracias al desarrollo tecnológico logrado en estos tiempos se ha podido alcanzar dicha meta.

Anteriormente, el ancho de banda utilizado no era suficiente para soportar un servicio de IPTV. Actualmente, gracias a que se maneja un gran ancho de banda a precios bajos, y la existencia de nuevos codificadores de video (entre otras cosas), sí se ha podido realizar la distribución de no sólo televisión, sino también servicios de telefonía a través del protocolo de internet (IP).

A continuación, se presentarán y desarrollarán aspectos como funcionamiento, arquitectura, P2P IPTV, IPTV a través de “WiMAX”, Ventajas, Desventajas y, además, IPTV en Panamá.

2. Generalidades de la IPTV

La IPTV usa el protocolo IP para brindar el “Multicasting” TV, el Video bajo Demanda (VoD), el servicio “Triple Play”, el “VoIP”, y otros servicios más al consumidor por medio de banda ancha, con la garantía de mantener la calidad de servicio [1].

La IPTV se puede desarrollar con tecnologías de transmisión de alta velocidad como el ADSL2, ADSL2+ y el VDSL, y se está desarrollando recientemente la transmisión inalámbrica mediante la norma IEEE 802.11n WLAN (Wireless Local Area Network, Red de Área Local Inalámbrica).

La IPTV se desarrolla bajo ciertos criterios como son:

- Las fuentes de base de datos de “VoD” y otros programas.
 - El internet de alta velocidad con funciones “multicasting”, para garantizar la calidad de servicio.
 - La IPTV usa el acceso a redes de alta velocidad como el ADSL, ADSL2+, el VDSL, otras tecnologías como la combinación entre el FTTC (Fibra hasta la banqueta o acera) y el DSL (Digital Subscriber Line, Línea de abonado digital), FTTH (Fibra hasta el hogar), y la red inalámbrica 802.11n.
 - La programación de televisión digital en alta definición.
- Características generales de la IPTV:
- Los usuarios serán capaces de seleccionar la programación a su gusto, con un sistema de selección rápida de canales y un tiempo corto para el cambio de canales.
 - Los programas de televisión podrán ser colocados o almacenados en dispositivos, para que el usuario pueda tener acceso a ellos cuando quiera.
 - La calidad del servicio (QoS) debe ser garantizada, la televisión estándar y la televisión de alta definición necesitarían un ancho de banda de 1 a 4 Mbps y de 4 a 12 Mbps, respectivamente.
 - La IPTV representará bajos costos al usuario comparado con el servicio convencional de cable TV.

Para que estos servicios tan ventajosos tengan éxito, los proveedores de IPTV deben tomar en cuenta varios factores como son el retraso y variaciones de la señal de información durante la transmisión, el número de paquetes que están fuera de secuencia, la probabilidad de pérdida de paquetes de información y la probabilidad de falla en la red, entre otros.

Esto permite tomar medidas para mantener la calidad del servicio, algunos parámetros para esto son: la disponibilidad del canal, el tiempo en que comienza a transmitirse, el tiempo que dura el cambio de canal, la tasa de fallo para el acceso del canal, entre otros [1].

3. Funcionamiento

Los formatos de compresión de video, MPEG-2 y MPEG-4, permiten mayor grado de compresión y que los datos se transporten a través de un flujo “Multicast” (Multidifusión), es decir, que los videos pueden ser entregados a múltiples usuarios al mismo tiempo [2].

Entre los estándares de televisión digital <<por lo menos a nivel de Europa>> están el DVB (Digital Video Broadcast) y sus derivados DVB-S (satelital), DVB-C (cable) y DVB-T (terrestre). Finalmente, está el DVB-IP (Internet Protocol Infrastructure) el cual usa los formatos MPEG-2 y MPEG-4 para la compresión de video, el protocolo IGMP (Internet Group Management Protocol) para la transmisión en directo y la RTSP para el Video Bajo Demanda (VoD).

En la siguiente figura se presenta el equipo típico de un sistema de IPTV en el hogar. El servicio de internet se recibe por medio de un enrutador inalámbrico, el cual a su vez se conecta al decodificador de video por medio de cable Ethernet, y del decodificador la señal pasa al televisor por la entrada de video correspondiente. La conexión entre el enrutador y el decodificador debe ser siempre cableada.



Figura 1. Equipo requerido en servicio triple-play de IPTV[1].

4. Arquitectura

Para transmitir la señal de video se pueden utilizar diferentes tipos de arquitectura, pero cualquier red de distribución basada en IP debe tener las siguientes etapas:

- Captura y señales de video.
- Almacenamiento de servidores de video.
- Distribución de contenido.
- Equipo de acceso y de usuario.
- "Software" (Programas).

La Figura 2 muestra el modelo de arquitectura de un sistema IPTV en general. La primera etapa consiste en la recopilación del contenido de video para que el proveedor de servicios haga el esquema programático que va a ofrecer al usuario. El contenido se recibe a través de Internet o mediante algún proveedor o distribuidor de video digital o analógico.

La etapa de adquisición y de servidores de video se encuentra internamente, se divide en sub-etapas las cuales realizarán diversas funciones. El proceso de digitalización y procesamiento de la señal se realiza mediante la utilización de "codecs". Un códec es un dispositivo o un software que habilita la compresión de video digital con la menor pérdida posible de datos y por ende la calidad del video. En otras palabras, la elección del códec es de vital importancia, porque es este el que determina la calidad del video, la tasa de bits que representa el video, la complejidad de algoritmos de codificación, la robustez ante la pérdida de datos, la facilidad de edición del video, el acceso aleatorio, el algoritmo de compresión y el retraso de transmisión [1].

Por otro lado los servidores se encargan del almacenamiento y respaldo de contenidos, la administración del VoD, el video "streaming" de alta velocidad y licencias DRM. El servidor DRM administra servicios para desbloquear información, autoriza y reporta transacciones y remite el video a los usuarios que estén autorizados; es decir, codifica el contenido para el acceso no autorizado de la información. Como se dijo anteriormente, la etapa de servidores administra el "streaming" de video, el cual requiere más capacidad de servidor y mucho más ancho de banda.

El video bajo demanda (VoD), por su parte, se almacena en servidores locales a la espera de su pedido, el cual se distribuye entre servidores mediante el método de balanceo de carga, para evitar la saturación de la red y controlar las sesiones de descarga al

mismo tiempo.

Para la distribución del contenido se utiliza una red de alta capacidad, la cual transmite bidireccionalmente el contenido, controla las sesiones y acceso autorizado a los usuarios y a su vez hace el proceso de facturación. Se requiere que esta red sea de alta capacidad de transmisión porque se requiere que la comunicación sea estable y que mantenga la calidad de servicio.

La red de acceso no es más que la red que comunica el cableado de la compañía proveedora del servicio de IPTV y el equipo receptor del usuario. La red de acceso se compone básicamente de los elementos antes mencionados en la sección de funcionamiento del sistema de IPTV. En resumen, sería un decodificador que hace que la señal se pueda ver en una computadora o en un aparato de televisión común y corriente.

Finalmente, el software comprende las funciones que el proveedor de servicios ofrece al usuario mediante un entorno gráfico amigable. Éste comprendería la guía de programación, menús interactivos, guía de "VoD", alguna información del sistema de protección de derechos digitales, etc.

5. Redes de Acceso

En esta sección se explicarán algunas de las tecnologías utilizadas para la red de transmisión del servicio de IPTV.

Tecnologías DSL: Estas tecnologías ofrecen grandes velocidades para transferir datos digitales. Las velocidades típicas del DSL son desde 128 kbps hasta 24 Mbps.

Al pasar de los años se han ido desarrollando tecnologías de redes de alta velocidad tales como el ADSL que llega a velocidades de 8 Mbps a una distancia de dos kilómetros. También está el ADSL2+ que puede llegar hasta 24 Mbps dependiendo de la distancia a la que el usuario esté de la fuente de información. El ADSL puede conectar varias computadoras, ya sea vía Ethernet o vía WiFi (sistema de envío de datos de manera inalámbrica por medio de ondas de radio).

Se encuentra el VDSL (Very high bit rate DSL), el cual, en teoría, puede llegar a velocidades hasta de 52 Mbps para descarga de contenido y 12 Mbps para subida de contenido a la red. Esta característica del VDSL se logra porque usa hasta dos bandas de frecuencia para subida y dos bandas de frecuencia para bajada, utilizando modulación de amplitud en cuadratura [2].

Está el VDSL2 provee velocidades hasta de 200 Mbps teóricos en un ancho de banda de 30 MHz.

Tecnologías inalámbricas: Estas redes inalámbricas de alta velocidad se basan en el formato IEEE 802.11 WLAN, que rinde velocidades desde 100 Mbps hasta 600 Mbps. La ventaja del estándar 802.11n es que adopta la característica de múltiples entradas-múltiples salidas (MIMO), utilizando múltiples antenas transmisoras y receptoras para mejorar el rendimiento con multiplexión espacial y diversidad espacial para incrementar el rango de recepción y transmisión.

FTTH (Fiber To The Home): La "fibra hasta el hogar" como se le conoce a esta tecnología utiliza fibra óptica para el servicio de IPTV a negocios y hogares. Utiliza equipo para mandar información de 400-500 usuarios por área de cobertura. La fibra óptica va desde la central del proveedor, directamente hasta el equipo receptor casero.

FTTC (Fiber To The Curb): La "fibra hasta la acera" como se le

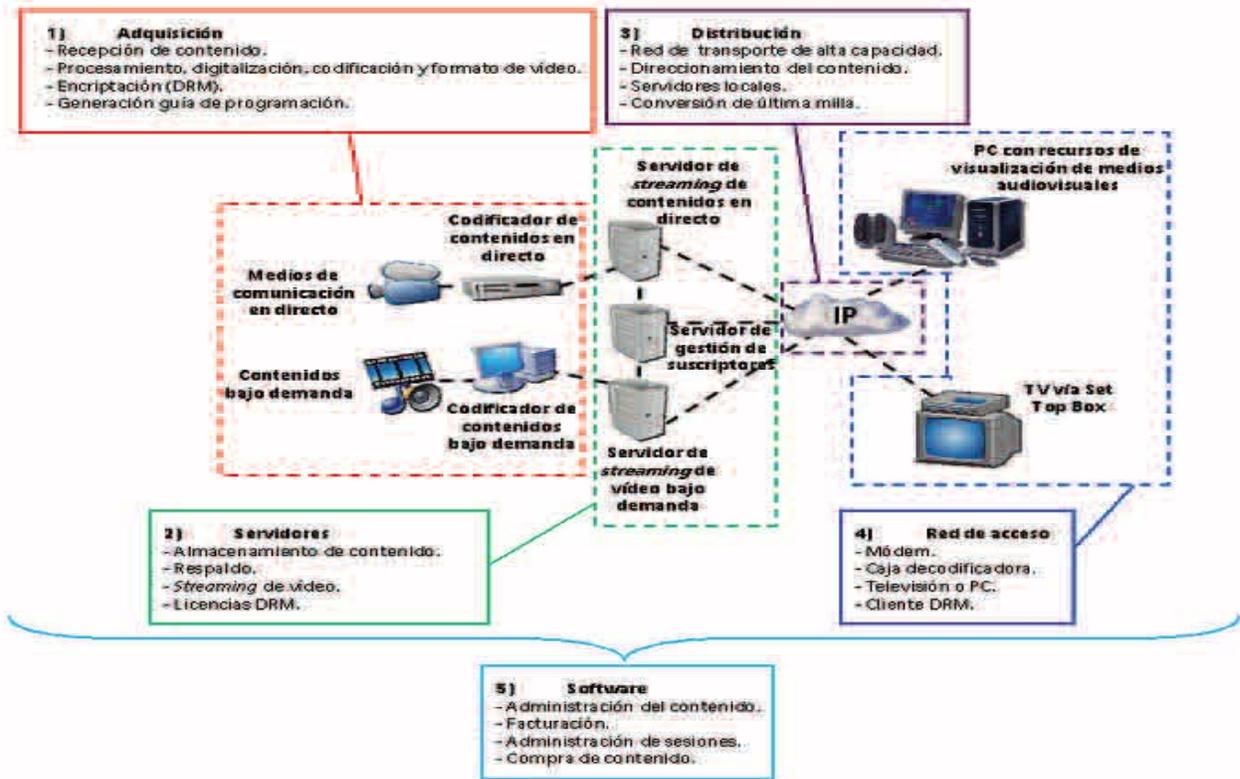


Figura 2. Modelo de Arquitectura de Sistema IPTV[3]

denomina a esta tecnología utiliza fibra óptica hasta un punto físico donde la señal se bifurca para mandarla a los hogares y negocios por medio de cable coaxial.

Esta técnica se usa para reducir los costos de arquitectura de la red. Es más barato utilizar fibra óptica hasta un punto específico y desde ese punto utilizar cables coaxiales hacia cada usuario.

Redes de núcleo (Core Networks): En esta sección se describirá lo que es la tecnología de "Multicast" como tecnología de red de núcleo, para la implementación en la IPTV.

"Multicast" (multidifusión) es el proceso de enviar información a un grupo de estaciones (enrutadores). Hay tres tipos:

Multidifusión densa: Un nodo central transmite la señal a todos los enrutadores y a los demás nodos, los cuales envían una señal de respuesta si el servicio no es requerido en ese momento por algún nodo o enrutador específico (ver Figura 3).

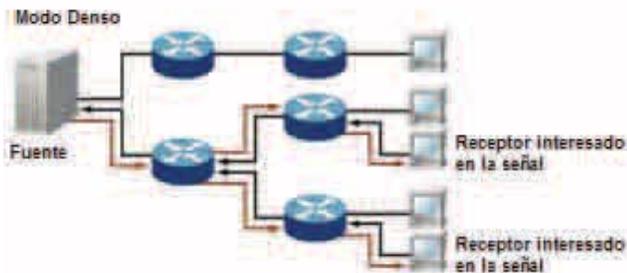


Figura 3. Diagrama de multidifusión densa.

Multidifusión escasa: No depende de ningún protocolo de enrutamiento. Esta se muestra en la Figura 4. El nodo central manda

periódicamente paquetes de aceptación o rechazo de la señal al grupo de multidifusión. Cada enrutador o nodo de este grupo envía una respuesta al nodo central. Si la respuesta es afirmativa para la señal, el nodo central envía la señal a dicho elemento.

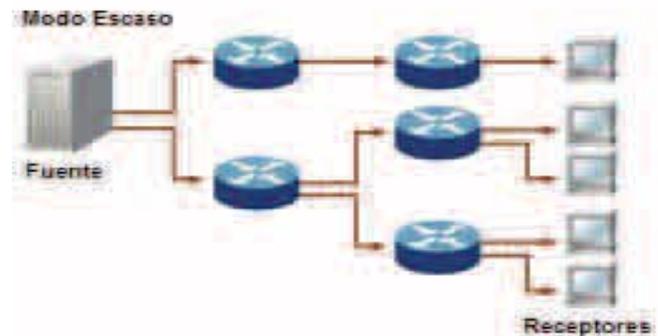


Figura 4. Diagrama de multidifusión escasa.

Multidifusión de fuente específica: Solamente envía la señal a los enrutadores que la solicitan en un momento específico.

6. P2P IPTV

El P2P ("peer to peer", par a par o punto a punto) es una tecnología usada ampliamente en Internet para la distribución de data. Implementar esta tecnología junto a la de IPTV se ha logrado ya en diferentes partes del mundo. Básicamente, los usuarios de la IPTV son potencialmente un servidor, los cuales enviarían el contenido recibido a otros usuarios de IPTV. En el sistema de P2P IPTV, cada usuario funciona como un "peer" (punto) y participa en la distribución de data. Existe un sistema bastante popular llamado "PPLive", el cual soporta más de 100,000 usuarios simultáneos a

través de 400 canales con un promedio de 325 kbps de velocidad por canal. El "PPLive" no es dueño de ningún contenido, solamente es dueño de cierta información referente al contenido de la data.

Cuando un usuario se conecta a un canal determinado, el servidor suministra una lista de todos los usuarios conectados a ese canal. El programa descarga pedazos de la data de diferentes "peers" (puntos), sube esos pedazos de data para otros "peers" y cuando el archivo tenga un tamaño específico, lo reproducirá automáticamente mientras todavía se está descargando.

7. IPTV a través de WiMAX

"WiMAX" (Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) es una norma de transmisión por ondas de radio de última generación que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. Su gran ventaja como tecnología inalámbrica es que ofrece una cobertura en áreas de hasta aproximadamente 48Km de radio y velocidades de hasta 70Mbps [4].

Lograr distribuir IPTV a través de WiMAX acarrea un problema bastante crítico. El incorporar técnicas adaptativas de codificación y modulación es necesario para asegurar una buena recepción de la señal. El problema es que, cuando se quiere transmitir una señal a muchos usuarios, se crean errores en las estaciones receptoras, lo cual causa que no todos los usuarios reciban la misma información o el mismo contenido. Esto es un aspecto que se debe corregir antes de transmitir la IPTV. Solucionando ese problema, se podría ver cuáles son las ventajas de utilizar la tecnología WiMAX. Uno de los factores más importantes para su éxito es que optimizando la economía en escala para servicios de IPTV, se necesitaría una tecnología de redes de acceso que pueda soportar más usuarios y también TV móvil.

La gran ventaja de utilizar el WiMAX para IPTV es que se podría llegar a muchos más usuarios, los cuales no tienen normalmente el acceso a un servicio prestado por medios alámbricos. Aparte de ser esto bueno para los usuarios, es bueno para la empresa también ya que no tendría que gastar tanto dinero en el montaje de líneas (fibra óptica o cables de cobre) en distintas locaciones geográficas, el costo de la infraestructura para el servicio se vería dramáticamente disminuido.

Aparte del mercado en casas u oficinas, la IPTV estaría entrando en un nuevo campo, en la telefonía. Se podrían transmitir señales IPTV a los celulares y revolucionar el término de Tv móvil. Con más usuarios suscritos, la economía en escala se optimizaría y las compañías podrían enfatizar más en la calidad de servicio y en el contenido del servicio, cosas que son requerimientos fundamentales de los servicios de IPTV.

A largo plazo, ver cualquier contenido por medio de IPTV será como navegar por la Internet, accediendo a información libre de Internet, o a información administrada por el proveedor de IPTV.

8. IPTV en Panamá

La tecnología IPTV se está empezando a dar en Panamá. La empresa CTV son los primeros que tienen éste servicio a disposi-

ción de los usuarios. CTV ofrece paquetes de servicios de Internet, TV y telefonía ("triple play") a precios bastante baratos para lo que ofrecen, aparte de tener planes mixtos. Envían la señal por medio de fibra óptica hasta ciertos lugares y de ahí, con cable coaxial hasta las diferentes residencias. Tienen un área de cobertura reducida por ahora: Marbella, Obarrio, Paitilla, Costa del Este y ahora en Dorado Lakes. Principalmente, se está suministrando la señal a edificios y a ciertas barriadas. CTV envía su propia señal de TV e Internet, y están aliados con la agencia telefónica Claro para su servicio de telefonía.

El gran fuerte de la CTV es el VoD, el cual es fácilmente administrado por ellos a través de sus servidores de IPTV. Ya se está trabajando en la implementación de revisión de Emails, conversación ("chat"), juegos en línea, y video vigilancia, entre otros, desde el televisor al cual llega el servicio de IPTV. Gozar de todos estos servicios a través del televisor sería verdaderamente de gran comodidad para cualquier usuario, aparte de tener acceso a un servicio de Internet simétrico (1 MB como mínimo ofrecido por CTV).

A diferencia de lo que muchos piensan, la señal de Internet y la de televisión no es enviada por el mismo canal exactamente, lo cual impide la división del ancho de banda; en otras palabras, el estar descargando algo de Internet o estar utilizando el Internet, no interferiría con la señal de Televisión, y viceversa.

La empresa Cable Onda está habilitando ahora el servicio de VoD también dentro de sus planes de televisión por cable, pero la distribución de televisión de esta empresa no es IPTV. Por supuesto, se espera que más empresas (y nuevas empresas) proporcionen el servicio de IPTV en Panamá y en más áreas, aprovechando el auge de las telecomunicaciones en el país.

9. Ventajas y Desventajas de IPTV

Entre las diferentes ventajas del IPTV sobre la distribución convencional de televisión se puede destacar [5]:

Integración de servicios: Gracias a la forma de transmisión de la IPTV, las compañías pueden enviar un paquete completo con diferentes servicios, por ejemplo, el triple play (Internet, TV y Telefonía).

Efectividad de Transmisión: Las compañías que distribuyen servicios televisivos convencionales (por el aire) generalmente mandan todas las señales a la vez y el usuario decide qué canal ver en determinado momento, lo cual causa un gasto innecesario de ancho de banda. Con el IPTV, todas las señales están en un servidor central, y cuando el usuario solicita algún canal, sólo ese canal se manda hasta el receptor del usuario, lo cual permite que ese ancho de banda se utilice para mejorar la calidad de la señal o para agregar más opciones interactivas o de información debido a que el ancho de banda ya no sería un problema.

Red casera: Como no solamente la televisión está conectada a un servidor, sino que la computadora casera también está conectada al mismo servidor, esto permite que desde la televisión se pueda acceder a contenido digital como fotos, videos, navegación por Internet y reproducción de música.

Mejor Compresión: La IPTV puede enviar muy buenas imágenes debido a su compresión. La IPTV usa un estándar de compresión mucho mejor que los estándares utilizados actualmente en

televisión digital. Esto significa que no sólo el tamaño de los archivos que son enviados a la TV es menor, sino que la calidad de la imagen en la TV es mucho mayor.

Interactividad: es mucho más fácil de hacer por IPTV que por televisión convencional, debido a que el IPTV es distribuido por Internet y eso hace que el televisor y la empresa distribuidora estén conectados al mismo tiempo al mismo servidor, lo cual hace que la transferencia de información entre los dos sea extremadamente rápida y fácil. En otros países, ya se utiliza esta ventaja para hacer compras o ordenar comida por televisión.

Entre las desventajas que podemos nombrar están:

Pérdida de paquetes: El IPTV usa el mismo tipo de tecnología que usan todas las demás transmisiones vía Internet. Por esta razón, la TV puede experimentar de vez en cuando una pérdida de paquetes o retrasos. Esto podría ser peor si el servicio de IPTV no cuenta con una buena velocidad de conexión.

No tiene soporte actual para HDTV: los usuarios buscan es siempre calidad, y hoy en día HDTV ofrece la mejor. El IPTV no soporta todavía este servicio, pero se están consiguiendo grandes

avances y pronto se logrará una forma de habilitar al IPTV para que soporte el HDTV.

Referencias

- [1] J.M. Huidobro, IPTV, la televisión a través de Internet, [en línea] http://www.acta.es/articulos_mf/43039.pdf,). Fecha de consulta: 12 Junio 2008.
- [2] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu y S. Guizani, "Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet". IEEE Communication Magazine, Vol. 45, No. 11, páginas: 126-133, Noviembre, 2007.
- [3] J. Locatelli, S. Darin, Estado del arte del IPTV en Latinoamérica, [en línea]. http://www.arenotech.org/2007/revue_arenotech_2007/IPTV.htm. Fecha de consulta: 3 Julio 2008.
- [4] J. She, F. Hou, P. Ho y L. Xie, "IPTV over WiMAX: Key Success Factors, Challenges, and Solutions". IEEE Communication Magazine, Vol. 45, No. 8, páginas: 87-93, Agosto, 2007.
- [5] What is IPTV? [en línea]. <http://www.tech-faq.com/iptv.shtml> Estados Unidos: Tech-FAQ 2008. [fecha de consulta: 12 Junio 2008].

CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRÁULICAS E HIDROTÉCNICAS



Realizar investigación y extensión universitaria, generando y difundiendo conocimiento científico, propiciando el debate y concientizando en torno a la utilidad del conocimiento general para abordar la Problemática Ambiental y de los Recursos Hídricos de Panamá.



Sede Tocumen, Vía Domingo Díaz, hacia el Aeropuerto.
Tel: 290-8412 Fax: 290-8446
Email: cihh@utp.ac.pa

Tecnologías de Radio Digital

Ana Lorena Velásquez
Edwin Mudarra

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen - Este artículo se concentra en las tecnologías de radio digital, las cuales han tenido un mayor desarrollo en los últimos años debido a la tendencia global de adoptar las nuevas tecnologías digitales en radio y comunicaciones. Tiene aplicaciones tanto en medios de transmisión terrestre como satelital y provee muchas ventajas en comparación con los sistemas analógicos convencionales utilizados en la actualidad. Los sistemas de Radio Digital emplean la técnica de modulación COFDM, que reduce los problemas de transmisión e interferencias por multitrayectoria.

Palabras Claves - Radiodifusión, radio digital, sistemas DRM, sistemas DAB, COFDM.

1. Introducción

Al contrario de lo que muchos piensan, la tendencia en las comunicaciones no ha evolucionado de la analógica a la digital. De hecho, el primer medio práctico de comunicación fue el Código Morse, que a pesar de no ser binario, se considera digital [1]. Sin embargo, fue la comunicación analógica la que tuvo un desarrollo más rápido, debido a su fácil implementación y diseño de sistemas.

Pero con los nuevos avances tecnológicos, esto ha ido cambiando; siendo digitales la mayoría de las señales que se utilizan en la comunicación moderna (como los códigos para los caracteres alfanuméricos y los datos binarios utilizados en los programas de computadora) además del uso de métodos de digitalización de señales analógicas para su transmisión a través de canales digitales, lo que brinda una mejor calidad, con una reducción de la distorsión, así como una mejora en la relación señal a ruido.

La radiodifusión facilita percibir como se ha ido dando la transición de la comunicación analógica a la digital, ya que hace referencia a la distribución de audio y/o señales de video que transmiten los programas a una audiencia.

La digitalización de las emisiones por ondas terrestres de los servicios de televisión y radio se caracteriza por mejorar la calidad de imagen y sonido en la recepción, lograr una mayor inmunidad frente a ruido e interferencias, e incrementar la flexibilidad para la gestión de información. También se logra una mayor eficiencia en el uso de las frecuencias. A modo indicativo, en el ancho de banda necesario para la emisión de un programa analógico de televisión, pueden transmitirse cuatro o cinco programas digitales de calidad similar, o bien un canal digital de alta definición. Este ahorro permite aumentar el número de programas emitidos en el mismo ancho de banda, o dedicar el ancho de banda sobrante para la introdu-

cción de nuevos servicios. Además, las señales de radiodifusión digital pueden recibirse tanto desde terminales fijos como desde terminales portátiles o móviles.

Este artículo describe las características de la radio digital, haciendo referencia a las ventajas que ofrece ésta sobre la radio analógica; incluye las nuevas tecnologías de radio digital, su desarrollo y aplicaciones, tanto en medios de transmisión terrestre como satelital.

2. Comparación entre Radio Digital y Analógica

La radio digital consiste en la transmisión y la recepción de sonido que ha sido procesado utilizando una tecnología comparable a la de un CD (Ver Figura 1). En síntesis, un transmisor de radio digital convierte sonidos en series de números, o dígitos, de ahí el término "radio digital"; por el contrario, las radios analógicas tradicionales convierten los sonidos en series de señales eléctricas que se asemejan a ondas de sonido.

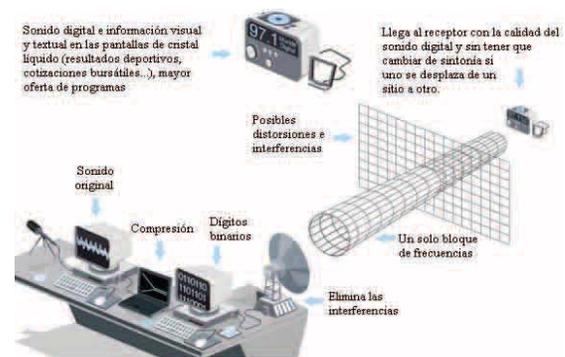


Figura 1. Esquema del sistema de radio digital

Entre las ventajas de la radio digital sobre la analógica se tienen: **Sonido:** La calidad de sonido de la radio digital es superior a la de la analógica. También se podría decir en forma de una analogía: la radio digital es a la radio analógica como los CD han sido para el disco de vinilo. La radio digital no sufre los efectos de las interferencias causadas por las condiciones atmosféricas adversas o por otros equipos eléctricos que deterioran las emisiones analógicas.

Con la radio digital se obtiene un sonido limpio y claro en todo momento, y no importa que tan lejos se traslade el usuario. La transmisión digital utiliza las ondas radiofónicas de manera más eficiente que la analógica, lo cual significa que los emisores pueden ofrecer más programas y servicios.

Interferencia: Las señales de radio digital corresponden a dígitos binarios (bits), los cuales son transportados por las ondas radiales de manera que resultan más resistentes a las interferencias. Se puede oír sin las molestas interrupciones provocadas por la orografía.

Información extra: Ahora también se puede recibir información visual. Los nuevos aparatos de radio digital tienen pantallas de cristal líquido (LCD) que muestran información textual complementaria de lo que se está escuchando.

Se puede obtener información sobre los resultados deportivos, el nombre del grupo musical que se está escuchando o detalles sobre el título y el artista. Algunos aparatos tienen pantallas con la capacidad de hacer "scroll" (la información va pasando a lo largo de la pantalla: de arriba a abajo, o de izquierda a derecha) lo que permite

mostrar hasta 128 caracteres de una sola vez.

Compresión de audio: Con la modulación de frecuencia se utiliza la compresión de audio en casi todas las radioemisoras por razones técnicas. Aunque tiene muchas ventajas, los amantes de la música de alta fidelidad pueden sentirse irritados por la compresión del sonido. En el caso de la radio digital no es imprescindible comprimir la señal con el fin de proporcionar un sonido más nítido [2].

3. Modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)

Consiste en una modulación que permite transformar las señales de audio analógicas a una codificación digital. El empleo de esta técnica reduce considerablemente los problemas en la transmisión "broadcast (emisión)" en cuanto al deterioro de la señal debido a resultados por cambios en las condiciones climatológicas, otro de los beneficios es que la interferencia por multitrayectoria es eliminada o minimizada en la señal de Radio Digital. Esto permite diseñar redes de frecuencia única, consiguiendo que la mayor parte de las señales que entran en el receptor se sumen, es decir, que contribuyan positivamente a la recepción, el resultado es sonido de alta calidad para las transmisiones.

La modulación COFDM se basa en que los máximos de cada portadora se hacen coincidir con los ceros de las otras.

4. Tecnología de Transmisión de Radio Digital

Las tecnologías para la radio digital pueden dividirse en dos grandes grupos según la plataforma de transmisión: Radio Digital Satelital y Radio Digital Terrestre.

De los sistemas y servicios patentados de radio digital satelital en la banda S de los Estados Unidos se tienen: XM Satellite, basado en satélites geoestacionarios y Sirius, que usa satélites de alta órbita elíptica HEO.

Entre los sistemas de Radio Digital Terrestre se encuentra el servicio de transmisión IBOC "In-Band On-Channel", para las bandas existentes en AM y FM. Un segundo estándar y de procedencia europea es DAB, en las bandas VHF o L. Otro de los estándares importantes es DRM, empleado para frecuencias inferiores a 30 Mhz. Por último, se tiene el formato japonés ISDB "Integrated Services Digital Broadcasting", inaugurado en 2003, y se emplea tanto para servicios de radio como de televisión.

A continuación se describirán dos de las tecnologías de radio digital terrestre que han tenido un mayor desarrollo: el sistema de transmisión DAB y DRM.

4.1. DAB (Digital Audio Broadcasting)

El sistema DAB también llamado EUREKA 147 está diseñado para receptores tanto domésticos como portátiles y en especial para la recepción en automóviles, para la difusión por satélite y terrestre y además, permite introducir datos. Con el sistema DAB, la mayor parte de las señales que entran en el receptor contribuyen positivamente a la recepción [3].

La técnica DAB permite introducir muchos canales en el espectro y con ello muchos programas. Además, el sistema permite transmitir un gran número de programas por medio del multiplexor, dependiendo de la calidad que se requiera; dado que la señal DAB puede transportar 1.5 Mbps de información. Igualmente, existe la capaci-

dad de transmitir otra información de servicio como puede ser el estado del tráfico en las autopistas o carreteras, partes meteorológicas o emergencias. El resultado de toda la información empaquetada se llama "DAB ensemble". La salida del multiplexor se llama ETI "Ensemble Transport Interface", la cual es un interfaz de 2 Mbps. En la Figura 2 se muestra el proceso de generación de una señal DAB

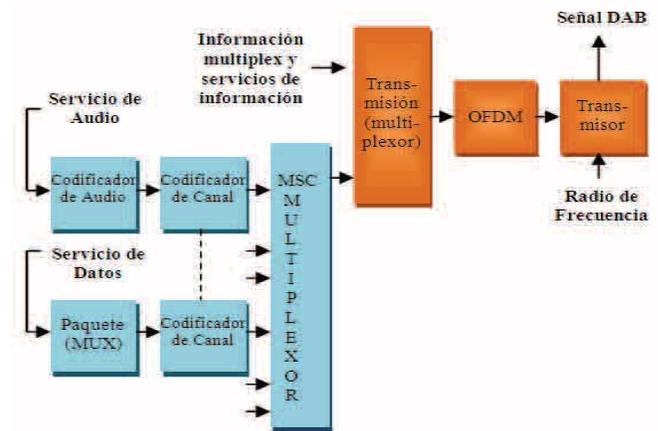


Figura 2. Proceso de Generación de la Señal DAB

En la transmisión analógica de audio, la señal que llega al receptor en un canal multitrayecto se altera por diversos efectos físicos. Debido a estos problemas en la transmisión, se ha desarrollado la modulación COFDM. La trama ETI se distribuye en 1536 portadoras en modo 1 y cada una de ellas está modulada en QPSK (cambio de fase por cuadratura) a la correspondiente baja velocidad. Las portadoras están colocadas de forma que una no influya en las demás. Como resultado el periodo de cada símbolo es superior que cualquier retardo de la señal.

Además, se introduce un intervalo de guarda para eliminar interferencias entre símbolos adyacentes. El receptor entonces encuentra una señal libre limpia, sin interferencias. Como la información se distribuye entre varias portadoras, sólo algunas partes de ésta se destruirán si existe desvanecimiento selectivo de frecuencia, mientras que en métodos de portadora única toda la información se perdería. La información perdida se podría recuperar con la ayuda de los métodos de corrección de errores.

La relación entre la potencia pico y la potencia media de la señal está entre 8 a 10 dB. El amplificador del transmisor debe ser capaz de transmitir una potencia pico con extrema linealidad, si no fuera así aparecerán productos de intermodulación dentro y fuera de la señal DAB, esto degradaría la relación señal a ruido y provocaría interferencias con otros servicios.

El sistema DAB es el avance tecnológico más importante en las emisiones terrestres de radiodifusión desde la introducción de la FM estéreo. Tiene múltiples ventajas, debido a las siguientes características:

Eficiencia en la utilización del espectro y la potencia: Se utiliza un solo bloque para una red nacional, territorial o local terrenal, con transmisores de baja potencia.

Mejoras en la recepción: Permite superar los efectos que la propagación multitrayecto produce en los receptores estacionarios, portátiles y móviles, protegiendo la información de interferencias y perturbaciones.

Rango de frecuencias de transmisión: El sistema DAB está diseñado para poder funcionar en el rango de frecuencias de 30 MHz a 3000 MHz.

Distribución: Se puede realizar por satélite y/o transmisiones terrenales o de cable utilizando diferentes modos que el receptor detectará automáticamente.

Calidad de sonido: Es equivalente a la del disco compacto. Utiliza un sistema de compresión de sonido llamado MUSICAM para eliminar la información no audible y reducir la cantidad de información a transmitir.

Multiplexado: Permite multiplexar y seleccionar entre varios programas y servicios de datos para formar un bloque y ser transmitidos juntos, obteniendo la misma área de servicio para todos ellos.

Capacidad: Es de aproximadamente 1.5 Mbit/s en cada bloque (multiplexor). Lo que por ejemplo, permite transportar 6 programas estéreo de 192 Kbps cada uno, con su debida protección y con servicios adicionales.

Flexibilidad: Los servicios puede estructurarse y configurarse dinámicamente. El sistema puede acomodar velocidades de transmisión entre 8 y 380 Kbps con la protección adecuada.

Servicios de Datos: Además de la señal de audio digitalizada; en el multiplexor se transmiten otras informaciones:

*El canal de información: Transporta la configuración del multiplexor, información de los servicios, fecha y hora, servicios de datos generales.

*Los datos asociados al programa: se dedican a la información directamente relacionada con los programas de audio: títulos musicales, autor, texto de las canciones, entre otros.

*Servicios adicionales: se dirigen a un grupo limitado de usuarios. Por ejemplo: cancelación de tarjetas de crédito robadas, envío de textos a tableros de anuncios electrónicos, etc. Los datos se reciben a través de una pantalla incorporada al receptor.

*Cobertura: puede ser local, regional, nacional y supranacional. El sistema añade positivamente las señales procedentes de diferentes transmisores en el mismo canal, estableciendo redes de frecuencia única que cubren un área determinada [4].

4.2. DRM (Digital Radio Mondiale)

El consorcio DRM creó un sistema con el mismo nombre (DRM) con el objetivo de establecer un sistema digital para las bandas de radiodifusión con modulación de amplitud, onda larga, onda media y onda corta, y es un estándar para la radiodifusión [5].

Los sistemas de radiodifusión digital comprenden distintas etapas de transmisión. Primero, la señal de audio se convierte en digital, normalmente con una reducción en la velocidad binaria, conforme a las características de la señal y el audio codificado, se multiplexa con otras señales de datos que conforman la señal a transmitir. Luego se codifican los datos y se convierten en una señal de radiofrecuencia para su transmisión adecuada.

Un multiplexor combina tres componentes, que juntos suministran la información necesaria para que el receptor sincronice la señal y determine qué parámetros se han utilizado en la codificación, para de esta forma, poder decodificar los canales de audio y datos que contiene. Estos componentes son: audio y datos, que se combinan en el multiplexor formando un flujo denominado canal de

servicio principal.

El multiplexor utiliza tres canales, uno principal y dos canales subsidiarios de información:

El canal de servicio principal (MSC "Main Service Channel"): contiene la información de todos los servicios contenidos en el multiplexor. La velocidad binaria depende del ancho de banda del canal y el modo en que se este transmitiendo.

El canal de acceso rápido (FAC "Fast Access Channel"): se utiliza para la selección rápida de la información del servicio.

El canal de descripción del servicio (SDC "Service Description Channel"): contiene la información para decodificar el canal de servicio principal.

El sistema DRM también utiliza modulación COFDM. En el sistema DRM el número de subportadoras varía desde 88 a 458, dependiendo del modo y del ancho de banda ocupado.

Cada símbolo OFDM está formado por un conjunto de sub-portadoras que se transmiten durante un tiempo. La duración del símbolo es la suma de dos partes: una parte útil y un intervalo de guarda, que consiste en una continuación cíclica de la parte útil. Esto permite diseñar redes de frecuencia única y evitar los problemas de la recepción de multitrayectoria, consiguiendo que la mayor parte de las señales que entran en el receptor contribuyan de manera positiva a la recepción.

Entre los parámetros más importantes en la codificación del canal tenemos:

- Modos del sistema DRM
- Ocupación del espectro
- Modulación y niveles de protección.

5. Aplicaciones Actuales de la Radio Digital

La radio con el pasar de los años se ha ido reinventando, abandonando su funcionamiento tradicional y haciendo uso de la tecnología digital. Últimamente se esta desarrollando con mayor auge la radio web, que es una vía de comunicación musical, sin costos, a nivel mundial.

Una importante aplicación de la radio digital consiste en que una emisora se puede escuchar en una misma frecuencia en todo el territorio del estado, mediante una tecnología que permite el uso de las señales directas y también reflejadas.

Otra de las ventajas es que se escucha sin interferencias y con una alta calidad de sonido, teniendo una mejor recepción y permite la trasmisión de información en tiempo real. Existen pocos receptores digitales y los que existen son costosos, debido a que esta tecnología es novedosa. La radio digital satelital, cuyos precursores fueron dos compañías norteamericanas (Sirius y XM), no ha sido totalmente acogida, ya que se ha desarrollado en pocos países, y no abastece la diversidad de idiomas, además de que los usuarios están acostumbrados a un medio gratuito.

La radio digital sin ninguna duda, seguirá innovando, se generalizará e impondrá, ya que sus prestaciones son notablemente mayores que las que ofrece la radio analógica

6. Discusión Final

A pesar de las grandes ventajas y de los nuevos servicios que pueden proveer los diferentes estándares de radio digital, estas no están disponibles aún; hay dos razones para ello: operan con

diferentes estándares, ofrecen diferentes servicios y son plataformas tecnológicas cuyo acceso se basa en suscripción.

La radiodifusión sonora en FM se está moviendo gradualmente al estándar DAB, pero la cobertura FM en 88-108 MHz es limitada. Para muchos radiodifusores, las ventajas de un sistema complementario de radiodifusión digital por debajo de 30 MHz resultan claras. La implementación de la radio digital en las actuales bandas AM posibilita a los operadores el suministrar servicios exitosamente.

DRM es un estándar abierto para la difusión en bandas por debajo de 120 MHz, con compatibilidad de las bandas y uso del espectro actual y futuro, asegura una migración suave desde la radiodifusión analógica a la digital.

Permite una mejor calidad de sonido y mayores servicios para los oyentes.

Agrega disponibilidad de receptores de bajo costo a través de

una especificación del sistema no propietaria y permite una máxima reutilización de la infraestructura de radiodifusión existente.

Referencias

- [1] R. Blacke, Sistemas electrónicos de comunicaciones, 2a Ed., Internacional Thomson Editores S.A., México, 2004.
- [2] CIRT, Ventajas de la Radio Digital, http://www.cirt.com.mx/tecnología_julio2004.html, [consultado 2 de julio de 2008].
- [3] J.M. Huertas, El Sistema DAB: <http://www.rtve.es/dab/queesdab.html>, Octubre de 2002 [consultado 14 de octubre de 2008].
- [4] Enciclopedia Wikipedia Características de Sistemas DAB, <http://es.wikipedia.org/wiki/DAB>, Agosto de 2004 [consultado 10 de octubre de 2008].
- [5] J.M. Huertas, El Sistema DRM: http://www.rtve.es/drmdocsistema_drm.pdf, Febrero 2006 [consultado 14 de octubre de 2008].



CENTRO DE PROYECTOS

Proveer al sector público, privado y a la comunidad en general, servicios de Investigación, Postgrado y Extensión, en las áreas de Arquitectura y de las Ingenierías Civil, Mecánica, Eléctrica, Industrial, Geodesia y afines de forma rentable, eficiente y oportuna.



Sede Tocumen, Vía Domingo Díaz, hacia el Aeropuerto.
Tel: 290-8416 Fax: 290-8417

Comunicaciones Inalámbricas

Diana Franco
Francisco Castillo
 Facultad de Ingeniería Eléctrica
 Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen - Bluetooth define un modelo completo, tanto hardware como software, de comunicación inalámbrica de baja potencia, bajo la utilizando señales de radio en la banda de frecuencias ISM (Industrial, Científica, Médica), alrededor de los 2.4 GHz. Esta tecnología hace posible la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia en distancias cortas. Uno de los objetivos de esta tecnología es la posibilidad de reemplazar o eliminar la gran cantidad de cables y conectores que enlazan unos dispositivos con otros. Además esta tecnología pretende facilitar la interacción y sincronización de los diferentes dispositivos tanto móviles como fijos que se desee, todo ello sin necesidad de estar directamente colocados uno al lado del otro.

Palabras Claves - Modulación bluetooth, pila de protocolos bluetooth, seguridad de la tecnología bluetooth.

1. Introducción Bluetooth

Bluetooth tuvo su origen en Lund, Suecia en febrero de 1994 por iniciativa de dos empleados de Ericsson Mobile Communications, el sueco Sven Mattisson y el holandés Jaap Haartsen, que junto con otros cuatro promotores de telecomunicaciones (Nokia, IBM, Toshiba e Intel) formaron el SIG (*Special Interest Group*). Su propósito era establecer un software que controlara un modelo universal para la interfaz radioeléctrica y que se pudiera aplicar entre distintos dispositivos de diferentes fabricantes.

El nombre *bluetooth* proviene del rey cristiano escandinavo Harald II apodado "Blåtand o diente azul" (bluetooth) que reinó sobre Dinamarca y Noruega en el siglo X y que unificó varios pueblos y reinos (noruegos, suecos y daneses) [1]. Esta relación se dio ya que de la misma manera, *bluetooth* desea enlazar diferentes tecnologías como las de los ordenadores, los teléfonos móviles y el resto de periféricos [2]

Las características principales de esta tecnología son: fiabilidad, bajo consumo, mínimo coste y comprende hardware y software desarrollado por el SIG (*Special Interest Group*) y principales fabricantes de los sectores de las telecomunicaciones y la informática.

Actualmente el SIG está compuesto por nueve compañías: 3Com/Palm, Ericsson, IBM, Intel, Lucent Technologies, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba, y es apoyado por más de 2000 empresas de tecnología.

2. Protocolos Bluetooth

Para garantizar una buena comunicación entre el receptor y el

transmisor ambos deben estar sobre la misma pila de protocolos. La pila se compone por dos clases de protocolos: protocolos específicos, que implementan los protocolos propios de la tecnología *bluetooth*; y protocolos no específicos, que están constituidos por el conjunto de protocolos adoptados a otras especificaciones.

Este diseño de la pila de protocolos *bluetooth* permite aprovechar grandes ventajas de cada una de las clases. La primera clase permite utilizar los beneficios propios de la tecnología *bluetooth*, mientras la segunda clase brinda la ventaja de interactuar con cualquier clase de protocolos comerciales existentes; por otro lado ofrece el beneficio de que *bluetooth* no quede restringido a nuevas implementaciones libres o nuevos protocolos de aplicación de uso común. La pila de protocolos se muestra en la Figura 1.

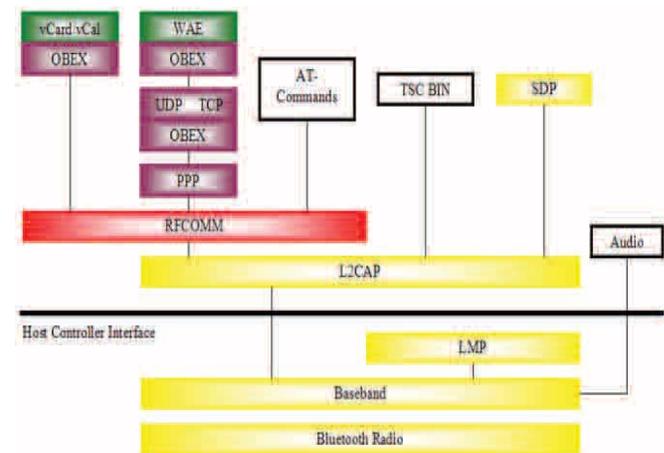


Figura 1. Pila de Protocolos [5]

- La pila se puede dividir en cuatro capas lógicas:
- Núcleo de *Bluetooth*: Radio, Banda Base, LMP, L2CAP, SDP.
 - Sustitución de cable: RFCOMM.
 - Protocolos adoptados: PPP, UDP, TCP, IP, OBEX, WAP, IRMC, WAE.
 - Control de telefonía: TCS-binary, AT-Commands [1].

3. Núcleo de Bluetooth

El núcleo del sistema *bluetooth* consiste en un transmisor de radio, una banda base y una pila de protocolos. El sistema permite la conexión entre dispositivos y el intercambio de distintos tipos de datos entre ellos.

Radio (RF)

Para poder trabajar en un ambiente de muchas interferencias (LANs, mandos, hornos microondas), *bluetooth* utiliza un esquema de reconocimiento rápido y saltos de frecuencia (saltos cada 645 µs [3]) para garantizar la potencia del enlace [1].

Utilizando la técnica FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) los datos son divididos en paquetes de información, que son enviados a través de varias frecuencias, esto es conocido como "Hopping Pattern". El propósito de enviar la información por varias frecuencias es cuestión de seguridad y confiabilidad. Para llevar a cabo la transmisión de datos es necesario que tanto el transmisor como el receptor coordinen este denominado "Hopping Pattern"[4].

Este sistema opera para banda ISM, con canales RF de: $f = 2402 + n$ MHz siendo $n = 0.78$ (79 canales). En la Tabla 1 se muestra los parámetros de frecuencias utilizados en diferentes países junto a sus canales correspondientes.

Tabla 1. Radio Frecuencias Bluetooth.

Área	Banda de frecuencias (GHz)	Canales Bluetooth
USA	2.400-2.483,5	79
Europa	2.400-2.483,5	79
España	2.445-2.475	23
Francia	2.446,5-2.483,5	23
Japón	2.471-2.497	23

El espacio entre canales es de 1 MHz; sin embargo, es necesario tener márgenes de protección respecto al ancho de banda, por lo que el límite inferior de protección es de 2 MHz y el límite superior es de 3.5 MHz.

La distancia del enlace está comprendida entre 10 cm y 10 m. El consumo es 300 μ A (máximo), 30 μ A (standby), y aproximadamente -50 μ A (hold/park).

Modulación Bluetooth

La modulación que emplea *bluetooth* es GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*/ modulación por desplazamiento de frecuencia con filtrado gaussiano) con un producto ancho de banda por tiempo $BT = 0.5$.

Este tipo de modulación permite un bajo coste y alcanza tasas de transmisión de 1Mbps. El índice de modulación debe estar entre 0.28 y 0.35. Un "1" binario se representa por una desviación positiva de frecuencia y un "0" binario como una desviación negativa. La desviación mínima no ha de ser menor de 115 kHz.

En el dispositivo receptor bluetooth el nivel de sensibilidad es el aspecto más importante. Para lograr la medición de una tasa de error de bit, el dispositivo receptor envía de vuelta la información decodificada. Para una tasa de error o BER (Bit Error Rate) del 0.1% se define el nivel de sensibilidad de un receptor *bluetooth* mayor o igual a -70dBm.

Banda Base Bluetooth

Banda base es la capa física del diseño de *bluetooth*. Esta define los canales físicos y los enlaces, aparte de otros servicios tales como información de conexión, errores de conexión, selección de canales y seguridad. Un canal *bluetooth* está representado por una secuencia de saltos pseudo aleatorios a través de los 79 o 23 canales RF. Dos o más dispositivos *bluetooth* que usan el mismo canal forman una *piconet* o *piconet*, como se muestra en la Figura 2.

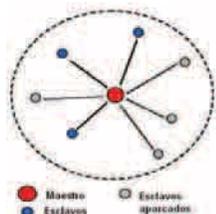


Figura 2. Piconet o piconet [1].

El maestro es el responsable de la sincronización entre los dispositivos de la piconet, su reloj y saltos de frecuencia controlan al resto de los dispositivos. El maestro lleva a cabo el procedimiento de búsqueda y establecimiento de la conexión de manera predeterminada. Los esclavos simplemente se sincronizan y siguen la secuencia de saltos determinada por el maestro.

La topología *bluetooth* permite la interconexión de varias piconets formando una "scatternet" (ver figura 3). Un dispositivo puede pertenecer a varias piconets haciendo uso de la demultiplexación por división del tiempo (TDD), el dispositivo solo está activo en una piconet a la vez ya que no existe sincronización entre ellas.

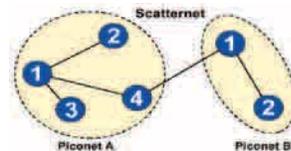


Figura 3. Scatternet, 1 (maestro), 2,3,4 (esclavos)[5].

El canal está dividido en ranuras de tiempo (*timeslots* o *slots*), cada ranura corresponde a una frecuencia de salto y tiene una longitud de 625 μ s. Cada secuencia de salto en una piconet está determinada por la dirección del maestro (48 bits). Todos los dispositivos conectados a la piconet están sincronizados con el canal en salto y tiempo. Durante la transmisión de un paquete la frecuencia es fija, cada paquete debe estar alineado con el inicio de una ranura y puede tener una duración de hasta cinco ranuras. Para evitar fallos en la transmisión (*crosstalk*), el maestro inicia enviando en las ranuras pares y los esclavos en las ranuras impares como se muestra en la siguiente figura [1].

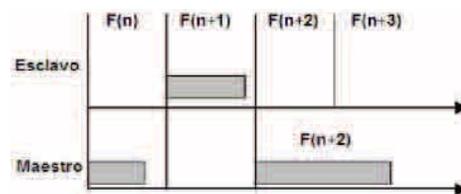


Figura 4. Esquema TDD [1].

El nivel de banda base maneja dos tipos de enlaces: SCO (*Synchronous Connection-Oriented*) y ACL (*Asynchronous Connection-Less*) [5].

Pila de protocolos

El LMP (*Link Manager Protocol*) controla activamente el establecimiento de comunicación, autenticación y configuración del enlace.

El L2CAP (*Logical link control and adaptation layer protocol*) está situado sobre el protocolo de banda base, en la capa de enlace de datos. Éste realiza la segmentación y la unificación de los datos de las aplicaciones y la multiplexación y demultiplexación de varios canales a través de un enlace lógico compartido. Permite a las capas superiores enviar y recibir paquetes de datos L2CAP de hasta 64KB. Esta especificación está definida únicamente para enlaces ACL.

El SDP (Protocolo de descubrimiento de servicio) provee un conjunto de aplicaciones cuyo objetivo es descubrir servicios que están disponibles y determinar las características de los mismos.

En el entorno *bluetooth* se necesita un protocolo específico de este tipo, ya que los servicios disponibles cambian dinámicamente basándose en la cercanía radioeléctrica de los dispositivos en movimiento, cualitativamente diferentes a los servicios de descubrimiento de las redes convencionales. Por esto, el SDP definido para bluetooth debe estar enfocado a las características únicas del entorno bluetooth.

El protocolo RFCOMM proporciona emulación de puertos serie sobre el protocolo L2CAP. Está basado en el estándar ETSI TS 07.10.

5. Formato de paquetes Bluetooth

Los datos transmitidos a través de un canal son fragmentados y enviados en paquetes.

La información se encuentra protegida mediante códigos detectores y/o correctores de errores. En cada ranura sólo se puede enviar un paquete. El receptor los recibirá y los procesará empujando por el bit menos significativo.

Los paquetes son clasificados en diferentes tipos atendiendo al número de ranuras que ocupan y dependiendo de sus enlaces:

Enlaces asíncronos: La tasa de transmisión máxima que se logra es aproximadamente 723 kbps. El campo de datos es de longitud variable. Hay tres tipos de paquetes según el número de ranuras: 1, 3 o 5 ranuras.

Enlaces síncronos: El campo de datos del usuario es fijo. Este tipo de enlaces soporta *full-duplex* con unas tasas de transmisión mucho menores que en el caso de los enlaces asíncronos, aproximadamente 64 kbps en los dos sentidos. Sólo hay paquetes que caben en 1 ranura.

Las multirranuras son paquetes que ocupan 3 o 5 ranuras. Estos no utilizan saltos de frecuencia. Todas las ranuras que ocupe el paquete se envían por la misma frecuencia. Al finalizar la transmisión se cambia la frecuencia.

6. Conceptos generales, arquitectura de red y seguridad

De los conceptos generales del *bluetooth* se puede decir que es una tecnología inalámbrica que tiene dos rangos de cobertura o distancia a la que se puede transmitir datos.

Las coberturas son: las de corta distancia que tiene un pequeño alcance de 10m, y la cobertura de largo alcance que puede abarcar un radio de longitud de 100 m. Este enlace radio es capaz de enviar voz y datos a una velocidad de aproximadamente unos 720 kbps.

La tecnología *bluetooth* puede llevar a cabo dos tipos de transmisiones, para cada una de estas transmisiones se tienen las características siguientes:

Voz: La tecnología *bluetooth* ofrece la posibilidad de poder usar tres canales simultáneos síncronos de voz, o también la posibilidad de compartir un solo canal para el transporte simultáneo de datos asíncronos y voz síncrona. Cada canal de voz soporta un canal síncrono a 64 kbps, en tanto para el enlace de subida como para el de bajada.

Datos: El canal de transporte de datos asíncronos es capaz de soportar tasas de hasta 723.2 kbps en modo asimétrico, mientras que en transmisión simétrica otorga tasas de transmisión de hasta 433.9 kbps. Por otra parte, un dispositivo que realice el rol de maestro, puede compartir de manera simultánea un canal asíncrono con 7 dispositivos esclavos en la misma piconet.

La arquitectura de red considera que los dispositivos *bluetooth* que estén dentro del límite de cobertura de otros dispositivos *bluetooth* pueden ser configurados logrando así formar redes *ad hoc* punto a punto o bien redes que establezcan conexiones punto a multipunto.

La especificación actual de *bluetooth* permite la comunicación simultánea de 7 esclavos activos con un maestro. Además, puede haber un número ilimitado de dispositivos bajo la gestión del maestro, preparados para iniciar una comunicación, si así lo requieren.

El proceso de seguridad de *bluetooth* consta de tres pasos:

Autenticación: Se basa en un proceso *challenge-response*, previene problemas de alteración de origen de mensajes y acceso no permitido a bases de datos críticas.

Cifrados: Previene el problema de interceptación de los datos que circulen por el canal, manteniendo la privacidad del enlace.

Generación de clave de sesión: Dichas claves pueden ser cambiadas durante una conexión, lo que hace imposible que alguien intercepte una conversación.

Los elementos utilizados en los algoritmos de seguridad son:

- La dirección del dispositivo *bluetooth*, formado por 48 bits, que es una entidad pública única para cada dispositivo.

- Una clave privada de usuario de 128 bits, la cual es secreta. Esta clave se obtiene durante la inicialización del dispositivo.

- Un número aleatorio de 128 bits, el cual será diferente para cada nueva transacción.

7. Discusión final

La tecnología inalámbrica *bluetooth* es importante a la hora de comunicar dispositivos a corto alcance de forma cómoda y sin cables, ya que ésta se trata de un estándar inalámbrico disponible en todo el mundo que conecta entre sí teléfonos móviles, ordenadores portátiles, manos libres para el automóvil, reproductores de MP3 y muchos dispositivos más.

La tecnología *bluetooth* funciona en la banda de 2.4 GHz, una de las bandas de radio industrial, científica y médica que no requiere licencia, por tanto, no existen gastos asociados al uso de la tecnología *bluetooth*.

El estándar *bluetooth* es una tecnología *ad hoc*, lo que significa que no se necesita una infraestructura fija y es sencilla de instalar y configurar.

La seguridad es uno de los aspectos en el cual la tecnología *bluetooth* se ha diseñado. Cuando los usuarios *bluetooth* se identifican y conectan entre sí por primera vez, se utiliza el código PIN para garantizar una conexión segura en todo momento.

Referencias

- [1] J. Trujillo, Amplificadores de RF para topologías LAN inalámbricas–*bluetooth*, <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial109.html>, [consultado 12 de octubre de 2007].
- [2] CARREFOUR, Tecnología inalámbrica *Bluetooth*, <http://www.carrefour.es/clubcarrefour/especiales/electrocasion/bluetooth.html>, [consultado 12 de octubre de 2007].
- [3] J. Capella, Redes de área local *Bluetooth*, www.redes.upv.es/ralfi/ficheros/presentaciones/07%20Inalambricas%20Bluetooth.pdf, [consultado 23 de junio de 200].
- [4] OL, FHSS ("Frequency Hopping Spread Spectrum"), <http://www.osmosislatina.com/conectividad/bluetooth.htm>, [consultado 1 de junio de 2007].
- [5] J. Arbona, *Bluetooth*, <http://usuarios.lycos.es/XESC2000/Projectes/2494>, [consultado 1 de junio de 2007].
- [6] M. Miller, *Discovering Bluetooth*, Sybex Inc, USA, 2001.
- [7] W. Stallings, *Wireless communications & networks*, Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [8] R. Morrow, *Bluetooth: Operation and Use*, McGraw-Hill Professional, USA, 2002.

La Continuidad y Calidad del Servicio Eléctrico

Alcibiades Mayta T

Universidad Tecnológica de Panamá
alcibiades.mayta@utp.ac.pa

La continuidad y calidad de onda en el suministro eléctrico son temas no muy bien comprendidos en nuestro medio por los diversos actores del mercado eléctrico. En consecuencia, las expectativas no realistas con relación a las características del servicio eléctrico traen cuantiosas pérdidas de diverso tipo, disputas y pérdida de imagen de algunos de los actores.

A partir de la reestructuración de los mercados eléctricos ha surgido en el consumidor un creciente interés en la calidad del suministro eléctrico, en parte, por el estímulo propagandístico de quienes impulsaban la privatización de los servicios públicos, en especial, el de la electricidad. Uno de los principales argumentos de la privatización era que la calidad y continuidad del servicio eléctrico mejoraría. Aunque en la mayoría de los sistemas que fueron privatizados estos aspectos lograron una mejoría sustancial, también, por desconocimiento o por falta de comprensión, se creó en el consumidor la falsa expectativa de que el suministro eléctrico podría ser ininterrumpido. Mientras que la meta principal de las compañías eléctricas es alcanzar altos grados de confiabilidad y calidad del servicio, un suministro ininterrumpido, con la tecnología actual, no sólo no es posible sino que, si se pretendiera lograrlo, sería impagable por los elevados costos que tendría la energía eléctrica.

Continuidad del Servicio Eléctrico

Si bien, idealmente, todo usuario preferiría que el suministro eléctrico fuera ininterrumpido y con una calidad óptima, tal deseo no deja ser más que un mero ideal que entra en franca oposición a la realidad física de los sistemas eléctricos y, lo que es más importante, muchas veces no es congruente con las necesidades reales del usuario. Muchas veces los organismos reguladores del mercado eléctrico son responsables por crear, entre los usuarios, estos falsos conceptos al hacer manifestaciones públicas en las que ellos mismos se presentan como los defensores del usuario en contra de una supuesta mala calidad del servicio eléctrico ofrecido por las compañías suministradoras. Lo que se omite decir es que no todos los usuarios necesitan la misma calidad y continuidad del servicio y no todos estarían dispuestos a pagar por una calidad y continuidad que no necesitan. Por ejemplo, en Panamá, con las tarifas residenciales actuales de aproximadamente B/0.17, que cuesta en promedio el kWh, tendría que pagarse entre B/.12 y B/.17 adicionales por kWh, si se pretendiese satisfacer las falsas expectativas citadas. Está claro que nadie estaría dispuesto a, o en capacidad de, pagar tan elevados precios, y la pregunta que surge es si esto significa que la continuidad y calidad del servicio eléctrico tienen que ser

malas. La respuesta es no; el servicio eléctrico puede, y debe ser, satisfactorio para las necesidades de un usuario promedio. Para aquellos que demanden una continuidad y calidad diferente al promedio, existen técnicas de ingeniería y dispositivos eléctricos que permiten adecuar el suministro eléctrico a cada caso particular.

Característica Interrumpible del Servicio Eléctrico

El Sistema Eléctrico de Potencia, que comprende los sistemas de generación, transmisión y distribución, es uno de los sistemas más complejos construidos por el hombre. Consta de cientos de miles, o millones, de componentes, los cuales son todos susceptibles de fallar. Además, el sistema eléctrico de potencia está expuesto a numerosas contingencias debido a agentes atmosféricos, y a la acción del hombre y de la vida silvestre. Ante todo esto, es lógico tener que aceptar que la falla eléctrica, antes de ser una imposibilidad o ser totalmente evitable, es una realidad posible y que, en algún momento de la vida del sistema eléctrico de potencia, se producirá. Por tal razón, los ingenieros de sistemas de potencia comprendieron que si las fallas no podían evitarse, sus efectos debían mitigarse en cantidad y duración, para lo cual se diseñaron los Sistemas de Protección. La protección de sistemas de potencia, que en realidad se constituye en un sistema supervisor del Sistema de Potencia, lo vigila constantemente y está presto a desconectar, o seccionar del sistema, el elemento fallado, o con funcionamiento anormal; para prevenir daños a seres humanos y pérdidas materiales cuantiosas de equipos y la afectación mayor del suministro eléctrico. En consecuencia, como hemos expuesto, todo está previsto para que el suministro eléctrico sea interrumpido de modo que la expectativa de "ininterrumpibilidad" no es realista y es un deber de nosotros, los profesionales de la ingeniería eléctrica, justificar esta afirmación, ya que estando los actores del mercado eléctrico debidamente informados, es seguro, que ello redundará en una mejor calidad del servicio eléctrico.

Normas de Calidad del Servicio Eléctrico

Si nos queremos referir a las normas de calidad, debemos, en primer lugar, definir qué es calidad del servicio eléctrico. No existe una calidad única para todos los usuarios y, más bien, la calidad se define como aquellas características del suministro eléctrico que satisfacen los requerimientos del usuario. Es decir, un usuario calificará determinada calidad como buena si el servicio eléctrico le permite el funcionamiento correcto de sus equipos. Como es de suponer, no todos los usuarios demandarán la misma calidad y lo que es una calidad buena para uno, no lo será para otro. Tampoco, no todos los usuarios estarían dispuestos a pagar por una calidad que no necesitan. No pueden compararse los requerimientos de calidad y continuidad de una residencia familiar con los que puede tener una fábrica de semiconductores que utiliza equipos de alta tecnología.

Desde el punto de vista de normativa legal, en la República de Panamá, existen las Normas de Calidad del Servicio Técnico, las cuales se hayan contenidas en el Anexo A de la Resolución JD-764 de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP). Según el inciso 2 de la Resolución JD-764, se establecen los parámetros técnicos a cumplir por las empresas de distribución eléctrica y se declara que: "Será de exclusiva responsabilidad de las Empresas de

Distribución Eléctrica prestar el servicio público de distribución de electricidad con un nivel de calidad satisfactorio, acorde con los parámetros establecidos en la presente Norma". Más adelante, en el mismo inciso se aclara que: "Las condiciones de Calidad del Servicio especificadas en el presente documento se corresponden con un nivel estándar de la prestación. En caso de que algún cliente requiriese cualquier otra condición de calidad de servicio superior a la contemplada, se deberán acordar entre las partes las condiciones particulares de calidad, mediante la celebración de contratos" [1].

En cuanto a los parámetros de confiabilidad, la Resolución JD-764 en su inciso 2.2, Confiabilidad, indica: "La calidad del servicio en lo que respecta a la confiabilidad se evaluará sobre la base de la frecuencia y la duración de las interrupciones a los clientes.

Las interrupciones que se computarán serán todas aquellas cuya duración sea superior a tres minutos, quedando excluidas las que presenten una duración inferior o igual a ese lapso" [1].

Los indicadores que utiliza la Resolución JD-764 para medir la confiabilidad son: SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI. Estos indicadores son utilizados en numerosos mercados eléctricos en todo el mundo. El SAIFI mide la frecuencia media de las interrupciones por cliente, por año. El SAIDI indica el tiempo total promedio de interrupción, por cliente, por año. El CAIDI, la duración promedio de las interrupciones y el ASAI la disponibilidad promedio del sistema. Estos cuatro indicadores tienen límites establecidos diferenciados tanto para el área urbana como para el área rural y son de carácter global. Adicionalmente, para el SAIFI y SAIDI se establecen límites de confiabilidad de carácter individual. Los valores de los límites, para todos los indicadores, pasaron, en Panamá, por varias etapas de implementación hasta estabilizarse en los valores señalados en las Tablas 3 y 4, de la Resolución JD-764, a partir del 1 de enero de 2006.

La existencia de estos indicadores, especialmente los de carácter individual, nos revela que, al menos implícitamente, las Normas de Calidad del Servicio Técnico, establecidas por las Resolución JD-764, reconocen que el servicio eléctrico sí puede ser interrumpido y que la ininterrumpibilidad es una expectativa carente de fundamento técnico y legal. Si inspeccionamos los valores del SAIFI y SAIDI, individual, tanto urbano como rural, tenemos en el primer caso, en el urbano, que el SAIFI tiene un valor de 6 interrupciones por año y el SAIDI 8.76 horas por año, tanto para los clientes de media tensión como los de baja tensión. Para el área rural, el SAIFI es de 10 interrupciones por año y el SAIDI 43.80 horas por año. La existencia de estos límites para estos indicadores es un reconocimiento, en la República de Panamá, de la realidad técnica de todo sistema eléctrico de que éste siempre estará sujeto a fallas y a condiciones anormales, y que será preciso, en ocasiones, interrumpir su funcionamiento y con ello suspender el suministro eléctrico.

La Importancia de Reconocer el Carácter Interrumpible del Servicio Eléctrico

Existen procesos ya sea industriales o comerciales, y en general, de muy diversa índole, que demandan un suministro eléctrico ininterrumpido por razones diversas; algunas de ellas podrían implicar la seguridad de seres vivientes, y otras, daños a equipos o pérdidas de producción. El suponer, incorrectamente, que existe una obligación legal y contractual, de la compañía

eléctrica, de proveer un servicio ininterrumpido, induce a error al usuario y no lo incentiva a adoptar las medidas correspondientes que las prácticas de ingeniería y equipos modernos ponen a la disposición del usuario para solventar con éxito esta contingencia.

En Panamá, existe una clara omisión de la responsabilidad de advertir al usuario de esta característica inherente de todo sistema eléctrico. Las Normas de Calidad del Servicio Técnico, aunque implícitamente reconocen el carácter interrumpible, no lo hacen en forma clara e indudable. Tampoco el contrato de suministro, regulado y aprobado por la ASEP, se ocupa del tema como sí lo hacen los contratos de una amplia mayoría de compañías eléctricas en todo el mundo. Esta omisión, aparte de ser, en forma indirecta, el origen de cuantiosas pérdidas y perjuicios para los usuarios, y aún para las compañías eléctricas, es una especie de "callar la verdad", ya que ninguna compañía eléctrica está en condiciones de ofrecer un servicio totalmente libre de interrupciones, y si hubiese alguna que ofreciese tal continuidad, necesariamente estaría haciendo una falsa promesa.

La Calidad de Onda en el Servicio Eléctrico

En la actualidad, se reconoce que numerosos problemas que surgen en la utilización de la electricidad tienen su origen en la distorsión o perturbaciones que pueda sufrir la onda de voltaje durante su tránsito desde la generación hasta su aplicación final en los equipos de utilización. Siempre han existido muchos factores que pueden afectar la pureza de la onda de voltaje en los sistemas eléctricos. Sin embargo, las perturbaciones en el voltaje, que anteriormente no tenían ningún efecto apreciable en los equipos de utilización, producen actualmente, en todo el mundo, pérdidas anuales del orden de miles de millones de dólares. No es que la calidad de onda sea ahora peor que antes, lo que ha sucedido es que los equipos ahora son más sensibles a las perturbaciones. En la actualidad, los equipos electrónicos, los sistemas de control y aun los propios sistemas de potencia incluyen dispositivos electrónicos, o dependen de éstos para su funcionamiento. Estos dispositivos electrónicos integran millones de componentes en volúmenes muy reducidos y trabajan con niveles de voltaje y potencia muy bajos, lo que los hace susceptibles a las alteraciones en la onda de voltaje, producidas por cualquier perturbación natural en el sistema de potencia, lo que termina por alterar su funcionamiento. Además, los dispositivos electrónicos, particularmente aquellos utilizados en la electrónica de potencia, son en sí mismos una fuente de perturbaciones.

Nuevamente, en el aspecto de la calidad de onda existe otra equivocación en Panamá, con relación a quién debe ocuparse de mitigar los efectos de las perturbaciones en el voltaje. El cliente o usuario tiende a creer que es la compañía eléctrica la responsable por la calidad de la onda de voltaje y, por lo tanto, no adopta ninguna medida de mitigación. El resultado es lamentable y cientos, o tal vez, miles de equipos se dañan todos los años por esta falsa concepción. Algunos hospitales públicos han sufrido cuantiosos daños en equipos tales como tomógrafos y otros similares ya que, por desconocimiento, no aplican ni siquiera las recomendaciones del fabricante de los equipos en cuanto a los requisitos de la instalación eléctrica y a la utilización de dispositivos de protección.

Las Normas de Calidad del Servicio Técnico, respecto a la calidad de onda, sólo se ocupan de algunos aspectos y no consideran algunos otros de gran importancia como lo son: los huecos de tensión, los impulsos transitorios (o "surges"), los "swell", entre otros. Los aspectos

de los que se ocupan las Normas de Calidad son: niveles de tensión, efecto de parpadeo y distorsión armónica. Sin embargo, aunque estas perturbaciones deben ser tomadas en cuenta, las que mayor efecto causan por su frecuencia y área de afectación son los huecos de tensión y los impulsos transitorios. Nuevamente, ni las Normas de Calidad ni el Contrato de Suministro se ocupan de hacer la más mínima advertencia con relación al efecto de éstas perturbaciones en los equipos de utilización.

En el ámbito mundial, tanto las compañías eléctricas como los organismos reguladores procuran ilustrar a los clientes respecto a estos temas y la forma de protegerse de sus efectos. En los círculos científicos no existe ninguna duda de que las perturbaciones en la calidad de onda sólo pueden ser mitigadas y controladas, eficazmente, con dispositivos e instalaciones que se encuentren en los predios del cliente, ya que es allí donde es más efectiva la protección. La norma es que mientras más cerca al equipo se encuentre la protección, más efectiva es. Muchas veces se cree, erróneamente, que los dispositivos de protección del sistema eléctrico de potencia deben también proteger los equipos del usuario; esta creencia es una equivocación costosa porque lo cierto es que dichos dispositivos, de ningún modo, pueden ofrecer garantía de protección a los equipos de utilización.

El Futuro de la Calidad del Servicio Eléctrico en Panamá

Por supuesto que, como profesionales de la ingeniería eléctri-

ca, estamos avocados a que la calidad del servicio eléctrico, en sus diversas interpretaciones, sea en nuestro país de carácter óptimo. Sin embargo, tal aspiración no podrá ser lograda si los actores del mercado eléctrico, es decir, la ASEP, las compañías prestadoras del servicio, y los clientes o usuarios no tienen una concepción clara de la naturaleza y comportamiento de los sistemas eléctricos. Esta falta de conceptos claros puede llevar a algunos de los agentes a tener exigencias irrealizables, con lo que se generan disputas interminables, pérdidas materiales y financieras, e inclusive el desprestigio de las empresas y del organismo regulador.

La Universidad Tecnológica y, en particular, la Facultad de Ingeniería Eléctrica, buscan realizar un papel de divulgación respecto al tema. De hecho, hace aproximadamente cinco años se creó el curso titulado Calidad de la Energía, el cual se dicta dentro del programa de Postgrado en Ingeniería Eléctrica. Sólo el conocimiento científico del comportamiento del sistema que queremos utilizar, sin ser perjudicados por sus características inherentes, nos permitirá lograr la calidad adecuada del suministro según a las necesidades particulares de cada consumidor.

Referencias

- [1] Resolución JD-764, Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, AnexoA, Panamá, 1998.
- [2] H. Beaty, M. McGranaghan, R. Dugan, S. Santoso, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, U.S.A., 2002



CENTRO DE PRODUCCIÓN E INVESTIGACIONES AGROINDUSTRIALES



Ser la entidad líder en el campo de investigación agroindustrial en Panamá, generando y difundiendo los resultados de las investigaciones, así como también ofreciendo servicios para el desarrollo integral de la agroindustria.

Sede Tocumen, Vía Domingo Díaz, hacia el Aeropuerto.
Tel: 290-8414 / 290-8452 Fax: 290-8447
Email: wedleys.tejedor@utp.ac.pa

Medidas de Ahorro Energético Adoptadas en la UTP

Dr. Edilberto Hall M., Ph. D.

Director de la Unidad de Ahorro Energético
Universidad Tecnológica de Panamá

En marzo del 2002 la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) pone en marcha el Programa de Ahorro en Energía Eléctrica debido al alto costo de la misma y la elevada facturación por consumo anual. Para el año 2002 se estimó que esta ascendería a B/.1.20 millones lo que motivó la creación urgente de un programa supervisado que permita reducir el consumo y controlar el pago por energía eléctrica. Este programa tuvo la función de establecer el Plan Estratégico para lograr un ahorro a corto, mediano y largo plazo; y el de la Supervisión para mantener una gestión permanente dentro de todas las instalaciones de la Universidad a nivel nacional.

Dada las características operativas de la universidad la cual funciona desde tempranas horas de la mañana hasta altas horas de la noche, esta consume un 72% en A/A, 24% en iluminación y el resto en otras aplicaciones de fuerza. Esto nos permite establecer las prioridades de ahorro energético, definir las estrategias para atacar el problema, y las bases para que las autoridades y los estamentos universitarios comprendieran la necesidad de invertir en iniciativas de ahorro energético.

El ahorro energético es por sí mismo un negocio en que los ahorros se convierten en capital de inversión para resolver necesidades básicas de la organización; es una actividad de autogestión y de cooperación técnica con las entidades de gobierno y la empresa privada que nos permite poner al servicio de la sociedad nuestras capacidades de recursos humanos; y ayuda para reducir la demanda eléctrica nacional, especialmente, en momentos en que nuestra capacidad de generación se ha visto comprometida.

Sin embargo, la práctica común en nuestros hábitos de consumo no ha sido el de ahorrar, más bien el de disfrutar de las comodidades que nos ofrecen las tecnologías y la existencia del recurso electricidad. Nuestro objetivo es el de crear una cultura del uso racional y eficiente de la energía en nuestros futuros técnicos e ingenieros, para que se conviertan en factor multiplicador en sus familias y comunidades. A través de los convenios de cooperación con entidades gubernamentales, nuestras presentaciones en diversos foros de la sociedad organizada, y publicaciones queremos coadyuvar al fortalecimiento de una cultura nacional de ahorro.

Organización y Capacidad Operativa

La visión de la nueva administración de la Universidad Tecnológica de Panamá es la de elevar el Programa de Ahorro Energético a un nivel superior con la creación de la Unidad de Ahorro Energético (UAE), organismo que formará parte de un Grupo ó

Unidad de Investigación dentro del Instituto de Investigaciones Eléctricas en el área de Potencia. Además de las funciones del ahorro energético, en ésta se desarrollarán actividades de investigación científica; diseños de sistemas eléctricos eficientes; prácticas profesionales y tesis para estudiantes de la UTP; certificaciones de materiales, equipos y dispositivos eléctricos; peritajes; representación de la UTP ante organismos gubernamentales; programas de postgrado, cursos y seminarios en Calidad y Eficiencia de la Energía; entre otras actividades del área.

La UAE ya se ha establecido formalmente dentro de la estructura de la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión. La Unidad cuenta con equipo y personal propio para atender las necesidades de las instalaciones eléctricas y mecánicas propias de la Universidad, así como la de instituciones del Estado a través del Convenio UTP-MEF-CONAE. Además, la Unidad está brindando servicios a la empresa privada en el desarrollo de certificaciones de la eficiencia y parámetros operativos de equipos eléctricos, diagnósticos energéticos, entre otras actividades.

Medidas para Ahorro de Energía Eléctrica

La UAE realizó una evaluación pormenorizada de las medidas de ahorro de la institución en tres (3) niveles: las medidas que requieren cero inversión, medidas que requieren baja inversión, y las medidas que requieren una programación presupuestaria para su ejecución. Las medidas comprenden las áreas de mayor prioridad según el consumo en A/A, iluminación y los mantenimientos de los equipos de fuerza.

Estas medidas han sido adoptadas por la oficina de la Rectoría y ejecutadas por la UAE en toda la institución para lograr ahorros de energía significativos, en todos los estratos administrativos, docentes y también con los estudiantes. La oficina de la Rectoría de la universidad lideriza y permanentemente supervisa los resultados de las acciones e inversiones de ahorro, mantiene un perfeccionamiento constante del personal especializado de la unidad, y toma decisiones del uso y aplicación de las tecnologías de avanzada y de más alta eficiencia en el mercado en cuanto a equipamiento.

A continuación se describen las medidas adoptadas para el ahorro energético en la UTP.

Medidas de cero inversión

• En iluminación

- Apagar luces de oficina en ausencias por más de 15 minutos
- Apagar luces en salones vacíos
- Independizar interruptores
- Disminuir niveles de iluminación en los pasillos
- Evaluar la posibilidad de eliminar focos o lámparas
- Utilizar focos y lámparas más eficientes
- Aprovechar la luz del día
- Utilizar fotoceldas para el encendido y apagado automático de luces externas o de alumbrado de calles y estacionamientos
- Reemplazar tubos fluorescentes que parpadean
- Establecer un mantenimiento de limpieza de luminarias
- Pintar pisos y paredes de colores claros que reflejen la luz
- Reacomodar el mobiliario para que no obstruya la entrada de luz natural
- Colocar láminas traslucidas en techos.

• En aire acondicionado

- Limpieza de los filtros y unidades de a/a (programada)
- Eliminar fugas del a/a y en el cuarto acondicionado (cielo raso, ventanas)
- Ajustar el termostato del a/a a 23-25 °C
- No colocar fuentes de calor cerca de la unidad de a/a
- Apagar los a/a en salones y oficinas que no van a ser utilizados
- Las ventanillas nunca deben estar direccionadas hacia el piso
- Tener aislamiento térmico en paredes y techos
- Colocar películas filtrantes de luz solar en ventanas o tinte de fábrica
- Utilizar en techos colores reflectivos aprobados, o recubrimientos térmicos (techo térmico)
- Cambiar unidades de ventana por tipo-splits
- Reforestar áreas circundantes a la edificación
- Colocar cortinas tipo persianas
- Implementar aleros y queiebrasoles (bioclimática).

• En Computadoras y equipos de oficina

- Las computadoras y equipos de oficina no deben permanecer encendidos innecesariamente
- Configurar en las computadoras el protector de pantalla (modo de ahorro de energía)
- Reemplazar las pantallas de pc convencionales por planas de cristal líquido
- No conectar todos los equipos a un solo toma
- Reducir al mínimo la apertura de hornos
- Evitar abrir congeladores y cuartos fríos innecesariamente
- Mantener aspas de ventiladores limpias
- Mejorar el Factor de Carga
- Utilizar bandas V dentadas
- Mantener alineamiento de coples y poleas
- Utilizar aceites sintéticos de nueva generación en equipos y máquinas que lo requieran.

Medidas de baja inversión

- Instalación de sensores de movimiento en salones, oficinas, pasillos y baños, para el encendido y apagado de luces
- Implementación de control de intensidad de luz digital o temporizadores
- Reemplazo de lámparas por unas con tecnología más eficiente. Ejemplo: T12 por T8
- Instalación de lámparas con pantallas reflectivas y focos de menor potencia.

• En aire acondicionado

- Adquirir unidades de aire acondicionado más eficientes (nuevas tecnologías)
- Mejorar las condiciones envolventes en las áreas donde están instaladas las unidades de aire acondicionado (evitar la tala, reforestación)
- Dimensionar bombas a la carga hidráulica
- Utilizar en lo posible tramos rectos en tubería

- Arreglar Fugas
- Utilizar variadores de frecuencia en los motores
- Aprovechar al máximo la presión por gravedad

• En aire comprimido

- Utilizar compresores de tornillo de velocidad variable
- Arreglar Fugas
- Utilizar abrazaderas y accesorios de buena calidad en todas sus mangueras y dispositivos
- Realizar mantenimiento periódico a trampas de agua, tanque de almacenamiento, filtros y partes que requieren lubricación

• En instalaciones eléctricas

- Utilizar talleres de embobinado que no dañen la laminación
- Utilizar motores de capacidad adecuada
- Tener conductores bien dimensionados
- Balancear paneles eléctricos de distribución
- Ajustar partes mecánicas en empalmes en paneles y transformadores
- Mantenimiento a transformadores de pedestal y de poste en sus partes integrales
- Mantener un alto factor de potencia.

Medidas de inversión programada

- Implementación de un sistema inteligente para el control del consumo de energía eléctrica en edificios.
- Diseñar edificios y sistemas tomando en cuenta la eficiencia energética antes de construir un edificio (utilización de luz natural, compra de equipos eficientes y flexibles, estudios para el uso y aprovechamiento de energías renovables)
- Instalar Unidades centrales de aire acondicionado de mayor eficiencia
- Sistema de cajas de volumen variable
- Sistemas centrales multi-split con tecnologías ahorradoras. Ejemplo: multi-splits con inverter
- Luminarias de alta eficiencia y bajo mantenimiento
- Utilización de Energías Renovables
- Cambio de tipo de ventanas, por unas con mayor aislamiento térmico del exterior.

Proyectos Ejecutados en la UTP

Instalación de Bancos de Capacitores: instalados en cuarto de bombas, en el cuarto de máquinas del edificio principal N°1, y en el edificio de postgrado



Figura 1. Banco de capacitores

Mantenimiento de Instalaciones: se realiza el mantenimiento de la infraestructura eléctrica anual, donde se le realizan pruebas a los transformadores, tales como resistencia de devanado, relación de transformación, resistencia del aislamiento, análisis físico químico; resistencia de puesta a tierra; análisis de Furanos, etc; así como otras pruebas a las partes aéreas del sistema de distribución eléctrico del campus.

Instalación de Sensores de Movimiento: se instalaron sensores de movimiento de alta tecnología en los salones de clase, para evitar que las luminarias permanezcan encendidas cuando no hay ocupación en el recinto o cuando no son necesarias (algunas horas del día).

Instalación de Luminarias LED: se está promoviendo el cambio de luminarias con tecnología LED, para ahorro de energía en los lugares donde sea factible; como áreas públicas, estacionamientos, entradas, etc.

Convenio UTP-MEF-CONAE: Se recibió una donación de equipos especializados por un valor de B/.40,000.00; con el compromiso de realizar auditorías o diagnósticos energéticos a nivel nacional en Entidades de gobierno. Y a la vez brindar entrenamiento técnico y administrativo a los administradores energéticos de las entidades de gobierno.

Resultados

El programa de ahorro y supervisión del consumo eléctrico, y el uso del mantenimiento preventivo de los equipos electro-mecánicos nos ha garantizado ahorros significativos, ahorros que se traducen en inversiones como las que se realizan en el campus central y centros regionales de expansión de espacios físicos. Además, la Unidad hace diagnósticos energéticos a lo interno de la universidad, para las entidades públicas y el sector privado según se soliciten.



Figura 2. Mantenimiento a transformadores

Por otro lado, la Unidad de Ahorro Energético colabora directamente con el Centro de Proyectos de la UTP suministrando ideas para el ahorro energético, diseños eléctricos y diagnósticos energéticos en proyectos que desarrolla este centro. La unidad mantiene vínculos con organizaciones tales como BUN-CA, organización sin fines de lucro que promueve la eficiencia energética en la región.

La Figura 3 muestra el incremento porcentual en el consumo de energía eléctrica en los últimos años en el Campus Víctor Levi Sasso. Puede observarse el impacto de la aplicación de las medidas de ahorro energético y, a pesar de que la demanda anual ha crecido, el consumo energético mantiene una característica plana con aumentos muy pequeños. Recientemente, la Unidad de Ahorro Energético ha terminado una evaluación técnica y económica de todas las oportunidades de ahorro a nivel nacional en

siete (7) centros regionales y extensiones de la UTP, lo cual es la base para la toma de decisiones con sustentación científica para realizar las inversiones que nos proporcionen los ahorros de energía eléctrica que la institución requiere para lograr inversiones en otras áreas de necesidades.

El tema de Ahorro y Eficiencia Energética es de interés mundial y la UTP, siendo una autoridad nacional en temas técnicos y tecnológicos, es referenciada por los medios de comunicación. Para ello la UAE, realiza publicaciones, y acude a entrevistas y programas radiales y televisivos acerca de la materia de ahorro energético.

Conclusiones

De nuestra experiencia en la aplicación y ejecución de un programa exitoso en el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, consideramos necesario para el éxito de cualquier programa de ahorro energético las siguientes condiciones:

- La alta dirección de la empresa o institución debe estar comprometida, liderizar las acciones y supervisar permanente mente el programa
- Debe crearse un equipo dedicado a la función de poner en ejecución el programa de ahorro y supervisión de los mantenimientos
- Es necesario entender la necesidad de invertir en tecnología de última generación y de alta eficiencia energética basado en un estudio de factibilidad económica
- Se deben adoptar iniciativas que incentiven el cambio de las prácticas de consumo enfocado en el desarrollo de una cultura de ahorro, si es necesario aún en forma coercitiva, y
- Es necesario informar permanentemente sobre los resultados de las acciones de ahorro y el uso de los recursos del mismo.

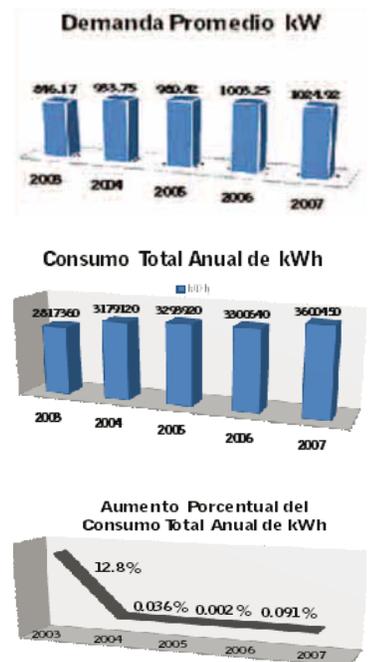


Figura 3. Demanda promedio (kW), consumo eléctrico (kWh) y aumento porcentual del consumo en el Campus Víctor Levi Sasso.

Ciencia, Tecnología e Innovación: Herramientas Estratégicas para el Progreso y el Bienestar

Entrevista

Dr. Julio Escobar

Para el Ex-secretario Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación de Panamá, Dr. Julio Escobar Villarret, Ph.D., la ciencia, la tecnología y la innovación son herramientas necesarias para cambiar la realidad que nos rodea y mejorar nuestra calidad de vida.

Puede explicarnos brevemente la importancia que tienen la ciencia, la tecnología y la innovación para el desarrollo social y el mejoramiento de la calidad de vida de los panameños.

Ciencia, tecnología e innovación son probablemente la principal herramienta de la especie humana para mejorar su calidad de vida, y gran parte del desarrollo de la misma, a través de los siglos, se ha debido a la aplicación sistemática de la razón a través de la ciencia y la tecnología, así como a la actitud innovadora de generar nuevas cosas y aplicarlas a la vida diaria. La importancia la han estudiado muchos especialistas, y por ejemplo, la Unión Europea en un análisis que hizo de la productividad de sus países concluyó que aproximadamente el 40% del aumento anual de productividad venía directamente de actividades de investigación y desarrollo. Esto quiere decir que un alto componente de la mejora productiva que se da en los países es el resultado de un proceso de indagar sistemáticamente las posibilidades en productos, servicios, procesos y métodos organizativos. Así, la ciencia tiene impacto prácticamente en cualquier rama del conocimiento en la medida que la generación de conocimiento se va sistematizando en un aspecto o alguna rama del saber humano. Considere la expectativa de vida que tenemos actualmente, comparada con la de los siglos pasados. Hoy podemos esperar vivir varias décadas más que antes, y esto se debe a los avances médicos y a los métodos organizativos que hay, principalmente, gracias a la ciencia. Así también la capacidad de desplazarnos al otro lado del planeta para ver, entrevistar y llevar negocios o traer negocios, se debe al avance tecnológico y a los nuevos productos y servicios, resultados de la ciencia.

¿Cómo evalúa usted el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en Panamá en los últimos años?

La ciencia y la tecnología han dado un giro dramático en Panamá en los últimos años, producto de una profundización, y algunos cambios sustanciales en las políticas de estado a largo

plazo sobre ciencia y tecnología. Una forma de verlo es que nosotros tenemos siglos de tradición comercial y de vocación de servicios como trasposición geográfica, y producto de eso, en general no hemos enfatizado nuestra competencia de ciencias en Panamá. Pero en estos tiempos, donde competimos con todos los países del mundo por nivel de vida, por posibilidades de mercado, por el bienestar de nuestros ciudadanos, la ciencia nuevamente sale a relucir, y ese tipo de comprensión llevó a un aumento dramático en la inversión en ciencia, tecnología e innovación en Panamá. Esa es una decisión muy estratégica porque consiste en decidir que la ciencia va a ser una herramienta poderosa para el futuro de Panamá. Como herramienta de desarrollo no sólo requiere inversión, sino que también requiere cambios sistémicos en la forma en que la apoyamos. Puedo mencionar algunas cosas muy concretas: el presupuesto que desembolsa SENACYT en este momento es aproximadamente diez veces el presupuesto que ejecutaba en el año 2004; nosotros tenemos un programa sumamente intensivo de becarios, donde estamos formando a líderes en áreas de ciencia, tecnología e innovación, incluyendo especialistas en transformar el aprendizaje de ciencia en nuestras escuelas. También, hemos logrado la aprobación de la Ley del Sistema Nacional de Investigación que permite incentivar la carrera de investigación científica. Además tenemos un proceso de convocatorias, muy transparente, por lo cual nos ganamos un premio precisamente denominado Premio Prisma, por medio de las cuales se solicitan propuestas para investigación, desarrollo o innovación a empresas, universidades y gobiernos. Hasta ahora hemos adjudicado más de 15 millones de balboas que se vienen desembolsando, a través de los años, en diversos proyectos; los cuales permiten el avance del estado del arte en nuestro país, generan productos, servicios, propuestas y conocimientos, y además desarrollan competencias de innovación en los beneficiarios, que empiezan a dedicarse a cambiar la realidad que los rodea. También hay cambios muy radicales en materia de la brecha digital, tenemos ahora acceso a mil escuelas que tienen docentes formados para una manera distinta de conducir las clases, y que además cuentan con una infraestructura de computadoras e Internet que permiten a los alumnos estar conectados con el mundo. Además, tenemos un proceso acelerado de abrir infoplazas, llegando a una cifra récord de 32 infoplazas abiertas en el año 2008. También vamos a tener un número alto de estudiantes que van a poder disfrutar de la herramienta computacional y familiarizarse con ella, porque este año los graduandos de escuelas secundarias oficiales van a poder utilizar computadoras que se van a entregar a sus escuelas para que dispongan de estas herramientas como instrumentos de trabajo. Así que yo creo que fundamentalmente lo que cambió es que Panamá se ha dado cuenta que la ciencia, la tecnología y la innovación son importantes para su futuro, y ha cambiado el perfil de inversiones e incentivos para impulsar las mismas.

¿Cómo visualiza el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en Panamá?

Te cuento una anécdota, yo siempre quise ser científico desde muy jovencito. Cuando me acercaba a finalizar la secundaria, me quedó claro que para ser científico tenía que salir de Panamá, así que pasé mucho tiempo de mi vida especializándome en áreas de ciencia en el extranjero. Yo quisiera que en el futuro, una persona que tiene capacidad de ser científico no tenga que salir de su país para ser un científico de primera a nivel mundial. Si Panamá logra

desarrollar su capacidad de ciencia y tecnología en áreas puntuales (ya que no podemos como país pequeño aspirar necesariamente a competir en todas las áreas de ciencia y tecnología con países de mayor población y riqueza en estos momentos, pero nosotros sí podemos aspirar a excelencia internacional en algunos nichos que escojamos), entonces me parece que podremos tener un ambiente adecuado, escuelas, colegios y universidades de primera, empresas innovadoras, lugares donde investigar. Así, una persona con talento que desee ser científico, tecnólogo o emprendedor de primer nivel lo va a poder hacer en Panamá. Pienso que esta es una aspiración a la que tenemos derecho todos los panameños y que gradualmente se irá convirtiendo en una realidad. Ciencia y tecnología, además de todo el beneficio que le reportan a la sociedad, tienen otra gran ventaja, y es que generan gran satisfacción, son una forma de crear, así que aquellos que disfrutan crear, encuentran en la ciencia y la tecnología muchísimo campo de acceso.

¿Considera usted que la empresa privada, y no sólo el gobierno, debe participar en la inversión y ejecución de programas de investigación y desarrollo tecnológico?

Sí, ambos deben hacerlo, y eso está muy claro. Yo lo digo en función de compararnos con otros países, cuando menos con aquellos que quisiéramos emular en cuanto a rendimiento, desempeño y éxito internacional. Es importante indicar que nosotros somos unos de los países en América Latina que menos invierte en investigación y desarrollo, y en el período gubernamental actual se ha logrado algo muy positivo que es revertir la tendencia que había de un descenso año tras año de la inversión en investigación y desarrollo, medido como porcentaje del producto interno bruto del país. Ahora, año tras año, ese porcentaje va subiendo a pesar de lo rápido que ha ido creciendo el producto interno bruto de Panamá. Sin embargo, nosotros partimos de muy atrás, y no podemos esperar, honestamente, ser competitivos comparados con otros países que disponen de más científicos, de mayor inversión, y de mejores laboratorios. Nosotros tenemos gente capaz, pero también necesitamos tener insumos competitivos. Para lograr esto, el gobierno esta haciendo su parte, pero tiene que continuar por lo menos hasta el momento en que Panamá logre ser uno de los países con mayor inversión en investigación y desarrollo en áreas claves de ciencia y tecnología, y la empresa privada tiene que hacer lo mismo.

En los países que tienen sistemas eficaces de ciencia y tecnología generando riqueza y prosperidad, la empresa privada representa más de la mitad de la inversión en investigación y desarrollo, y eso tiene perfecto sentido, porque primero, para competir internacionalmente, la única manera de hacerlo en forma sostenida es innovar, y segundo, si queremos que la investigación y el desarrollo terminen en cosas con éxito en nuestra sociedad, en intercambio de bienes y servicios o con éxito en la prestación de servicios básicos, se necesita que el sector privado esté involucrado porque ellos son quienes mejor saben como manejar la dinámica de mercado, ellos son además quienes tienen que llevarlo al mercado, y aún en el caso de prestaciones de servicios básicos, cualquiera que éstos sean, necesariamente toman en cuenta y utilizan la prestación de la oferta de productos y servicios del país. Por

ejemplo, nosotros no podemos armar un sistema ni eléctrico ni de transporte ni de comunicaciones, enteramente basados en los productos y servicios que pueda generar el gobierno. Éste tiene que hacer adquisiciones de tecnología, de infraestructuras que vienen del sector privado, y si el sector privado no está invirtiendo en investigación y desarrollo, el país como tal no va a ser competente en ciencia, tecnología e innovación.

¿Qué ofrece SENACYT en términos de inversión, oportunidades y proyectos para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación?

Muchísimo, quizás una forma de verlo es hablar de la estrategia de convertir a Panamá en un país de ciencia, un país que domine la tecnología y que compita en el mercado o compita con buenos servicios gubernamentales para sus ciudadanos y que tenga un bienestar social y una alta calidad de vida.

Nosotros como médula de un sistema que funcione, necesitamos gente capaz. Ciencia es un tema de talento, si no tenemos gente de talento bien formada, competitiva internacionalmente, no vamos a tener un sistema que nos funcione comparado con otros países a los que queremos emular. Así que una de las grandes oportunidades que aporta SENACYT, y en este caso en colaboración con el IFARHU, son las becas de ciencia y tecnología, donde tenemos en estos momentos aproximadamente a 420 becarios de los cuales más de 300 están ubicados en universidades alrededor del mundo, y muchos de ellos entre las mejores universidades del mundo. Esa es una fuente de líderes tecnológicos del futuro de Panamá y una fuente de contagio sobre la actitud de excelencia y de innovación que necesitamos. Cuando ellos regresan a Panamá (porque tienen que regresar a Panamá), junto con los que están en Panamá, necesitan herramientas de trabajo, fondos para poder investigar, infraestructura para hacer ciencia en laboratorios, materiales, etc., y los que se van a dedicar a intentar innovar en productos y servicios, necesitan financiamiento para poder llevarlo a cabo; así que otro gran conjunto de oportunidades son las convocatorias de SENACYT. Éstas son muchas y se adjudican en forma transparente como lo hacemos con las becas. Las convocatorias proveen fondos para investigar y desarrollar tecnologías, hacer estudios y llevar a cabo actividades, generar productos, proponer nuevos servicios, apoyar distintas áreas sociales, tecnológicas y científicas. Por ejemplo, se tienen oportunidades en educación, en conjunto con el Ministerio de Educación, que han permitido transformar la forma en que se aprende ciencias en las escuelas. También tenemos oportunidades para los investigadores desde el punto de vista de su carrera propiamente hablando, porque una cosa es tener fondos para trabajar, y otra cosa es tener fondos para vivir en una forma digna. Como Panamá no es un mercado fuerte todavía de investigación y desarrollo, la ley del Sistema Nacional de Investigación permite dar en sentido monetario y social, como mencioné, para que sea atractivo ser investigador. Tenemos muchas oportunidades que se incluyen dentro de las convocatorias, por ejemplo, fondos para poner la inventiva al servicio de la lucha contra la pobreza, para generar nuevos

productos o servicios, para costear infraestructura, para repatriar talento panameño que se encuentra en el extranjero, tenemos un gran número de oportunidades todas identificadas en nuestra página web para que cualquiera pueda aprovecharla.

¿Cómo cree usted que puede ampliarse la participación y el nivel de competitividad de las universidades estatales en temas de proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías?

La clave fundamental sería el personal docente de nuestras universidades. Si tenemos buenos profesores universitarios, vamos a tener buenas universidades, y eso ya lo estamos haciendo con las becas. Al tener buenos profesores, de una forma u otra, vamos a generar buenos profesionales y ciudadanos mucho más capaces de utilizar sus habilidades intelectuales y emocionales, incluso en la vida diaria. Así, los buenos profesores son el tronco, pero también necesitamos que esas universidades se comparen con otras universidades, necesitamos afincar en Panamá la cultura de intercomparación: ¿cuál es el sitio de esta universidad en el escalafón mundial de universidades y por qué? ¿qué hace que otras universidades que tienen mejor sitio, reciban ese puesto, cuál es la diferencia? ¿cuál es la brecha que nos separa, en qué consiste esa brecha y qué tenemos que hacer para cerrarla? También es importante que los temas administrativos legales funcionen, se tiene que adecuar la normativa universitaria para permitir más investigación, para permitir una ejecución mucho más ágil, por lo que se necesitan administrativos eficientes.

Hay otra parte que es sutil, hasta delicada diría yo, pero bien importante; nuestra sociedad tiene que comprender que las universidades públicas son una parte importantísima para lograr una sociedad con bienestar y de generación de riqueza. No podemos decir, como a veces escucho, que porque las universidades públicas tienen problemas que van desde lo político a lo financiero, vamos a optar sólo por educarnos en las universidades privadas o aquellos que pueden van a optar por educarse en el extranjero. El grueso de nuestra población tiene que tener la opción de formarse a nivel profesional y más arriba de licenciatura, si es necesario, en universidades públicas. Éstas deben ser accesibles porque eso contribuiría a cerrar la brecha de oportunidades e ingresos de nuestro país. Entonces nuestra sociedad, nuestros dirigentes económicos, políticos y sociales tienen que contribuir a que la sociedad entera le dé importancia a las universidades públicas y apoye el desarrollo de las mismas, y por supuesto, a exigirles rendimiento de cuentas. Esa es una parte sutil, pero importante.

¿Cuáles han sido sus experiencias y sus mayores satisfacciones durante su administración en SENACYT?

Ser Secretario de SENACYT es una experiencia muy interesante. Era un trabajo que no tenía una descripción más que colaborar al desarrollo de la ciencia y tecnología en nuestro país, así que hemos venido escribiendo el libro en el camino. De cuatro Secretarios de Ciencia, Tecnología e Innovación, desde que fue creada la Institución en 1992, yo tuve la gran oportunidad de tomar SENACYT en un momento en que el gobierno aceptó considerar la ciencia, la tecnología y la innovación como una herramienta estratégica dentro de su plan de desarrollo del país, y he tenido la gran satisfacción de

ver cómo distintos sectores de la sociedad, incluyendo sectores o grupos que adversan al gobierno actual, participaron en la creación de una estrategia nacional de ciencia, tecnología e innovación que terminó con la propuesta del plan promulgado en el año 2005. Así, yo partí con mucho apoyo y la gran cantidad de logros de la SENACYT en este periodo se debe a un grupo notable de personas capaces que aceptaron la propuesta de sumarse a una iniciativa de transformar la manera en que Panamá apoya la ciencia. Aquí la experiencia ha sido grata, no niego frustraciones, siempre queremos que todo marche más rápido, pero realmente llegar a una posición como ésta, en un país que en forma demostrable no ha apoyado la ciencia en general como una herramienta estratégica, en un momento en que sucede este cambio, es además de ameno, muy interesante y satisface mucho. Me siento muy complacido también de que cuando yo regresé a Panamá de estudiar y vivir en el extranjero, me quedaba la duda sobre que podría hacer yo para contribuir con la misma sociedad que me dio la beca para estudiar licenciatura y que apoyó mi solicitud de beca para poder estudiar y especializarme a nivel de maestría y doctorado. Por el puesto que obtuve en secundaria, recibí una beca del IFARHU, y ahora me complace mucho colaborar con esta institución para darle una oportunidad igual a otras personas que tienen mucho talento en nuestro país. Así que cuando regresé de mis estudios y me planteé la pregunta de cómo hacer para devolver parte de lo que recibí, encontré en SENACYT una oportunidad sin paralelo para hacerlo. Además, la posibilidad de intentar hacerle ver a mucha más gente que nosotros cometemos un gran error si ignoramos ciencia, tecnología e innovación, es un reto interesante. El mundo se mueve adjunto al talento científico y tecnológico como expresión de la creatividad y la capacidad de la especie humana, y creo que Panamá va a llegar a ese punto y va a llegar muy bien.

¿Qué planes y proyectos se tienen para el futuro?

Falta mucho por hacer. Yo quiero resumirlo de esta forma: pienso que nosotros, en este periodo, hemos logrado establecer varias de las herramientas fundamentales de apoyo a ciencia y tecnología, como las becas, las convocatorias, la Ley del Sistema Nacional de Investigación, el programa Hagamos Ciencia, la autonomía e independencia que le hemos dado a los laboratorios nacionales, el programa Infoplazas, pero en general, estas son herramientas que no son específicas de un campo en particular. Nosotros también debemos ser capaces, como facilitadores, del desarrollo de ciencia y tecnología, de facilitar mucho más la aplicación de la ciencia en campos específicos. Yo creo que esa es una gran tarea que le corresponde al siguiente periodo. Nosotros hablamos de que hacemos ciencia, pero nosotros trabajamos sobre la ciencia, nosotros no hacemos ciencia. Sin embargo, no hay mejor institución en Panamá en este momento para ver todo el entretendido de acciones, programas y personajes involucrados en el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación, que la SENACYT.

Nosotros estamos en contacto con la comunidad de empresas privadas, con las instituciones públicas, con los investigadores universitarios, con los estudiantes de primaria, secundaria y de universidad, así que nosotros, en cierta medida, somos un eje de una gran red de talentos, y debiéramos ser capaces de facilitar la comunicación entre los miembros de esa red que están trabajando

en áreas determinadas, y lograr que ellos se conviertan en una fuerza real de cambio. Deberíamos ser capaces, por ejemplo, de hacer que se comuniquen y logren hacer propuestas profundas a los miembros del sector energía. Nosotros tenemos becarios en algunas de las mejores universidades del mundo estudiando áreas relacionadas con fuentes alternas de energía; tenemos beneficiarios en el sector privado en el área de energía y tenemos contacto con las instituciones gubernamentales involucradas en el sector de energía; así, la propuesta científica, tecnológica e innovadora de Panamá, sobre cómo va a ser su futuro energético requiere la contribución de esas personas y SENACYT está en una posición privilegiada para organizarlos y apoyarlos para que puedan hacer esa propuesta. Entonces, entrar a trabajar con la ciencia mucho más directamente me parece que va a ser una labor del siguiente período y me duele que no nos haya tocado a nosotros, pero van a contar con todos estos instrumentos de becarios formándose y formados, financiamientos, leyes y similares para poder hacer. En el futuro está acercarnos más a la ciencia, tomar mucha más ventaja de las comisiones sectoriales que trabajan en el plan estratégico de ciencia y ejecutan el plan estratégico dentro de ciencia. Nosotros tenemos también que llenar ciertos vacíos del sistema, por ejemplo, tenemos que fortalecer los mecanismos para permitir que los interesados en nuestras oportunidades se fortalezcan, nosotros mantenemos por política un estándar bastante alto cuando seleccionamos nuestros beneficiarios, simplemente porque a ellos les toca

competir internacionalmente, pero entonces aquellas personas que quieran tomar esa oportunidad y que no necesariamente están preparados para llegar a ese nivel, requieren un apoyo para formarse, obtener práctica y experiencia, recibir la guía necesaria para llegar a ese nivel. SENACYT tiene que fortalecer sus mecanismos de apoyo, nosotros damos seminarios y convocamos talleres, pero necesariamente tenemos que fortalecer ese nivel, y tenemos también que fortalecer los insumos científicos y tecnológicos. Actualmente tenemos mucha fuerza en el sector gubernamental: el Secretario Nacional tiene también el rango de ministro, participamos en el Gabinete de Ciencias, en el Consejo de Competitividad de Ministros de Estado, en la Junta Directiva de los Laboratorios Nacionales y de varias instituciones claves para el sistema; así que SENACYT ahora debe ejercitar su capacidad de poner su conocimiento al servicio de nuestra sociedad a través de su participación en estas posiciones y contribuir mucho más con aportes que no van a ser del personal de SENACYT sino que lo van a generar los beneficiarios de ésta que van a poder canalizarlo a través de la Secretaría y otros mecanismos que crea la misma para que el gobierno, el sector privado y la sociedad en general cuenten con excelentes asesores. Una de nuestras aspiraciones es afincar en el país una cultura de políticas públicas basadas en la evidencia, queremos generar la capacidad de recolectar evidencias e interpretarlas en forma científica, presentarlas de manera simple y que tengan impacto en la formulación y evaluación de políticas públicas del país y eso se está empezando a hacer.

UNIDAD DE AHORRO ENERGÉTICO (UAE)

La **Unidad de Ahorro Energético (UAE)** está responsabilizada de la supervisión y uso racional y eficiente de la energía en la UTP, está adscrita a la Vice-Rectoría de Investigación, Postgrado y Extensión (VIPE). Un equipo idóneo de ingenieros eléctricos y mecánicos realiza las labores de diseño, análisis, peritajes, estudios y construcción de sistemas electromecánicos y de eficiencia energética. Dentro de los servicios que brinda la UAE están:

- Aúditos/diagnósticos energéticos
- Seminarios/talleres teórico-prácticos
- Peritajes eléctricos y mecánicos
- Asesorías técnicas en temas de energía
- Prestaciones profesionales internacionales
- Proyectos de eficiencia energética
- Supervisión y estadística energética
- Diseño y construcción de bancos capacitivos para corrección del factor de potencia.
- Coordinación del mantenimiento a la Infraestructura electromecánica en la UTP.
- Control de reclamos y eventos eléctricos con empresas distribuidoras de energía
- Investigación y asistencia en diseños de alta eficiencia y ahorro energético.



OFDMA para Sistemas de Banda Ancha Inalámbrica

Daniel Tuñón
Ramón Ortega

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen - Este artículo describe el sistema de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA), un método de modulación para la segunda generación de acceso a banda ancha inalámbrica. Se explican de manera detallada las características y se desarrollan las ventajas y desventajas que estas ofrecen y que hacen de OFDMA un sistema eficiente, siendo la base de revolucionarias tecnologías como WiMAX y WiBro.

Palabras Claves - OFDMA, BWS, OFDM, FDMA/TDMA.

1. Introducción

Banda ancha inalámbrica nace motivada por la creciente demanda de la sociedad moderna por alta velocidad e intercambio de información en cualquier momento y lugar. Para conseguir estos beneficios es necesario emplear avanzadas técnicas de acceso múltiple y tecnologías de transmisión que puedan utilizar los recursos de frecuencia más eficientemente. Los sistemas de banda ancha se prevén como el futuro de las redes de comunicaciones y se basan en OFDMA, la versión multiusuario del ampliamente reconocido esquema de modulación OFDM.

Para lograr un eficiente uso del espectro de frecuencias el acceso múltiple en OFDMA se realiza mediante el híbrido FDMA/TDMA, éste se genera mediante la combinación de TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) y FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).

Se ha reconocido ampliamente que el sistema de banda ancha inalámbrica se enfrenta a un reto formidable debido a la frecuencia de desvanecimiento selectivo. La solución es una tecnología de capa física conocida como modulación multiportadora (MCM), preferible para BWS (Broadband Wireless Systems), ya que puede mitigar de manera eficiente la distorsión de frecuencia dependiente a través de una amplia banda de frecuencias y simplificar la ecualización en un ambiente con desvanecimiento multitrayecto.

Este artículo introduce, en primer lugar, los sistemas inalámbricos de banda ancha y el concepto de OFDMA. A continuación se discute el acceso múltiple y se desarrolla la técnica de modulación OFDM. Por último, se presenta una recopilación de las ventajas y desventajas que este sistema ofrece, así como las normas que lo rigen.

2. Sistemas Inalámbricos de Banda Ancha

Es indudable el crecimiento de la demanda de usuarios para tener, simultáneamente, en sus equipos, múltiples servicios, tales como voz, audio, video y especialmente datos a alta velocidad para el tráfico de Internet y el comercio electrónico. Una de las alternativas más rápidas y económicas para la conquista de este objetivo son los sistemas inalámbricos de banda ancha, BWS.

Este tipo de sistemas no sólo ofrece mayor rapidez de

navegación y la descarga de archivos más rápida, sino también permite aplicaciones multimedia como televisión de alta definición, audio en tiempo real y video streaming. Además, es la base de tecnologías con gran auge actualmente como la telefonía de voz sobre protocolo de Internet (VoIP).

Existen dos tipos diferentes de servicios inalámbricos de banda ancha. El primer tipo intenta proporcionar un conjunto de servicios similares a los de las tradicionales líneas fijas de banda ancha, pero utilizando un medio de transmisión inalámbrico. Este tipo, denominado inalámbrico fijo de banda ancha, es pensado como una alternativa competitiva a DSL o cable módem. El segundo tipo de banda ancha inalámbrica, denominada móvil de banda ancha, ofrece la funcionalidad adicional de portabilidad y movilidad. La mayoría de estos nuevos sistemas tienen un buen desempeño bajo condiciones de ausencia de línea de vista gracias al uso de técnicas como multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), acceso múltiple por división de código (CDMA), y procesamiento multiantena.

Una de las alternativas propuestas para BWS es el acceso múltiple por división de código en banda ancha (W-CDMA), ésta es una técnica de modulación con portadora única. La mayor desventaja de esta modulación es la complejidad en la ecualización del canal. A diferencia de la modulación con portadora única, el esquema de modulación multiportadora (OFDMA) puede significativamente simplificar la ecualización del canal siendo una solución atractiva para BWS [1] [2].

3. OFDMA

Entre las diversas técnicas de acceso múltiple conocido hasta la fecha, el acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) es uno de los más favorecido para su utilización en los sistemas de transmisión de banda ancha. El mismo ha sido diseñado para ser capaz de superar la interferencia que ocurre entre el transmisor y el receptor y aprovechar eficientemente el espectro de frecuencias.

OFDMA es una combinación de un sistema de modulación que se asemeja a OFDM y un sistema de acceso múltiple que combina TDMA y FDMA. Esta técnica normalmente utiliza una FFT (Transformada Rápida de Fourier) de tamaño muy superior a OFDM, y divide las subportadoras disponibles en grupos lógicos llamados subcanales, como se puede observar en la Figura 1. A diferencia de OFDM que transmite la misma cantidad de energía en cada subportadora, OFDMA puede transmitir diferentes cantidades de energía en cada subcanal.

En un sistema de portadora única, el desvanecimiento o la interferencia pueden causar una falla en cualquier aplicación. Pero en sistemas de varias portadoras, sólo un pequeño porcentaje de esas subportadoras, desaparecerá. Se utilizan códigos de corrección de error para corregir las pequeñas subportadoras que vienen con información errónea.

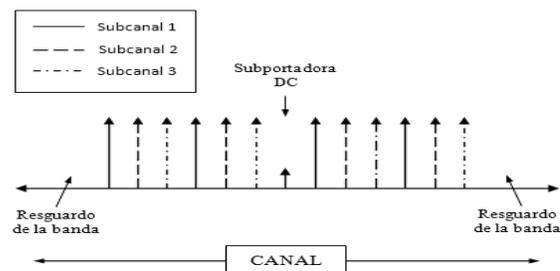


Figura 1. Subcanalización utilizada en OFDMA

Para implementar el acceso múltiple (OFDMA) se asignan subconjuntos de portadoras a cada usuario. Se puede variar la asignación de subportadoras por usuario de acuerdo a información realimentada sobre las condiciones del canal utilizado o en base a la Calidad de Servicio (QoS) requerida por cada uno [2].

4. Acceso Múltiple

OFDMA se basa en un sistema híbrido conocido como FDMA/TDMA (Figura 2). El esquema de FDMA consiste en dividir el espectro disponible en varios canales de frecuencia de manera que cada usuario utiliza a la vez dos canales para su comunicación, uno para el enlace de subida (con el que transmite información hacia la red) y el otro para el enlace de bajada (con el que recibe información desde la red).

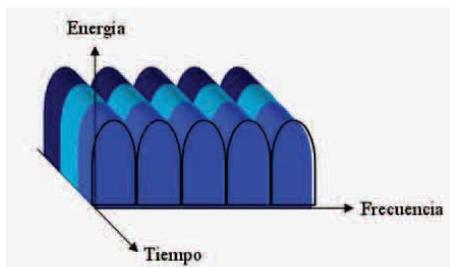


Figura 2. Híbrido FDMA/TDMA

Esta asignación de canales es exclusiva, de manera que los canales no pueden ser utilizados simultáneamente por más de un cliente y cada uno de estos canales está bordeado por pequeñas bandas de frecuencia que evitan solapamientos.

En un sistema TDMA un usuario ocupa el ancho de banda disponible total pero sólo por un corto período de tiempo. El canal de radio frecuencia se divide en intervalos de tiempo y estos son asignados periódicamente al mismo usuario; cada uno de estos intervalos es subdividido en otros dos: uno para el enlace de subida y otro para el enlace de bajada. Todos los intervalos de tiempo están bordeados por intervalos de protección.

En el híbrido FDMA/TDMA, el ancho de banda total del recurso W , se reparte en forma equitativa en M grupos de usuarios o clases. De esta forma, M bandas de frecuencias de W/M Hertz están disponibles para los grupos asignados. De forma similar, el eje temporal es particionado en tramas de duración T , las cuales a su vez son particionadas en N ranuras de duración T/N segundos, fraccionando el recurso W en partes más pequeñas. Esto posibilita que muchas estaciones de poco tráfico, que no justificarían un canal completo, puedan compartir el recurso [1] [2].

5. Modulación OFDM

En una comunicación inalámbrica a alta tasa de bits, se requiere un gran ancho de banda. En estos casos el canal es susceptible a ser selectivo en frecuencia. Dividir el ancho de banda total en canales paralelos más angostos, cada uno en diferente frecuencia (FDM), reduce la posibilidad de desvanecimiento por respuesta en cada subportadora [3].

OFDM es un método de transmisión que usa frecuencias portadoras múltiples. Su principio básico es convertir una señal de datos de alta velocidad a varias señales de datos de baja velocidad, dividiendo un canal, de frecuencia, en un número determinado de

bandas de frecuencias equiespaciadas (ver Figura 3). En cada banda se transmite una subportadora que transporta una porción de la información del usuario. Cada subportadora es ortogonal al resto, dándole el nombre a esta técnica de multiplexación por división de frecuencia ortogonal [4].

El hecho de que las subportadoras sean ortogonales entre sí permite que sus espectros estén traslapados, ver Figura 4, y no exista interferencia, aumentando la eficiencia del uso del espectro debido a que no se utilizan bandas de separación entre subportadoras.

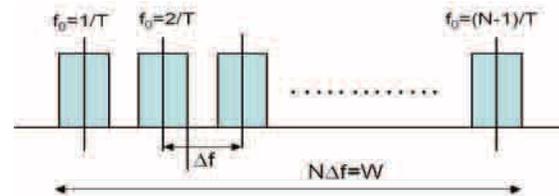


Figura 3: OFDM subdivide la banda total asignada W en N sub-bandas.

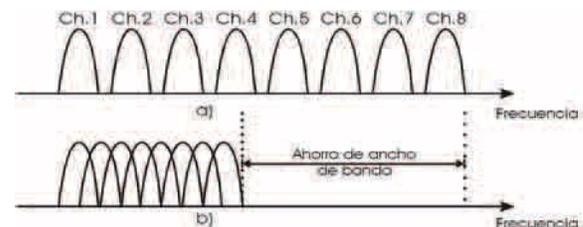


Figura 4. Subportadoras ortogonales permiten traslape de sus espectros sin interferencias.

Transmisión OFDM

En la Figura 5 se ilustra un diagrama a bloques de un proceso de transmisión y recepción de una señal en OFDM.

Primero se generan los datos binarios que incluyen la información. Dichos datos son introducidos al transmisor de forma serial. El siguiente proceso es convertir esos datos a paralelo; como ya se dijo anteriormente, los datos en paralelo permiten al transmisor de OFDM crear simultáneamente varias frecuencias de señales portadoras, he aquí el concepto de la multiportadora. Después, cada grupo de símbolos puede ser modulado digitalmente de manera individual (es posible modular cada símbolo con un tipo de modulación diferente). El siguiente paso es que estos símbolos entren a un integrado a gran escala que realice varios cálculos de transformación del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo.

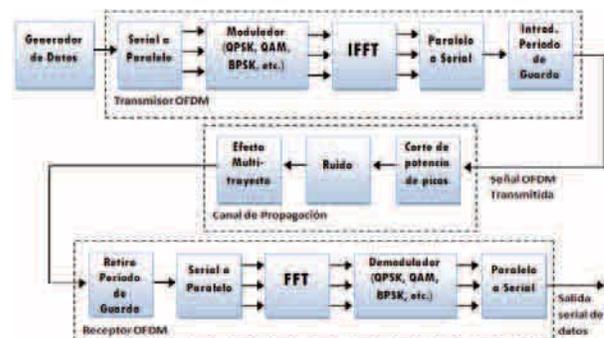


Figura 5. Diagrama a bloques de un proceso de comunicación en OFDM.

Es en este bloque que el concepto de multiportadora tiene origen, ya que la IFFT genera un conjunto de sub-portadoras, cada una espaciada de forma específica. El paso siguiente es generar los periodos de guarda que le van a servir a las portadoras para darle un cierto tiempo de arriba al receptor y así combatir los efectos de la propagación retardada. Después de que los datos son enviados, una serie de ruidos e interferencias, producto de las características de propagación de las comunicaciones inalámbricas, serán adheridos a la señal. Por último, en el receptor, se realiza el proceso contrario [5].

Generación de subportadoras utilizando IFFT

Una señal OFDM, consiste en una suma de subportadoras moduladas vía PSK (*Phase Shift Keying*) o QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Si d_j es un símbolo complejo, N_s es el número de subportadoras, T la duración del símbolo y f_c la frecuencia de la portadora, un símbolo OFDM que empiece en el instante $t = t_s$ se puede escribir como:

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{i=-\frac{N_s}{2}}^{\frac{N_s}{2}-1} d_{i+N_s/2} e^{j2\pi f_c \frac{i+0.5}{T} (t-t_s)} \right\} \quad t_s \leq t \leq t_s + T \quad (1)$$

$$s(t) = 0, \quad t_s + T < t < t_s$$

La notación equivalente en banda base compleja está dada por la ec.(2). En esta representación, la parte real y la imaginaria corresponden a las partes en fase y cuadratura de la señal OFDM, la cual debe ser multiplicada por un coseno y un seno de la frecuencia portadora deseada para producir la señal de OFDM final.

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{i=-\frac{N_s}{2}}^{\frac{N_s}{2}-1} d_{i+N_s/2} e^{j2\pi \frac{i}{T} (t-t_s)} \right\} \quad t_s \leq t \leq t_s + T \quad (2)$$

$$s(t) = 0, \quad t_s + T < t < t_s$$

En la Figura 7(a) se muestra la transformada de Fourier de una señal binaria modulada con cinco subportadoras ortogonales. En la figura se puede ver que los lóbulos laterales de cada una de las señales tienden a coincidir en fases opuestas y se anulan. La figura 7(b) muestra la misma señal en el dominio del tiempo.

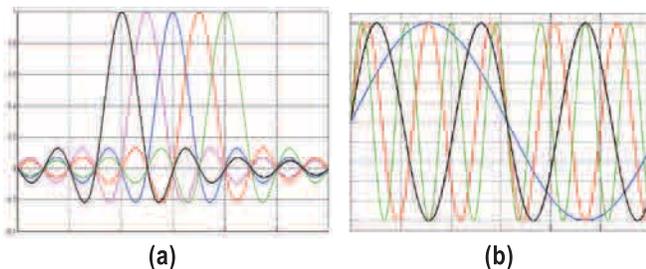


Figura 7. Subportadoras ortogonales, (a) en la frecuencia y (b) en el tiempo respectivamente.

Como se mencionó anteriormente la banda base compleja de la señal OFDM está definida por la ec.(2). Ésta es de hecho la transformada inversa de Fourier de N_s símbolos de entrada. El equivalente en tiempo discreto es la transformada inversa de Fourier discreta (IDTF), que viene dada por la ec.(3), donde el tiempo es sustituido por un número n . Esta transformación puede ser implementada en forma eficiente por la transformada inversa rápida de Fourier (IFFT), reduciendo drásticamente la cantidad de cálculos, aprovechando la regularidad de las operaciones en la IDFT [5].

$$s(n) = \sum_{i=0}^{N-1} d_i e^{j2\pi \frac{in}{N}} \quad (3)$$

6. Periodo de Guarda y Extensión Cíclica

El principal problema que enfrentan las comunicaciones inalámbricas es la presencia del efecto multitrayecto durante su transmisión (generado en el canal de transmisión). En un ambiente de multitrayecto, la señal transmitida es reflejada por un sin número de objetos. Como resultado de esto, múltiples versiones de la señal transmitida llegan hasta el receptor con un retardo en la información, esto se conoce hoy en día como interferencia entre símbolos, ISI (*Inter-Symbol Interference*).

OFDM fue creado para eliminar, casi por completo este problema, introduciendo un intervalo de guarda a cada símbolo de OFDM. La longitud de dicho intervalo es seleccionada de modo que sea mayor a la propagación retardada esperada. De modo que, si un símbolo de OFDM llega con cierto retraso, el periodo de guarda generará un espacio suficiente para que este símbolo no vaya a interferir con uno subsiguiente. La Figura 8 ilustra un típico caso de la interferencia entre símbolos (ISI)

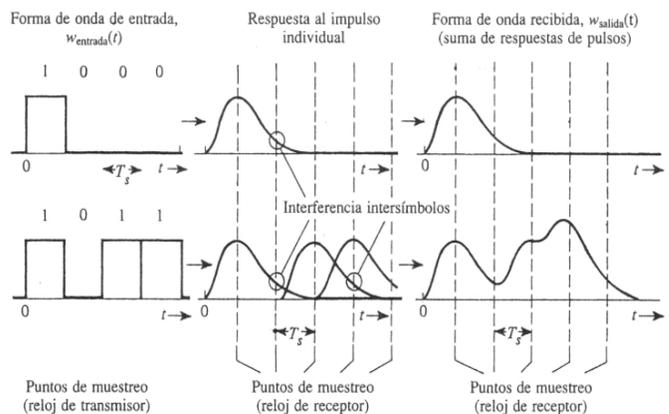


Figura 8. Ejemplos de interferencia entre símbolos (ISI).

El intervalo de guarda, puede consistir de información nula, es decir, de ausencia de señal. En ese caso, sin embargo, es posible que se genere el problema de una interferencia entre portadoras, ICI (*Inter-Carrier Interference*). La ICI es una cierta interferencia que se genera entre varias portadoras, la cual, significaría que la señal de OFDM perdería su principio de ortogonalidad. Para eliminar la ICI, el símbolo de OFDM es extendido cíclicamente en el periodo de guarda, como se muestra en la Figura 9.

De esta manera se asegura que las réplicas retardadas del símbolo de OFDM siempre tengan un número entero de ciclos dentro del intervalo de la FFT. Como resultado de esto, mientras el retraso sea menor al intervalo de guarda, no existirá la ICI [4] [5].

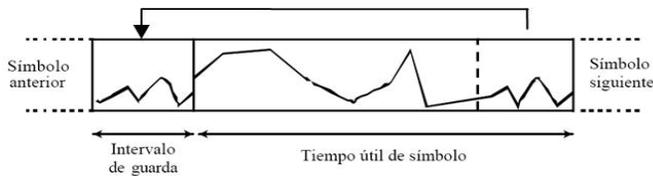


Figura 9. Extensión Cíclica – (CP: Cyclic Prefix)

7. Desarrollo Normativo

La norma IEEE 802.16, con su *WirelessMAN™ air interface*, establece las bases para un amplio y eficaz despliegue en todo el mundo sobre las estándares a ser utilizados con OFDMA.

El estándar IEEE 802.16 *WirelessMAN* se creó con el objetivo de agilizar la expansión de los servicios de banda ancha y garantizar la interoperabilidad entre diferentes equipos. IEEE 802.16-2004 establece las características de los sistemas de línea fija con esquemas de modulación OFDM añadidos como parte de la capa física para apoyar el despliegue en entornos multirrayecto.

Posteriormente, el grupo 802.16 comenzó a trabajar sobre mejoras en las especificaciones para permitir la movilidad vehicular. Esta revisión se completó y se publicó formalmente como IEEE 802.16e-2005. En esta se especifica OFDM escalable para la capa física como la capacidad del sistema de cambiar su configuración para adaptarse a los diferentes entornos sin perder la calidad de servicio y se hacen nuevas modificaciones a la capa MAC para dar cabida a la movilidad de alta velocidad.

La norma incluye requisitos para la transmisión de datos a altas velocidades con una conexión de línea de vista (LOS) que operan en un rango de frecuencia de 10-66 GHz para redes inalámbricas fijas, los requisitos para enlaces sin línea de vista (NLOS) para estaciones fijas, portátiles o sistemas móviles que operan en frecuencias menores a 11 GHz, tanto para bandas libres como comerciales, así como también el concepto de escalabilidad que ofrece a la tecnología de banda ancha operar óptimamente en diferentes escenarios que van de 1,25 MHz a 20 MHz, tanto en

sistemas fijos como móviles manteniendo el bajo costo del producto [1][6]. También es compatible con otras características como modulación y codificación avanzada de subcanales, alta eficiencia en estructuras de enlace ascendente, diversidad de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO), cobertura y mejoras en la seguridad de canales, así como otras características por defecto de OFDMA entre las que podemos mencionar diferentes asignaciones de portadora y la diversidad de esquemas [7].

8. Ventajas / Desventajas de OFDMA

Una ventaja significativa de OFDMA en relación con OFDM es su potencial para reducir la potencia de transmisión, ya que en lugar de tener una explosión de gran potencia a lo largo de todo el ancho de banda, OFDMA permite la misma velocidad de transmisión de datos a través de una más largo período de tiempo utilizando la misma potencia total.

El principal punto débil de la implementación práctica del sistema está en el diseño de los amplificadores para el enlace ascendente. Esto es debido a las variaciones de la envolvente de la señal, que complica la obtención de amplificadores lineales eficientes [5].

Referencias

- [1] J. Andrews, A. Ghosh y R. Muhamed, *Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking*, 1st Ed., Prentice Hall, Feb. USA, 2007.
- [2] C. Zhongren, *Orthogonal Frequency Division Multiple Access for Broadband Wireless Systems: Algorithms and Implementation*, Castle Point on Hudson, Hoboken, NJ 07030. Ap. 2004.
- [3] ETSI TS 101 475 v1.1.1 (2000-04), *Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN type 2; Physical (PHY) layer*.
- [4] Intini, Aníbal. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Wireless Networks*. University of California Santa Barbara. December 2000.
- [5] R. van Nee y R. Prasad, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, 1st Ed., Artech House Publishers Boston–London, USA, 2000.
- [6] IEEE Standard 802.16-2004, Parte 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, October 2004.
- [7] H. Yaghoobi, "Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 *WirelessMAN*", Intel Technology Journal, Vol. 8, Issue 3, Aug. 2004.

Técnica de Acceso Múltiple de Radio WCDMA

Javier Castillo
Fernando Medina

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen - El presente artículo aborda los conceptos de acceso múltiple por división de códigos, y ensanchamiento de espectro mediante códigos. Se explica cómo se generan y utilizan los códigos ortogonales y de pseudoruido, los cuales esparcen, canalizan y mezclan las señales en WCDMA. Se observan las propiedades de los códigos utilizadas para lograr estos objetivos. Además, se sintetiza el rol que tiene cada clase de código en WCDMA.

Palabras claves - CDMA, pseudoruido, WCDMA.

1. Introducción

El sistema WCDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos en Banda Ancha) es respaldado por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y por el 3GPP (*Third Generation Partnership Project*); y fue creado para su implementación en la tercera generación de tecnología celular [1]. A finales de 2001, se concedieron en muchos países licencias para sistemas de Tercera Generación. Así, tras varias pruebas, en Octubre de 2001 comenzó a funcionar la primera red WCDMA comercial en Japón [2].

WCDMA se basa en CDMA (Acceso Múltiple Por División de Códigos), la cual es una tecnología digital de transmisión que permite a un número determinado de usuarios acceder a un mismo canal de radiofrecuencia simultáneamente, mediante el uso de técnicas de espectro ensanchado por códigos, en donde se le asigna un código distinto a cada usuario.

Lo que cambia entre una y otra es el ancho de banda que aumenta de 1.25 MHz en CDMA a 5 MHz en WCDMA.

2. Concepto de Acceso Múltiple por División de Códigos en Banda Ancha

En WCDMA, cada transmisor se programa con ciertos códigos, que se usan para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencia amplio. Cada receptor utiliza los mismos códigos para reconstruir la señal original. Todas las otras señales permanecen extendidas e indistinguibles del ruido de fondo. Con esto se consigue una mayor eficiencia en la utilización del espectro radioeléctrico y una mayor seguridad en la comunicación. Es importante realizar un cuidadoso control de potencia para que la interferencia entre señales sea la mínima posible.

En la Figura 1 se representan cinco usuarios traslapados, sin embargo con WCDMA se logra separar y recuperar la información de cada uno sin afectar a los demás usuarios, esto conociendo el código que le corresponde a cada uno de ellos tanto en el transmisor como en el receptor.

WCDMA permite el solapamiento en la frecuencia y en el tiempo de la transmisión de las estaciones, algo que no se puede hacer ni con FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia) ni con TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).

WCDMA funciona por lo general en conjunto con FDD (*Frequency Division Duplex*) o con TDD (*Time Division Duplex*) para poder dividir los canales de subida y de bajada. Sin embargo, el sistema de radio utilizado para lograr el acceso múltiple funciona sólo a base de códigos binarios. La diferenciación se realiza por el código, ya que cada usuario utiliza un código diferente, y para identificar la señal procedente de cada uno se realiza una correlación con su código.

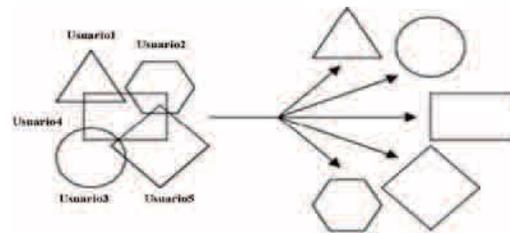


Figura 1. Acceso Múltiple por División de Códigos

En WCDMA se expande el espectro de la señal a transmitir por medio de secuencias ortogonales, que en teoría, no producen interferencia entre sí. De este modo, la información de una señal no interfiere con ninguna otra, ya que el receptor rechazaría completamente la señal del resto de los usuarios, pero en la práctica los códigos utilizados no son totalmente ortogonales, por lo que se origina un cierto nivel de interferencia similar al del ruido. El receptor sólo puede demodular la señal si conoce la secuencia que se ha utilizado en su expansión. Las señales producidas por los otros transmisores, que utilizan la misma banda se ven como ruido. Por tanto, WCDMA permite la coexistencia de varios sistemas en las mismas bandas de frecuencia, usando diferentes señales, pero la transmisión del código utiliza un ancho de banda mayor, razón por la que se llama de espectro expandido [1].

3. Concepto de Ensanchamiento de Espectro

En un sistema de espectro ensanchado la transmisión de la señal se da sobre un ancho de banda que es mayor (hasta varios orden de magnitud) del que se requirió para las transmisiones estándar de banda estrecha a fin de mejorar la relación señal a ruido en el receptor.

Al aumentar el ancho de banda transmitido para una señal en un canal de banda estrecha, la probabilidad de que la información recibida sea correcta aumenta. Esto se debe a que cada señal es una compilación de muchas señales de baja amplitud que se localizan en la frecuencia fundamental y sus armónicas, entonces el aumento del ancho de banda resulta en una reconstrucción más exacta de la señal original.

La mayor desventaja en sistemas de banda estrecha para telecomunicaciones es la limitación de la capacidad del canal (ancho de banda), así que las señales deben transmitirse con la potencia suficiente para que la interferencia por ruido gaussiano no sea efectiva, y así la probabilidad de que los datos recibidos no sean correctos permanecerá baja. Esto se traduce en que la SNR

(relación señal-ruido) efectiva debe ser lo suficientemente alta para que el receptor recupere la señal transmitida con el menor error posible. Al expandir la señal sobre un ancho de banda grande con una menor densidad de potencia espectral, también se logra alcanzar la tasa requerida para evitar la interferencia por ruido, de esta manera se obtiene la misma SNR sin necesidad aumentar la potencia [3].

Si la potencia total de señal se interpreta como la zona bajo la densidad espectral de potencia, entonces señales con la potencia total equivalente pueden tener, o una potencia grande de señal concentrada en un ancho de banda pequeño o una potencia pequeña de señal esparcida sobre un ancho de banda grande, como se puede ver en la Figura 2. Por lo tanto, la cantidad de energía es la misma antes y después de llevar a cabo el ensanchamiento de una señal.

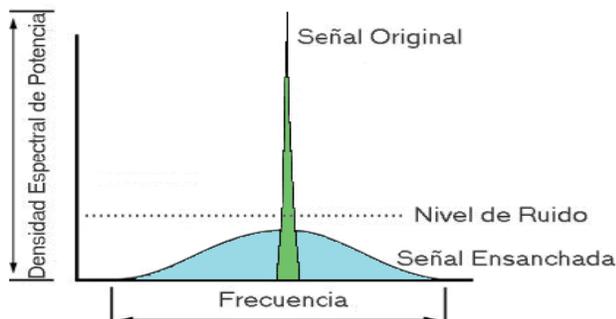


Figura 2. Señales con la misma potencia, pero con diferentes anchos de banda

Las señales de espectro expandido son multiplicadas por uno o más códigos de expansión antes de ser enviadas. Cuando las señales son recibidas correctamente, son multiplicadas nuevamente por los mismos códigos que se utilizaron para esparcirlas y cuando se correlacionan, se obtiene la señal original. Cualquiera señal de banda angosta o banda ancha que se haya sumado en el camino será también multiplicada por estos códigos en el receptor. El resultado de esto es que la señal no deseada será esparcida en el receptor, simulando un ruido de muy baja potencia.

Antes de la transmisión, WCDMA utiliza estos códigos para lograr extender o ampliar el ancho de banda de los datos en banda base. Dichos códigos son una serie de impulsos binarios o chips, conocidos como códigos de expansión (*spreading codes*), que consisten en secuencias binarias con un periodo determinado. Los códigos se ejecutan a una velocidad más alta (velocidad de chip) que la señal a transmitir y determinan el ancho de banda real de transmisión [4]. El receptor utiliza los mismos códigos para recuperar la señal original con la sincronía correcta, aquellas señales que no dispongan del mismo código que el receptor serán consideradas como ruido.

La Figura 3 muestra el diagrama a bloques de un sistema de comunicación de espectro ensanchado, en él se muestra como la información es multiplicada por un código.

Esta señal es entonces modulada usando una secuencia de dígitos llamada código de ensanchamiento o secuencia de ensanchamiento, la cual es producida por un generador de códigos.

Luego se modula para incrementar significativamente el

ancho de banda de la señal a transmitir. Por su parte en el receptor la misma secuencia de dígitos es usada para demodular la señal de espectro ensanchado. Finalmente, la señal pasa a un decodificador donde es multiplicada nuevamente por el mismo código con la que extendió para recobrar la información (procesos de *despreading*).

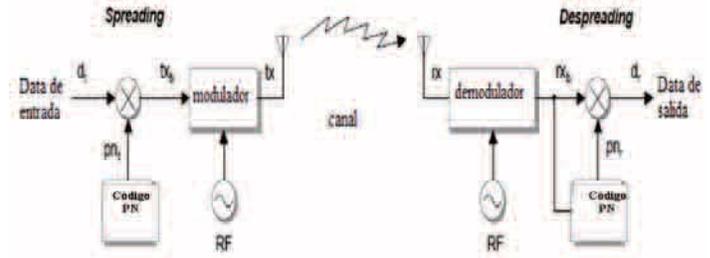


Figura 3. Diagrama de bloques de un sistema con ensanchamiento de espectro

La dispersión de energía sobre una banda ancha, o reducción de la densidad espectral de potencia, hace que el sistema WCDMA genere señales menos probables para interferir con comunicaciones de banda estrecha, porque la potencia ensanchada de la señal está cerca de los niveles gaussianos de ruido. Las comunicaciones de banda estrecha, ocasionan poca o ninguna interferencia en sistemas WCDMA porque el receptor de correlación integra sobre un ancho de banda muy amplio para recuperar una señal WCDMA.

En el proceso de expansión se utilizan dos clases de códigos para la interfaz aérea, estos son: los códigos ortogonales y los códigos de pseudoruido. Ambos son usados tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada, porque poseen buenas propiedades de correlación entre sí y esto dificulta el bloqueo o detección de una señal de información por un usuario no deseado.

Uno de los parámetros que debe ser considerado en los sistemas de espectro ensanchado es la ganancia (GP), que es la razón en decibelios del ancho de banda de transmisión (BW_T) y el ancho de banda de la información (BW_I) [3].

$$G_p = 10 \log \frac{BW_T}{BW_I} \quad (1)$$

Este parámetro es necesario para determinar el número de usuarios permitidos en un sistema, de esta forma, al ser mayor la ganancia, permite que más usuarios utilicen la técnica de espectro ensanchado.

4. Utilización de Códigos para División de Canales en Sistemas de Acceso Múltiple con Modo de Secuencia Directa

Como ya se mencionó, el sistema W-CDMA utiliza el principio de separar los canales de comunicación (la cual debe ser óptima) por medio de códigos y no por medio de bandas de frecuencia o ranuras de tiempo. Estos códigos consisten en un conjunto de bits que alteran la señal de información que se desea enviar, de tal manera que esta señal adquiera las propiedades del código que la altera, y pueda ser recuperada en el receptor con este mismo código. Si se trata de interpretar la señal codificada sin conocer el código que la alteró, la señal no representa información alguna y será vista como ruido.

Primero, para poder utilizar los códigos como medio de diferenciación de señales, deben ser consideradas las propiedades que conviene que tengan. Se desea utilizar un código de tal manera que el receptor sólo reciba una señal con ese código. Para lograr esto, las propiedades del mismo deben ser tales que, éste no sea afectado por otros códigos y que, de la misma manera, no afecte al resto (pues se requiere que el sistema dé el mismo rendimiento para cualquier usuario).

4.1 Códigos Ortogonales

La correlación cruzada es la propiedad que indica, qué tanto afecta un código a otro, o en general una señal a otra. Ésta, cuando se da con funciones discretas, se puede evaluar como la sumatoria de la comparación de dígitos, bit por bit, para los 2 códigos en cuestión. La ec.(2) corresponde a la función discreta de correlación cruzada:

$$\phi_{x,y}(l) = \sum_{i=l}^L c_x(i)c_y[(i+l) \bmod L] \text{ para } 0 \leq l \leq L-1 \quad (2)$$

donde $c_x(i)$ y $c_y(i)$ representan valores instantáneos de cada secuencia (pueden ser 1 o -1), l representa el retraso en múltiplos del período de muestreo y L representa la longitud (en dígitos) de ambas secuencias. Una concordancia de valores suma 1 a la correlación; en caso contrario, se resta 1. La correlación que se desea es la mínima posible (0) pues esto significa que un receptor que recibe una señal con un código distinto al que utiliza, no recibe nada (en teoría).

Los códigos que tienen la mejor propiedad de correlación ortogonales (porque son ortogonales entre sí). Los códigos ortogonales más utilizados para este sistema son los códigos Walsh, que se crean con árboles de códigos o con matrices de *Hadamard*[3]. Estos códigos serían perfectos para los objetivos buscados pero tienen algunas desventajas, que serán vistas a continuación.

Las matrices de *Hadamard* se construyen siempre a partir de una matriz Hadamard de nivel anterior al actual, siendo el límite inferior la matriz unitaria. Como podemos ver en las expresiones (3) y (4), cada nueva matriz se construye con 4 matrices anteriores invirtiendo los valores de la matriz en la posición (2,2)

$$H_{2i} = \begin{bmatrix} H_i & H_i \\ H_i & -H_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Las secuencias se obtienen de cada columna o de cada fila. Cuando el nivel aumenta, así mismo aumentan las matrices y sus secuencias. El proceso de expansión de WCDMA (UTRAN) tiene 2 partes como se puede ver en la Figura 5. Primero, un proceso de canalización (donde se realiza el esparcimiento o *spreading*) y luego un proceso de mezclado (*scrambling*). El proceso de *spreading* es el proceso que extiende el ancho de banda de la señal, de tal manera que su potencia total se extienda en el espectro y su frecuencia de base aumente. Este proceso, en WCDMA, se realiza

con códigos ortogonales Walsh. El SF (*Spreading Factor*) es un índice que da la proporción de extendido, una vez hecho el *spreading*. Un SF de 4, por ejemplo, aumenta la frecuencia en un factor de 4 ya que habrá 4 chips por cada bit. En WCDMA puede haber SF de 4 a 256 en el enlace de subida (*UpLink*) y un SF de 4 a 512 en el enlace de bajada (*DownLink*) en el modo FDD. Mientras que en el modo TDD pueden ser desde 1 hasta 16 en ambas direcciones. Los valores de SF sólo pueden darse en potencias de 2, debido a la naturaleza de los códigos Walsh [4].

Los códigos ortogonales no son los únicos códigos que se utilizan en WCDMA debido a que deben estar sincronizados para poder funcionar correctamente. Esto quiere decir que para todo l distinto de 0 podrá haber una correlación distinta de 0 en (2). En el enlace de bajada, los códigos ortogonales se utilizan para diferenciar usuarios bajo ciertas circunstancias. En el enlace de subida los usuarios no están sincronizados y por lo tanto, usar códigos ortogonales produciría gran interferencia entre ellos. Otra desventaja es que no hay muchos disponibles por lo que muchas veces deben repetirse en cada célula y si un usuario utilizara sólo estos códigos en un área límite, podría recibir el mismo código de 2 estaciones base distintas, haciendo que la señal recibida fuera seriamente distorsionada. Los códigos ortogonales sí pueden ser usados para diferenciar los canales de subida de un solo usuario pues éstos están sincronizados en el tiempo [4].

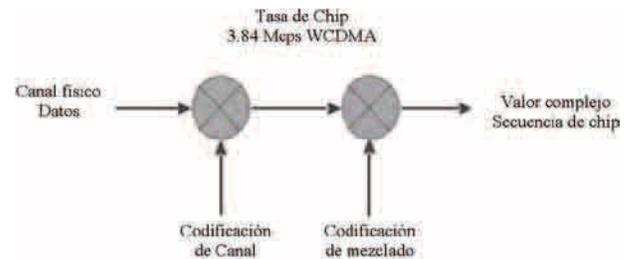


Figura 5. Proceso de Canalización y Mezclado

4.2 Códigos de Pseudoruido

Para poder lidiar con el problema de sincronización se utiliza otra clase de códigos llamados códigos de pseudoruido (PN) o códigos de ruido pseudoaleatorio (PRN *Codes*). Son llamados de esta manera porque simulan ruido aleatorio o ruido blanco pero, a diferencia del ruido real, deben ser periódicos, pues tanto el transmisor como el receptor deben conocer perfectamente el código utilizado. Estos códigos son los que realizan la segunda parte del proceso de extendido denominada mezclado (*scrambling*).

En un código de pseudoruido, la diferencia entre la suma total de unos y la suma total de ceros debe ser como máximo 1. Esto característica no sólo sirve para que la señal parezca ruido y sea difícil de diferenciar del ruido de fondo, sino para que también cuente con mejores características para evitar la interferencia entre señales con distintos códigos [5].

Para crear secuencias de pseudoruido se utilizan Registros Lineales de Corrimiento con Realimentación (*Linear Feedback Shift Registers*), los cuales consisten en biestables puestos en serie, de tal manera que su contenido sea pasado de uno a otro en cada pulso de reloj. El primer registro recibe un valor resultado de un circuito combinacional hecho de sumadores módulo-2

(compuertas XOR) que tienen entradas correspondientes a los valores de los biestables en un momento dado, como se puede ver en la Figura 6. El valor del último biestable es el valor que se verá en la salida que se añade a la secuencia en el próximo pulso de reloj [5].

Los LFSR son muy utilizados por su simplicidad y bajo costo. Éstos sirven para crear secuencias de distinto tamaño, sin embargo pueden tener solamente $2n$ diferentes estados como máximo (siendo n la cantidad de biestables). Cuando todos los registros tienen un valor de 0, el LFSR no puede producir una secuencia distinta de sólo ceros, por lo tanto este estado está aislado (ningún otro estado llega a él ni viceversa). Esto significa que la secuencia de mayor longitud que puede tener un LFSR tendrá un valor de $2n - 1$ dígitos, antes de comenzar con la misma secuencia nuevamente. Sin embargo, no todos los LFSR producen secuencias de máxima longitud (MLS), pues es posible que los registros repitan un estado antes de haber presentado todos los otros estados posibles, imposibilitando que se obtengan los estados restantes. El tamaño de la secuencia dependerá del circuito combinacional que produzca el siguiente valor del primer registro. Es importante resaltar que el primer estado, llamado semilla, determinará el punto de inicio de la secuencia [5].

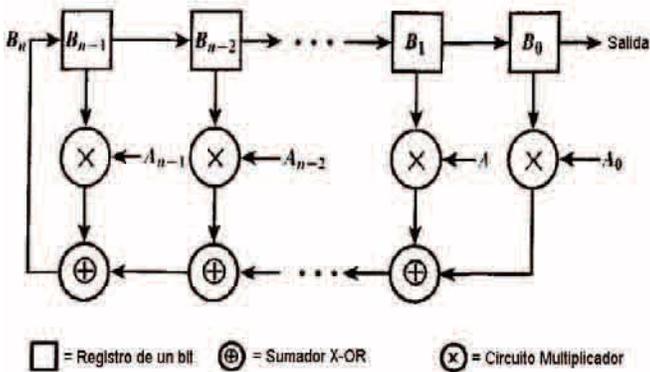


Figura 6. Esquema general de un LFSR

Las secuencias de máxima longitud (MLS) son útiles, primero que todo, porque son las secuencias más largas que se pueden obtener de un LFSR, mejorando la razón de cantidad de secuencias posibles respecto al tamaño del LFSR. En cada periodo de una MLS, el número de unos es siempre mayor al número de ceros por uno, por lo que se tiene una secuencia que simula muy bien el ruido aleatorio y aumenta su similitud a medida que crece su longitud. Sin embargo, su propiedad más útil es su autocorrelación [5].

La autocorrelación es una propiedad muy similar a la correlación cruzada, la cual, en vez de comparar dos secuencias distintas, relaciona una secuencia consigo misma con todos los retardos posibles. Con esta propiedad, se puede observar lo que recibe un receptor, cuando su secuencia no está sincronizada con la secuencia del transmisor. En el caso de las MLS, la autocorrelación da un valor de -1 en todo caso excepto en un caso sin retardo. Una autocorrelación como ésta, es muy útil para evitar el ruido debido al efecto multirruta pues sólo la señal que llega en el momento preciso es percibida. Las señales (secuencias) que lleguen retardadas serán vistas como ruido. Existe un receptor llamado RAKE que

utiliza esta propiedad para poder discriminar señales desfasadas con el mismo código y sumarlas de tal manera que se pueda recuperar la potencia perdida por el efecto multirruta. La autocorrelación también es muy importante, porque se utiliza para poder sincronizar las estaciones base con las unidades móviles utilizando un código de pseudoruido común como patrón [5].

$$\phi_{xx}(l) = \sum_{i=1}^L c_x(i)c_x[(i+l)\text{mod}L] \quad \text{para } 0 \leq l \leq L-1 \quad (5)$$

4.3 Códigos Gold

Al observar las propiedades que necesitan los códigos para poder funcionar correctamente se puede concluir que deben tener una buena correlación cruzada y una buena autocorrelación. Sin embargo, ninguno de los códigos vistos hasta el momento presenta las dos cualidades. Para tratar de lograr estas cualidades, se investigaron las propiedades cruzadas de muchas MLS y en los años 60 Gold y Kasami obtuvieron una serie de secuencias con ciertas propiedades que resultaron útiles para los objetivos deseados [8].

Las secuencias Gold son las secuencias más utilizadas como códigos de pseudoruido en WCDMA. Estas secuencias son generadas a partir de 2 MLS apropiadas sumadas con un sumador módulo-2. Las secuencias Gold son secuencias NMLS, o sea, secuencias de no máxima longitud que tienen propiedades de cruce muy útiles. Como no son MLS, su autocorrelación no es ideal, pero sigue siendo bastante aceptable pues tiene valores máximos acotados muy inferiores al valor pico con retardo nulo.

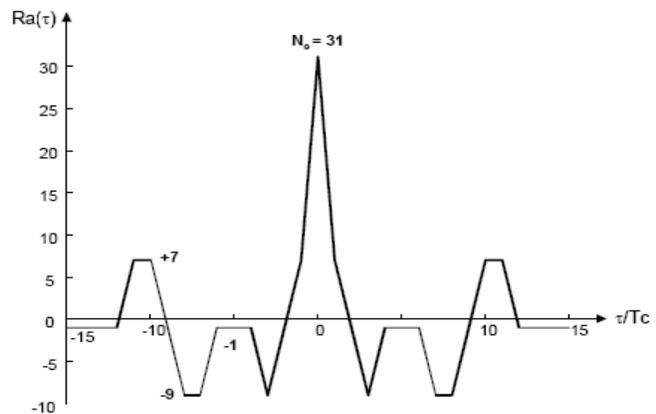


Figura 6. Autocorrelación de un Código Gold

5. Control de Potencia en WCDMA

Para un sistema de acceso múltiple por medio de códigos es necesario un control cuidadoso de la potencia transmitida por la estación base y las unidades móviles. Este control de potencia debe ser mucho más preciso que en otros sistemas de acceso múltiple. Esto se debe a que toda señal representa una pequeña interferencia o ruido para las demás y mientras más amplitud tenga una señal, más ruido detectarán los receptores de las otras señales. El control de potencia se da 2 maneras: en lazo cerrado o en lazo abierto. El ajuste de control de lazo cerrado se da con una frecuencia de 1.5 KHz. La frecuencia de este ajuste es relativamente alta debido a que la potencia radiada debe ser en todo momento la mínima posible.

6. Aplicación de los Códigos

Los códigos ortogonales y de pseudoruido trabajan en conjunto para asegurar una diferenciación de cada canal y de cada usuario. Es debido a esto que todo código utilizado en WCDMA no es nunca totalmente ortogonal con los demás, pues aunque los códigos ortogonales sí tienen esta propiedad, los códigos de pseudoruido no son perfectamente ortogonales [6].

Podemos generalizar el uso de los códigos en sistema de acceso de radio WCDMA en 3 partes: Códigos de Sincronización, Códigos de Canalización, Códigos de Mezclado (Revoltura), como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Síntesis de Códigos Utilizados en WCDMA

	Códigos de sincronía	Códigos de canalización	Códigos de Scrambling en el enlace de subida	Códigos de revoltura en el enlace de bajada
Tipo	Códigos de Oro Códigos de sincronización primarios y secundarios	Códigos OVFSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) llamados también códigos Walsh	Códigos de oro (largos) y códigos S(2) (cortos) Códigos de Pseudo ruido	Códigos de oro Códigos de Pseudo ruido
Longitud	256 chips	4-512 chips	38400 chips / 256 chips	38400 chips
Duración	66.67 μ s	1.04 μ s - 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Numero de códigos	1 primarios / 16 secundarios	= SF 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL	16,777,216	512 primarios/ 15 secundarios por cada primario
Esparcimiento	No	Sí	No	No
Uso	Permitir a las terminales sincronizarse con los canales de control principales de la célula	UL: Para separar el DPDCH y el DPCCCH del mismo UE DL: Para separar las conexiones en el enlace de bajada de diferentes usuarios de la misma célula.	Separación de terminales	Separación de sectores

Los códigos de sincronización se utilizan, como su nombre lo indica, para sincronizar las unidades móviles con las estaciones base. Esta sincronización se hace con un código de pseudoruido utilizando su propiedad de autocorrelación.

Los códigos de canalización son los únicos códigos ortogonales en WCDMA y además de esparcir, tienen distintas funciones para el UL y el DL. En el caso del DL, sirven para discriminar distintos usuarios; en el caso de UL, sirven para diferenciar los canales de control y de datos.

Los códigos de mezclado, que sólo son códigos de pseudo-

ruido, simulan el comportamiento de ruido para cada señal. Además de esto tienen funciones distintas para UL y DL: en UL, sirven para diferenciar terminales pues éstas no están sincronizadas; en DL, sirven para discriminar sectores o estaciones base. Esta última función es especialmente importante cuando una unidad móvil se encuentra en un área donde se pueden recibir señales de dos o más estaciones base. La unidad móvil podría recibir el mismo código ortogonal de 2 estaciones bases distintas, pero el código de mezclado asegura que la unidad perciba sólo la correcta.

Referencias

- [1] E. Mayoral Palacios, *Redes Inalámbricas de 2G, 2.5G y 3G*. Tesis de Ingeniería. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/navegacion/carrera_lem.html, Fecha del documento: Mayo de 2004. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2008].
- [2] L. Mendo Tomás, *Capacidad en Sistemas Celulares W-CDMA*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Disponible en: <http://www.grc.ssr.upm.es/personal/LMendo/tesis/tesis.htm>, Fecha del documento: Noviembre de 2001. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2008].
- [3] J. Tecuanhuehue Roldán, *Sistemas CDMA CDMAONE, CDMA2000*. Tesis de Ingeniería. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/navegacion/carrera_lem.html, Fecha del documento: Febrero de 2006. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2008].
- [4] D. Fajardo Patrón, *Simulación de tramas de WCDMA*. Tesis de Ingeniería. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/navegacion/carrera_lem.html, Fecha del documento: Mayo de 2004. [Consultado: 13 de octubre de 2008].
- [5] S. Haykin, *Communications Systems*, 4ta Edición, Wiley, United States, 2001
- [6] J. Sánchez García, M. Meza Múgica, *Redes Celulares De Tercera Generación: Cdma2000 Y WCDMA. E-Gnosis, WCDMA. E-Gnosis, Año/Vol. 3*. Universidad De Guadalajara Guadalajara, México. ISSN (Versión En Línea) 1665-5745. Disponible En: www.E-Gnosis.Udg.Mx/Vol3/Art40 Fecha de consulta: 16 de octubre de 2008].
- [7] F. Peralta, G. Duchén, y R. Vázquez. *Complejidad Lineal y Algoritmo Berlekamp-Massey para la Construcción de Generadores de Secuencias Pseudoaleatorias*. Inf. tecnol. [online]. 2006, vol.17, No..3 p.167-178. ISSN 0718-0764. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000300023&Ing=es&nrm=iso. Fecha del documento: 23 Junio 2008. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2008].
- [8] *Sistemas de espectro disperso y Secuencias Pseudo Aleatorias*. Disponible en: <http://prof.usb.ve/tperez/docencia/3413/contenido/ss/SS.htm> [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2008].

Modelado y Simulación Dinámica de Máquinas Síncronas de Imanes Permanentes para Aplicaciones Eólicas

Issac Castillo

Universidad Tecnológica de Panamá
issac.castillo1@utp.ac.pa

Resumen - Recientemente la máquina síncrona de imanes permanentes ha demostrado ser una tecnología prometedora para aplicaciones eólicas. Esta máquina es similar a la máquina síncrona clásica excepto que la excitación es provista por imanes permanentes en lugar de un devanado de campo, su modelo matemático es utilizado para crear un modelo computacional en SIMULINK. Con este modelo se simula una máquina para condiciones comunes en aplicaciones eólicas, también puede ser utilizado para simular otras condiciones operativas y otras máquinas, ya que es fácilmente modificable.

1. Introducción

Actualmente, el análisis y diseño de máquinas eléctricas es usualmente realizado utilizando algún moderno software de simulación que provee predicciones precisas del comportamiento del sistema en condiciones reales. De esta manera, el modelado por computadora de estas máquinas a un alto nivel de precisión se convierte en parte esencial del proceso de diseño. La experimentación con máquinas reales puede ser costosa y tomar mucho tiempo. Para muchos, la simulación ofrece un método rápido y económico, y quizás el único, mediante el cual se puede estudiar sistemas y sus componentes.

Una máquina síncrona de imanes permanentes (PMSM, según sus siglas en inglés) es una máquina que utiliza imanes para producir el campo magnético en el entrehierro, eliminando el uso de una fuente de excitación externa. Debido a sus cualidades, estas máquinas han atraído el interés de muchos investigadores a nivel mundial, para su uso en distintas aplicaciones. La aplicación de máquinas de imanes permanentes se puede encontrar en áreas científicas como la ciencia aeroespacial, hibridación de vehículos, transporte y sistemas de energía renovable [1]. Existen varias configuraciones de máquinas de imanes permanentes, las cuales se clasifican en dos grupos: de flujo axial y de flujo radial [2]. El uso de imanes permanentes en la construcción de máquinas eléctricas tiene muchas ventajas. Entre éstas están su alta potencia por unidad de volumen, simplificación en la construcción y mantenimiento, mejor desempeño dinámico que máquinas con excitación externa y principalmente, el hecho de que esta máquina no requiere una ventaja provee un substancial aumento en la eficiencia, ya que no hay pérdidas eléctricas en el circuito de excitación. La principal desventaja de la máquina de imanes permanentes es que sus imanes son susceptibles a las altas temperaturas pudiendo perder sus cualidades magnéticas.

En una máquina síncrona de imanes permanentes donde las

inductancias varían en función de la posición del rotor, un modelo de dos ejes (dq0) es comúnmente utilizado por simplicidad e intuición. Este modelo se consigue mediante una transformación la cual permite referir todas las variables a un marco de referencia común. Esta transformación, conocida como la Transformada de Park, fuerza a las inductancias que varían sinusoidalmente a ser constantes en el marco dq0. El modelo del PMSM en coordenadas dq0 ha sido utilizado para crear un modelo computacional para evaluar el comportamiento del PMSM bajo ciertas condiciones que son inherentes al utilizar la máquina para generación de electricidad mediante una turbina eólica. El propósito de esta investigación es presentar el modelo matemático del PMSM y su implementación en un modelo computacional utilizando el paquete de simulación SIMULINK, el cual es una extensión del programa MATLAB®.

2. Modelo Matemático del PMSM

El análisis del PMSM es similar al de una máquina síncrona clásica, siendo la excitación la única diferencia [2]. El estator de un PMSM y el de una máquina síncrona de rotor devanado son similares. Además, no existe diferencia entre la fuerza electromotriz producida por un imán permanente y la producida por una bobina excitada. De esta manera, el modelo matemático del PMSM es similar al de la máquina síncrona clásica.

A. Ecuaciones Eléctricas

Las ya conocidas ecuaciones de voltaje de la máquina síncrona clásica se encuentran reproducidas en su forma matricial en (1).

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = -R \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} - \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

Para referir los voltajes trifásicos abc al eje coordenado dq0, se utiliza la Transformada de Park

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_0 \end{bmatrix} = [T_{dq0}(\theta_q)] \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

donde,

$$[T_{dq0}(\theta_q)] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos\theta_q & \cos(\theta_q - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_q + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin\theta_q & -\sin(\theta_q - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_q + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

y su matriz inversa está dada por

$$[T_{dq0}(\theta_q)]^{-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_q & -\sin\theta_q & 1 \\ \cos(\theta_q - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_q - \frac{2\pi}{3}) & 1 \\ \cos(\theta_q + \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_q + \frac{2\pi}{3}) & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Realizada la transformación se puede escribir las ecuaciones dinámicas de voltaje del PMSM [3].

$$V_d = -Ri_d - \frac{d\lambda_d}{dt} - \omega\lambda_q \quad (5)$$

$$V_q = -Ri_q - \frac{d\lambda_q}{dt} + \omega\lambda_d \quad (6)$$

donde

$$\lambda_q = L_q i_q \quad (7)$$

y

$$\lambda_q = L_d i_d + \lambda_{PM} \quad (8)$$

donde λ_{PM} es el flujo debido a los imanes permanentes. Los circuitos equivalentes del PMSM se encuentran en Fig.1 y Fig. 2. Tanto para la derivación de las ecuaciones eléctricas y mecánicas, los términos de secuencia cero no serán considerados ya que se asumen condiciones balanceadas.

Despejando i_d e i_q de (5) y (6), respectivamente se tiene

$$i_d = \frac{1}{L_d} \int (-v_d - Ri_d - \omega L_q i_q) dt \quad (9)$$

$$i_q = \frac{1}{L_d} \int (-v_q - Ri_d + \omega L_d i_d + \omega \lambda_{PM}) dt \quad (10)$$

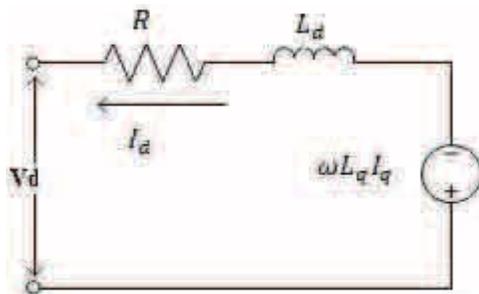


Fig. 1. Circuito equivalente del eje d

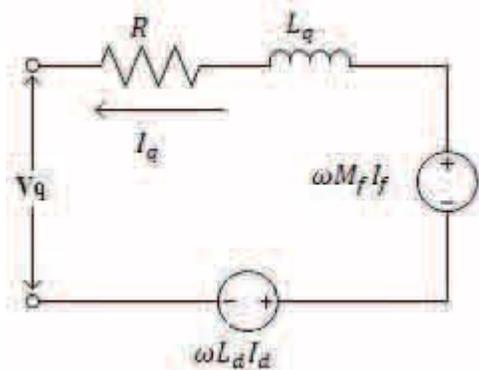


Fig. 2. Circuito equivalente del eje q

B. Ecuaciones Mecánicas

Las expresiones de par de la máquina, en el sistema coordenado $dq0$, pueden ser obtenidas de la potencia instantánea de salida del estator trifásico [4].

$$P = v_d i_d + v_b i_b + v_c i_c \quad (11)$$

Transformando estos voltajes y corrientes al sistema de coordenadas $dq0$, mediante (3), se obtiene la siguiente expresión

$$P = \frac{3}{2} v_d i_d + \frac{3}{2} v_q i_q + 3 v_0 i_0 \quad (12)$$

Reemplazando (5) y (6) en (12) da

$$P = -\frac{3}{2} R (i_q^2 + i_d^2) - \frac{3}{2} \left(\frac{d\lambda_q}{dt} i_q + \frac{d\lambda_d}{dt} i_d \right) + \frac{3}{2} \omega (\lambda_d i_q - \lambda_q i_d) \quad (13)$$

Eliminando de (13) los términos relacionados con las pérdidas eléctricas y la tasa de cambio en la energía magnética, se tiene que la componente mecánica de la potencia es

$$P_{em} = \frac{3}{2} \omega (\lambda_d i_q - \lambda_q i_d) \quad (14)$$

Para una máquina de P-polos, $\omega = (P/2)\omega_m$, donde ω_m es la velocidad del rotor en radianes mecánicos por segundo. De esta manera, la ecuación (14) para una máquina de P-polos también puede ser escrita así

$$P_{em} = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \omega_m (\lambda_d i_q - \lambda_q i_d) \quad (15)$$

Dividiendo la potencia electromecánica por la velocidad mecánica del rotor, se obtiene la siguiente expresión para el par electromecánico en una máquina de P-polos:

$$P_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_m} = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\lambda_d i_q - \lambda_q i_d) \quad (16)$$

Sustituyendo las ecuaciones (7) en (8) se tiene que el torque electromecánico (16) se puede escribir de la siguiente manera

$$P_{em} = \frac{3}{2} \frac{P}{2} = [\lambda_{PM} i_q + (L_d - L_q) i_q i_d] \quad (17)$$

Las fuerzas que actúan sobre el rotor se muestran en Fig. 3. El par neto de aceleración, $P_{em} + P_{mec} - P_{fric}$, se mueve en dirección a la rotación del rotor cuando está operando como motor y viceversa cuando está operando como generador. Aquí, P_{em} , el par desarrollado por la máquina, es positivo cuando la máquina trabaja como motor y negativo cuando está generando; P_{em} , el par mecánico aplicado externamente en la dirección de rotación, será negativo cuando la máquina opera como motor y será positivo cuando el rotor está siendo movido por un primo motor; y, P_{fric} , el par de fricción, actúa en dirección opuesta a la dirección de rotación del rotor. Igualando el par neto de aceleración al torque de inercia, se tiene que

$$J \frac{d\omega_m}{dt} = P_{em} + P_{mec} - P_{fric} \quad (18)$$

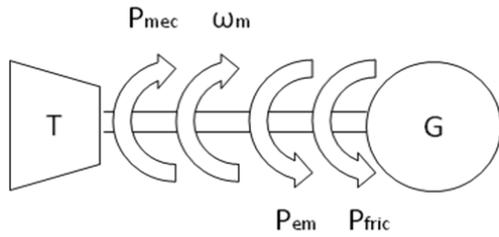


Fig. 3. Fuerzas que actúan sobre el rotor

3. Estructura del Programa

Las ecuaciones del modelo de la máquina síncrona de imanes permanentes derivadas en la sección anterior pueden ser implementadas en una simulación que usa voltajes como entrada y corrientes como salida. En Fig. 4 se muestra el flujo de variables dentro del programa. Las entradas más importantes de la simulación de la máquina son los voltajes de fase abc del estator, y los parámetros que el usuario introduce: la excitación que proveen los imanes permanentes, y el par mecánico aplicado al rotor. Los parámetros utilizados para la simulación se encuentran en la Tabla I.

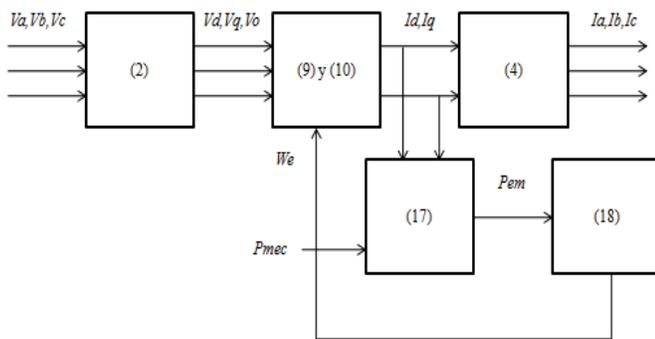


Fig. 4. Flujo de variables

TABLA I

PARÁMETROS DE LA MÁQUINA DE IMANES PERMANENTES

Símbolo	Nombre	Valor
V_{LL}	Voltaje Nominal	220 V
P	Número de Polos	4
R_s	Resistencia del Estator	2.875 Ω
λ_{PM}	Enlace de Flujo de los Imanes	0.175 Wb-vuelta
L_q	Inductancia del eje q	8.5 mH
L_d	Inductancia del eje d	8.5 mH
J	Inercia	0.0008 kg m ²
F	Coefficiente de fricción	0.001 N.m.s

En Fig. 5 se describe el modelo implementado en SIMULINK basado en el diagrama de flujo de variables descrito en Fig. 4. Para generar los voltajes trifásicos se tiene un reloj el cual se multiplica por una ganancia $\omega = 2\pi f$ (donde f es la frecuencia del sistema, 60 Hz) y la magnitud del voltaje. Estas dos cantidades son introducidas en tres funciones las cuales tienen como salida los voltajes

trifásicos balanceados. La transformación a coordenadas dq0 se realiza en el bloque de la Transformada de Park, sus salidas entran al bloque Rotor el cual se muestra en detalle en Fig. 6. El flujo de los imanes permanentes y la potencia mecánica externa también son introducidas al bloque Rotor mediante señales predeterminadas de las librerías de SIMULINK. Se introdujo unos interruptores manuales para que el usuario pueda elegir cuál condición de operación desea simular. En Fig. 7-9 se muestran otros bloques importantes.

Los resultados de la simulación son obtenidos mediante un enlace entre MATLAB y SIMULINK. Los bloques completamente negros son multiplexores, que toman diferentes entradas y su única salida es conectada a un bloque que interconecta con MATLAB mediante un código. Para la simulación se utilizó el integrador ode23s, un max y min step size de 0.01s y 0.001s respectivamente, durante 10 segundos.

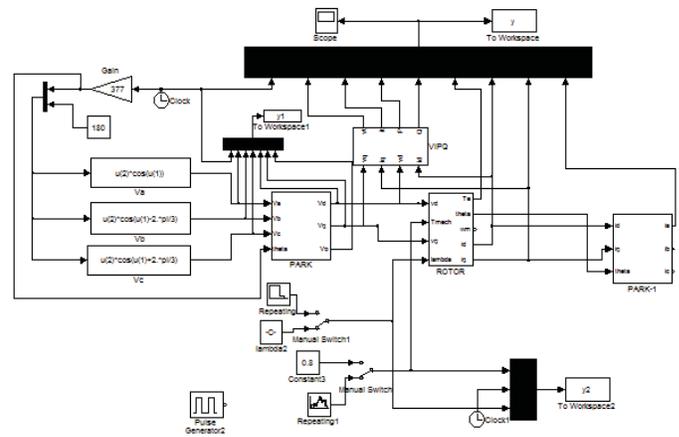


Fig. 5. Diagrama general del modelo en SIMULINK

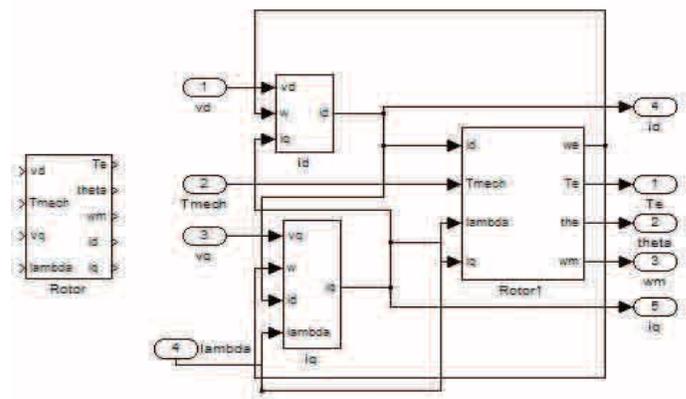


Fig. 6. Detalle del bloque Rotor

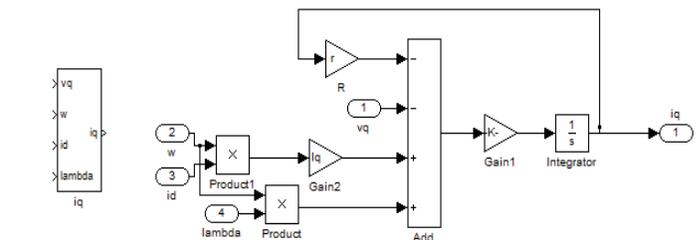


Fig. 7. Detalle del bloque Corriente del eje q

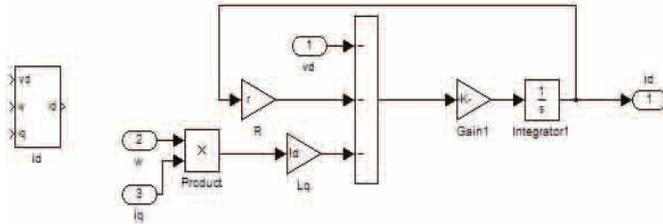


Fig. 8. Detalle del bloque Corriente del eje d

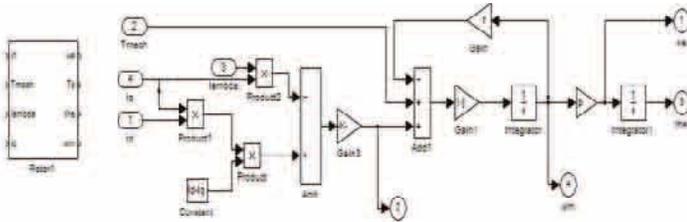


Fig. 9. Detalle del bloque de ecuaciones mecánicas

4. Resultados de la Simulación

La simulación del PMSM se realizó de dos maneras, primero con una entrada de par mecánico aplicado variable en forma de una onda diente de sierra y luego con una entrada de par mecánico que simula condiciones del viento.

En Fig. 10 se muestran los voltajes abc y $dq0$ del estator durante tres periodos de la onda de 60 Hz. Aquí se puede apreciar la utilidad de la transformada de Park ya que las formas de onda sinusoidales pasan a ser constantes. El voltaje del eje d es una constante que es igual al valor máximo de los voltajes abc , y los voltajes de los ejes q y 0 son ambos cero. Esto simplifica de gran manera el análisis dinámico de las máquinas eléctricas y también agiliza el tiempo de computación. Esto será así siempre que los voltajes en coordenadas abc sean balanceados, ya que de otra manera los voltajes q y 0 serán distintos de cero. Estos resultados fueron comparados con [5], y guardan concordancia con lo desarrollado este estudio. La única diferencia es que en este trabajo se utiliza la transformada de Park en notación como generador, que para condiciones balanceadas, los voltajes q y 0 son constantes iguales a cero, y en [5] se utilizó la notación como motor, entonces haciendo que los voltajes d y 0 sean nulos. Esto es esperado, ya que dependiendo de la definición, el orden de las variables d y q van a cambiar.

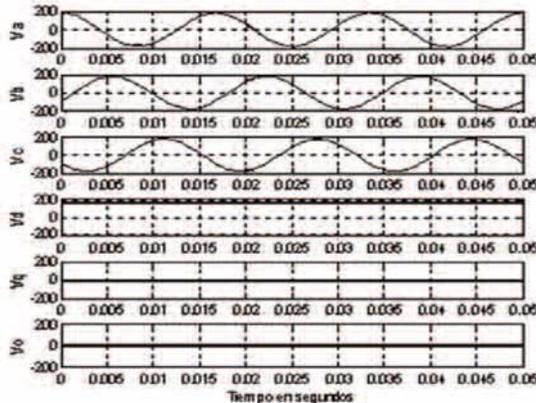


Fig. 10. Voltajes abc y $dq0$

Los cambios en la velocidad del viento también afectan a la potencia producida por la máquina de imanes permanentes. En Fig. 11 se muestra la forma de onda de la potencia generada, y se observa que ésta cambia de forma similar al par mecánico aplicado. En [6] se llegó a resultados similares y los mismos pueden ser comparados con los presentados aquí. En esta referencia las formas de onda de la potencia producida y de la velocidad del rotor cambian en forma similar, lo cual es de esperar ya que la corriente del estator es sensible a los cambios en la potencia mecánica de entrada. En Fig. 12 se muestra cómo varían las corrientes $dq0$ junto con la potencia de salida, lo cual guarda relación con lo esperado; se observa que la potencia entregada por el generador depende directamente de las variaciones en la energía del viento [7]. Estos resultados sugieren que para aplicaciones eólicas la máquina de imanes permanentes debe estar conectada a un convertidor de potencia para que la potencia de salida sea más estable.

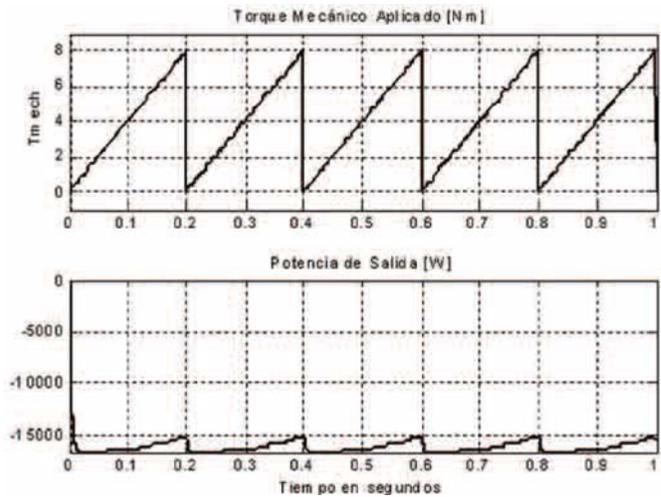


Fig. 11. Producción de potencia real de la máquina de imanes permanentes

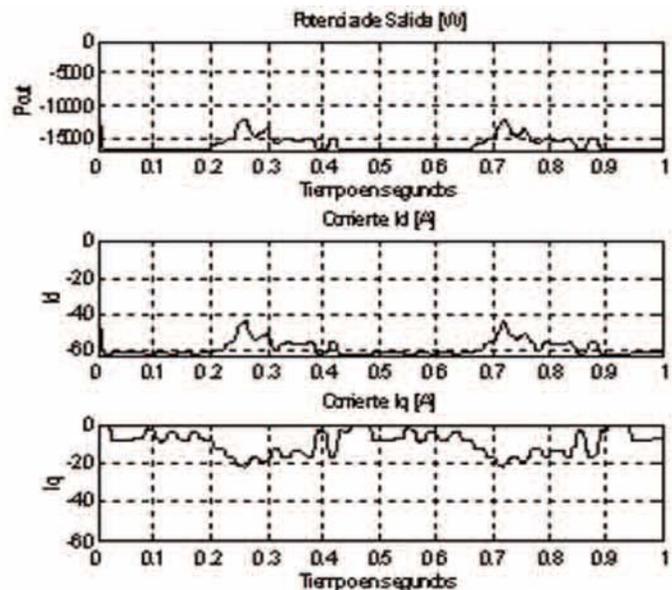


Fig. 12. Par desarrollado, corriente d y q con potencia de entrada variable.

5. Conclusión

El modelado dinámico de una máquina sincrónica de imanes permanentes ha sido desarrollado, el cual fue utilizado para implementar un modelo computacional utilizando SIMULINK. Este modelo fue utilizado para simular condiciones inherentes a aplicaciones eólicas. Los resultados de la simulación guardan relación con las referencias citadas, pero una validación con máquinas reales todavía queda pendiente. El modelo también puede ser utilizado para simular otros PMSM en condiciones distintas a las aquí presentadas, cambiando los parámetros de la máquina.

6. Referencias

- [1] Jacek F. Gieras y Mitchell Wing, Permanent Magnet Motor Technology, CRC, Second Edition, 2002.
- [2] Bhim Singh, B. P. Singh y S. Dwivedi, "A State of Art on Different Configurations of Permanent Magnet Brushless Machines", *The Institution of Engineers (India), Technical Journal*, Vol. 87, 2006.
- [3] Pragasan Pillay y R. Krishnan, "Modeling of Permanent Magnet Motor Drives" *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol 35, No. 4, November 1988.
- [4] Tomy Sebastian, Gordon R. Slemon y M.A. Rahman, "Modelling of Permanent Magnet Synchronous Motors", *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. Mag-22, No. 5, Septiembre 1986.
- [5] Chee-Mun Ong, Dynamic Simulations of Electric Machinery, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 1998.
- [6] Dmitry Svechkarenko, Simulations and Control of Direct Driven Permanent Magnet Synchronous Generator, Proyect Work, Royal Institute of Technology, Department of Electrical Engineering, Electrical Machines and Power Electronics, December, 2005.
- [7] Thomas P. Fuglseth, Modelling a 2.5 MW direct driven wind turbine with permanent magnet generator, Report for the final examination project of the Nordic PhD course on Wind Power, Norwegian University of Science and Technology, 2005.



CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

Unidad de investigación de la UTP



El Centro Experimental de Ingeniería mantiene un prestigio reconocido a nivel nacional e internacional y sus actividades siguen favoreciendo la academia, la investigación y la extensión de nuestra Universidad, contribuyendo de esta manera al desarrollo social, tecnológico y científico de la nación panameña.



Sistema de gestión de calidad bajo la Norma ISO 17025



Sede Tocumen, Vía Domingo Díaz, hacia el Aeropuerto.
Tel: 290-8408 Fax: 290-8410
Email: cei@utp.ac.pa

Dr.-Ing. Carlos A. Medina C.

Universidad Tecnológica de Panamá
carlos.medina@utp.ac.pa

En Biografías, queremos dar a conocer a grandes personajes que con su sed de conocimiento y su grandioso ingenio, han guiado el avance de la tecnología y han contribuido en forma positiva a la humanidad. En esta edición, presentamos a dos grandes creadores, cuyos inventos tuvieron y siguen teniendo un gran impacto en nuestras vidas diarias.

Alexander Graham Bell

Alexander Bell nació el 3 de marzo de 1847, en Edimburgo, Escocia, en el seno de una familia muy interesada en el estudio del sonido. Antes de ir a la escuela, Graham fue educado por su madre, quien era amante de la música y el arte. Desde los 16 años, Alexander enseñó elocución, y en 1865 concibió la idea de transmitir el habla en forma eléctrica.

En 1867 Graham Bell fue a Londres, Inglaterra, a ayudar a su padre en su escuela de elocución, y en su tiempo libre estudió anatomía y fisiología en la Universidad de Londres. En 1870, Graham y su familia se mudaron a Ontario, Canadá, y en 1872 él fundó una escuela para sordo-mudos en Boston, Massachussets, donde al año siguiente, fue nombrado profesor de Fisiología Vocal en la Universidad de Boston. Durante su estadía allí, conoció a la hija de un abogado prominente, quien de niña quedó sorda. Mientras enseñaba a la joven, ambos se hicieron muy cercanos y terminaron por casarse en 1877.

Un día, mientras Graham Bell esperaba en las oficinas del telégrafo de Boston, viendo las largas filas de personas esperando por una línea vacía, se le ocurrió un método para enviar hasta seis u ocho mensajes telegráficos a lo largo del mismo cable. Este método, llamado el telégrafo armónico, fue patentado en 1874. Mientras resolvía varios problemas en un sistema de sonido, Bell se dio cuenta de como las ondas de sonido en el aire podían hacer variar la intensidad de una corriente eléctrica en un alambre. Este era el descubrimiento que necesitaba para el teléfono.

En el Instituto de Tecnología de Massachussets, Graham Bell encontró un dispositivo llamado fonógrafo, el cual tenía una pieza para la boca en frente de una membrana estirada, la cual tenía cerdas adheridas. Las ondas de sonido de la voz hacían que la membrana vibrara, y las cerdas dibujaban un patrón de sonido sobre un vidrio ahumado. Entonces, de un estudio de cómo el oído humano usa el mismo principio, Bell aprendió como hacer un micrófono y un receptor sencillo que tradujera una corriente variable en sonido. Había creado el teléfono.

La patente de Bell para el teléfono se concedió en 1876, mientras él aún perfeccionaba el sistema.

En Marzo 10 de ese año, mientras ajustaba su equipo, Bell derramó ácido de batería en sus pantalones y de inmediato llamó a su asistente: "Mr. Watson, come here – I need you". Watson estaba

esperando en el otro terminal del circuito telefónico en otro piso del mismo edificio, pero escuchó el mensaje, las primeras palabras transmitidas por teléfono.



El teléfono fue dado a conocer en 1876 en la Exposición del Centenario en Filadelfia, e impresionó a todos. Para finales de 1876 ya eran posible las conversaciones entre la ciudad de Nueva York y Boston. La fama de Bell estaba asegurada, por lo que decidió fundar la Compañía de Teléfonos

Bell en 1877 para explotar su invento. En 1880, Bell recibió el premio Volta de la Academia Francesa de Ciencias, e invirtió el dinero obtenido con este premio en el desarrollo de un laboratorio en Washington, D.C. Allí, en colaboración con Charles Sumner Tainter, creó un dispositivo que utilizaba cristales de selenio para transmitir ondas de sonido por medio de un haz de luz. Lo llamó el fotófono. Esta fue la primera transmisión de radio verdadera, y un precursor de la fibra óptica.

En su nuevo laboratorio, Bell también trabajó en uno de los primeros sistemas de grabación de sonidos conocido, basado en imprimir un campo magnético para reproducir sonidos. Abandonó la idea al no poder construir un prototipo; sin embargo, esos principios básicos encontrarían aplicaciones prácticas casi un siglo más tarde, en las cintas magnéticas y las computadoras. Bell recibió 18 patentes individuales, y doce más con sus colaboradores, entre ellas 14 por el teléfono y telégrafo, cuatro por el fotófono, una por el fonógrafo, nueve por vehículos aéreos y dos por celdas de selenio. También se acredita a Bell la invención del detector de metales, en 1881.

Con el dinero de las patentes, Bell dio origen a la Oficina Volta para la investigación de la sordera.

En 1882, Bell creó un laboratorio en Cape Breton Island, Nova Scotia. Estaba fascinado con la idea de volar, incursionando en la aeronáutica. Diseñó y construyó grandes cometas, capaces de transportar a una persona; así como una hélice para despegar, anticipo éste del rotor del helicóptero. Su interés en el vuelo, también lo llevó a examinar la posibilidad de obtener una máquina voladora capaz de acuatizar, y con un grupo de socios, desarrolló el alerón del ala de un avión que permite controlar el balanceo. También inventó un dispositivo de aterrizaje de tres ruedas, el precursor del sistema que utilizan los aviones en la actualidad para despegar y aterrizar.

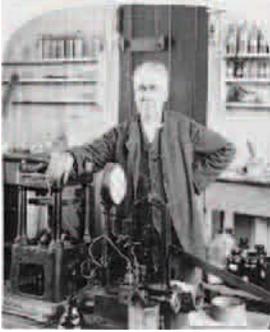


Posteriormente aplicaron los principios de la aeronáutica a la propulsión náutica, desarrollando el "HD-4", el barco más rápido del mundo durante varios años, que alcanzaba una velocidad de 113 km/h (en 1918).

Pero muchas de las ideas de Bell eran muy avanzadas para la tecnología disponible. Durante su vida, el invento que verdaderamente tuvo consecuencias sociales radicales fue el teléfono, y en 1915 Bell participó en la apertura de la primera línea telefónica transcontinental haciendo la primer llamada, nuevamente al Sr. Watson.

Bell murió en Baddeck, Nova Scotia, el 2 de agosto de 1922.

Thomas Alva Edison



1847-1931

Thomas Alva Edison ha sido uno de los inventores más famosos y prolíficos de todos los tiempos. Durante su vida, se emitieron más de mil patentes a su nombre y el de sus asociados. Era conocido como el mago de Menlo Park, el pueblo en New Jersey donde estableció su primera fábrica de inventos.

Aún cuando no era realmente un científico, no tenía teorías ni aplicaba formalmente las matemáticas, afectó

profundamente la tecnología de la sociedad moderna con su éxito al perfeccionar las ideas de otros o de invenciones ya existentes por ensayo y error.

La mente curiosa de Edison se mostró a temprana edad. Estaba lleno de preguntas, y se rehusó a aceptar algo a menos que pudiera probarlo por él mismo. Esta actitud, junto con el hecho de que no era bueno en matemáticas y que tenía problemas auditivos, llevaron a su expulsión de la escuela con la observación de sus maestros de que su cerebro estaba "aturrullado". De allí en adelante fue educado por su madre.

A los diez años de edad, ya había establecido un laboratorio de química en el sótano de su casa, y a los doce años, ya había montado un laboratorio y una prensa para impresión en un vagón de equipajes en un tren, lo que le permitía continuar su propia educación y hacer dinero vendiendo su propio periódico semanal, llamado "Grand Trunk Herald".

Un día salvó la vida del hijo de un oficial del ferrocarril, y en agradecimiento por su valor, el padre le enseñó a usar el telégrafo. Luego, sus servicios como telegrafista fueron requeridos durante la Guerra Civil Norteamericana, teniendo que viajar por todo el país, e incidentalmente estudiando electricidad. En 1868 realizó su primer invento: una máquina para contar los votos en el Congreso, pero éste la rechazó, porque no estaban interesados en acelerar las cosas, como buenos políticos. Edison decidió entonces, trabajar solamente en inventos que fueran comercialmente viables.

El primero de tales inventos fue una mejora en la máquina que transmitía los precios de la bolsa de valores. Era un momento particular en la historia de los EE.UU., cuando Wall Street y los grandes negocios eran más poderosos que el gobierno y se estaba en medio de una enorme expansión económica. El invento fue tan exitoso que Edison estableció una pequeña planta de manufactura para construir estas máquinas, la cual más tarde vendió con pingües ganancias. Esta fue la primera experiencia de la habilidad de Edison para ver lo que se necesitaba inventar antes de inventarlo. Luego, hizo mejoras al telégrafo, culminando en un sistema que permitía enviar cuatro mensajes en un solo cable. También hizo mejoras a la máquina de escribir.

Para 1876 Edison era rico y famoso. Renunció a la manufactura y montó su primera "fábrica de inventos", con empleados para ayudarlo a desarrollar ideas hasta un estado de comercialización. Sus primeros inventos fueron mejoras al teléfono de Alexander Graham Bell, incluyendo un micrófono. Estos inventos llevaron a Edison a una lucha sobre quién iba a explotar la invención de Bell.

En 1877, Edison produjo su invento más celebrado, el fonógrafo.

Este dispositivo usaba un tambor cubierto de latón que era movido a mano mientras una aguja marcaba surcos en el mismo. La primera grabación hecha fue la propia voz de Edison recitando "Mary had a little lamb". Antes de su construcción, ya Edison había escrito una lista de diez usos para la máquina grabadora de sonido. Él la concibió como una máquina de oficina útil, pero no previó la multimillonaria industria de la grabación que de ella derivaría.

En 1878, Edison, utilizando su método de ensayo y error, inició la investigación para el desarrollo de una bombilla de luz incandescente. Hizo miles de experimentos antes de tener éxito con un hilo de algodón carbonizado sellado en un vacío de forma que brillara sin consumirse.

Su equipo trabajó luego en los principios del sistema de generación y distribución de electricidad de corriente directa que hicieron prácticas las luces eléctricas en los hogares. En 1882, se inauguró la primera planta generadora de electricidad en Pearl Street, Nueva York. En ese tiempo, un antiguo socio de él, Nikola Tesla, desarrolló un sistema de corriente alterna para la competencia, la compañía Westinghouse, el cual eventualmente prevaleció sobre el sistema de corriente directa de Edison.

En 1883, uno de los ingenieros de Edison, William J. Hammer, hizo un descubrimiento, el cual posteriormente condujo al tubo de electrones. El descubrimiento se patentó como el "Efecto Edison". En ese tiempo, sin embargo, no parecía haber usos para sus propiedades. No fue hasta 1900 cuando el ingeniero eléctrico, John A. Fleming, descubrió y desarrolló su potencial en la radio.

En 1887, Edison se mudó a un laboratorio más grande en West Orange, New Jersey. En 1889 construyó una cámara filmadora de películas y luego estableció un pequeño estudio para hacer corto metrajes. Una vez más, los aspectos del entretenimiento de su invento no le atrajeron, y fue relegado finalmente a otros el desarrollo de la industria del cine.

En 1912 Edison recibió el premio Nobel junto con su antiguo socio, Tesla, por sus trabajos en la generación y suministro de electricidad, pero era tanta la animosidad entre ambos, que Tesla rehusó relacionar su nombre con el de Edison, y al final ninguno recibió el premio.

Sus trabajos continuaron, y Edison fue admitido a la Academia Nacional de Ciencias en 1927, y murió en 1931.

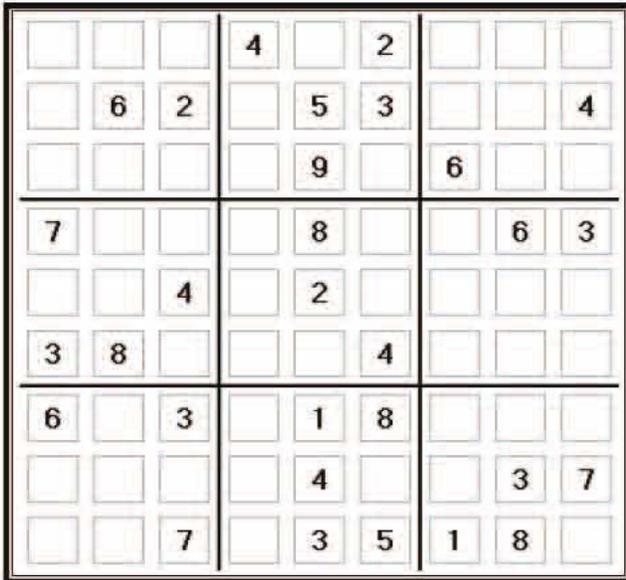
Referencias

- [1] Alexander Graham Bell, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Graham_Bell, citado 10 de noviembre de 2008.
- [2] Fascinating facts about Alexander Graham Bell inventor of the telephone in 1876. <http://www.ideafinder.com/history/inventors/bell.htm>, citado 11 de noviembre de 2008.
- [3] The New How It Works Encyclopedia, Bell, Alexander Graham, Vol.24, pp. 3218-3219, Publ. H.S. Stuttman Inc., U.S.A. 1989
- [4] Thomas Alva Edison, <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/edison.htm>, citado 13 de noviembre de 2008.
- [5] The New How It Works Encyclopedia, Edison, Thomas Alva, Vol.24 , pp. 3257-3258, Publ. H.S. Stuttman Inc., U.S.A. 1989

Sudoku

Instrucciones

Tienes que completar todas las casillas existentes, teniendo en cuenta que no pueden coincidir 2 números iguales en la misma fila o en la misma columna, o dentro de un mismo cuadrante 3x3. Tan solo puedes rellenar números del 1 al 9 (inclusive).



Trivias

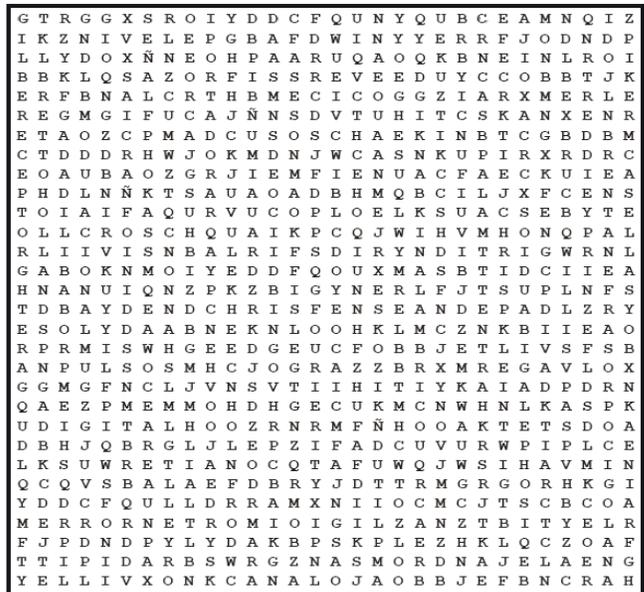
¿Sabías que...

- El logo de Cisco, es un pulso digital visto en el dominio de la frecuencia.
- El 90% de las redes en el mundo, tienen plataforma Cisco.
- Alguna vez, Bill Gates dijo que 600 kB de almacenamiento serían excesivos para el usuario común.
- La torre de telecomunicaciones autosoportada más alta del mundo, que dominará Tokio desde sus 610 metros de altura a partir de 2011, se llamará Tokyo Sky Tree ('El árbol del cielo de Tokio'), anunciaron sus promotores. En la torre se colocarán los emisores de las cadenas de televisión. El fin de su construcción en 2011 debe coincidir con el paso integral a la televisión digital tras la extinción de las señales analógicas actualmente difundidas desde la quincuagenaria Tokyo Tower.
- El primer envío de SMS se realizó el 3 de diciembre de 1992 desde un ordenador a un teléfono móvil. Fue en el Reino Unido, por técnicos de la red de Vodafone y el mensaje simplemente decía "Feliz Navidad". Todo un presagio.
- El servicio SMS fue diseñado para el envío de mensajes por parte de las operadoras a sus usuarios, era unidireccional. Fue la compañía Nokia la que creó un protocolo que permitía enviar mensajes de un teléfono a otro.
- Un teléfono móvil en Birmania ya "sólo" cuesta 1,400 dólares, después de que las numerosas nuevas licencias autorizadas por la Junta Militar provocaran un fuerte descenso en el precio de estos aparatos. El régimen decidió relajar su férreo control sobre

los móviles para promover el desarrollo de las telecomunicaciones. Así, el precio de los terminales se ha reducido desde los 2,280 dólares que antes costaba el modelo más barato, hasta los 1.400 dólares actuales, en una de las naciones más pobres del mundo y cuya renta per cápita anual no supera los 220 dólares.

- La Comunidad de Agentes de Riego de Picassent (Valencia) están renovando sus instalaciones de riego por goteo, incorporando la tecnología inalámbrica WIFI para controlar los procesos de riego, fertilización y abonado automático de sus cítricos. Las mismas fuentes señalan que se ha creado una red de comunicaciones inalámbricas capaz de transmitir a las bombas de riego las órdenes de tiempo, volumen de fertilizantes o pesticidas desde un ordenador central situado en el edificio del ayuntamiento de Picassent.

Sopa de letras



Palabras

- Amplitud
- Binario
- Encriptado
- Fourier
- Modulación
- Ruido
- Nivel
- Potencia
- Canal
- Simbolo
- Analógico
- Bit
- Comunicación
- Error

- Frecuencia
- Nyquist
- Señal
- Probabilidad
- Energía
- Periódico
- Baudios
- BPS
- Digital
- Fase
- Inalámbrico
- Pulsos
- Receptor
- Portadora
- BER
- Shannon

Balanceo de carga: Se refiere a la técnica usada para compartir el trabajo a realizar entre varios procesadores u otros recursos.

Banda S: rango de frecuencias que va desde los 2.0 a los 4.0 GHz, cruzando el límite imaginario entre el UHF y el SHF a 3.0 GHz. Es parte de la banda de microondas del espectro electromagnético. La banda S es utilizada por radares meteorológicos y algunos satélites de comunicaciones.

Bit stuffing: En transmisión de datos es el procedimiento de inserción de bits que no son de información entre bits de datos para rellenar tramas, lograr una velocidad deseada o romper secuencias de bits que corresponden a palabras reservadas. Un tipo particular de bit stuffing es la inserción de un bit 0 [cero] cada cinco bits 1 [uno] consecutivos.

Coexistencia: Existencia de múltiples sistemas de transmisión de datos sobre una misma red eléctrica con asignaciones de periodos en tiempos diferentes para las comunicaciones de cada sistema.

Crominancia: es la componente de la señal de vídeo que contiene las informaciones del color. El color o croma esta definido por dos magnitudes, la saturación, que nos da la cantidad de color y el tinte [en inglés hue] que nos dice qué color es. La idea de la transmisión del color en televisión como crominancia y luminancia se debe a Georges Valensi y fue expuesta en 1938.

Desmultiplexación: Recuperación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado demultiplexor.

Deserialización: Considere inicialmente el concepto de serialización, el cual se refiere a la obtención de una forma lineal adecuada para ser almacenada en disco, o para transmitirla en un mensaje. La deserialización consiste en volver a llevar esa forma lineal a la forma original del objeto.

Dirección MAC [Media Access Control address]: Dirección de control de acceso al medio, es un identificador de 48 bits [6 bytes] que corresponde de forma única a una tarjeta o interfaz de red. Es individual, cada dispositivo tiene su propia dirección MAC determinada y configurada por el IEEE [los últimos 24 bits] y el fabricante [los primeros 24 bits] utilizando el OUI.

Las direcciones MAC son únicas a nivel mundial, puesto que son escritas directamente, en forma binaria, en el hardware en su momento de fabricación.

Elocución: Disciplina formal surgida en el siglo XVIII que estudia el habla formal en pronunciación, gramática, estilo y tono.

Enrutador: es un dispositivo de hardware para interconexión de que permite asegurar el enrutamiento de paquetes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos entre los elementos e una red.

Intervalo de guarda: Consiste en habilitar un cierto intervalo temporal que se añade al intervalo de tiempo necesario para la

transmisión de un supersímbolo. Esta técnica se emplea en la modulación para evitar que un símbolo se vea afectado por otro.

Multiplexar: Combinar fuentes independientes de información (dos o más señales), de manera que puedan transmitirse por un solo canal de comunicación.

Paquetes: Pequeñas unidades en las que se envían secuencias de datos dentro de una red de transmisión. Cada paquete se pasa de nodo en nodo en la red siguiendo algún camino entre la estación de origen y la de destino.

Protocolo: Serie de reglas o convenciones mediante las cuales se comunican entidades que forman una red intercambiando bloques de datos.

Pseudodistancias: no es la verdadera distancia entre el receptor y el satélite, sino que está afectada: de los errores (estados) del reloj del satélite y del reloj del receptor.

Pseudoruido: Un código de pseudoruido es una secuencia binaria representada con valores -1 y 1 (polar) ó 0 y 1 (no polar), que posee propiedades similares a la del ruido. Esto determina valores pequeños de correlación entre los códigos y la dificultad de bloqueo o detección de una señal de información por un usuario no deseado.

QoS o Calidad de Servicio (Quality of Service): Tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (throughput).

Redes Ad Hoc: Es una red inalámbrica dinámica establecida mediante las comunicaciones de tipo P2P entre nodos móviles sin la ayuda de una infraestructura como por ejemplo cables.

Solapamiento (aliasing): distorsión no deseada que aparece cuando la frecuencia de muestreo de una señal es demasiado baja para reproducir fielmente los detalles de la señal original. Por ejemplo, aliasing temporal - los radios de la rueda de un vagón que aparentemente giran en sentido contrario; aliasing de barrido - efectos de parpadeo en contornos muy marcados tales como líneas horizontales.

Triple Play: Se le llama triple play a la capacidad de distribuir señales de Televisión, Internet y Telefonía simultáneamente en un mismo servicio.

Video bajo demanda: Sistema de televisión que permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada.

VoIP [Voice over Internet Protocol]: Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla (en forma digital o analógica) a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional o Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).



UTP VIRTUAL

Aplica las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en los procesos de formación integral y capacitación permanente del recurso humano, en las diversas áreas académicas, de investigación y extensión que ejecuta la Universidad Tecnológica de Panamá.



Sede Central: Campus Víctor Levi Sasso, Edificio No. 3, 3er. Piso
Tel: 560-3618 / 3654 / 3663. Fax: 560-3619
Email: infovirtual@utp.ac.pa

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ



La Dirección de Investigación de la Universidad Tecnológica de Panamá tiene entre sus objetivos desarrollar las políticas en materia de investigación, así como, promover y propiciar la ejecución de proyectos de investigación básica y aplicada, que coadyuven al desarrollo nacional. Con tal fin la Dirección de Investigación lleva a cabo actividades periódicas, entre las que se destacan:

- Capacitaciones sobre formulación de propuestas de investigación dirigida a docentes e investigadores.
- Registro y seguimiento de investigadores e investigaciones, para ofrecer un apoyo efectivo a la gestión de las mismas.
- Divulgación de investigaciones, identificación de oportunidades de financiamiento y fomento de la vinculación universidad empresa.
- Jornadas de capacitación para el fortalecimiento de áreas científicas fundamentales.

Con el apoyo administrativo de La Dirección de Investigación y gracias al financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y del SINIP, se desarrollan un número significativo de proyectos de Investigación en las áreas de Transporte y Logística, Energías Renovables, Biocombustibles y Tecnologías de la Información y la Comunicación, que tratan temas tales como, el modelado, análisis y optimización del sistema de transporte en la Ciudad de Panamá, el desarrollo de sistemas híbridos de generación eléctrica para aplicaciones en áreas rurales y la creación de entornos virtuales para colaboración internacional y para la enseñanza de las ciencias básicas y la ingeniería.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

DIRECCIÓN DE COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA

Convoca al:

Premio Nacional de Prensa Científica y Tecnológica
UTP - SENACYT

“Ciencia, Tecnología e Innovación
para el Desarrollo Nacional”

CATEGORÍAS:

Prensa escrita, radial y televisiva.



OBJETIVOS DEL CONCURSO:

Este concurso se desarrolla para motivar, incentivar y promover el periodismo investigativo y especializado en los temas de Ciencia y Tecnología

FECHA LÍMITE PARA ENTREGA DE PROPUESTAS

Martes 11 de noviembre de 2009, a las 4:00 p.m.

PREMIOS

Al autor de cada trabajo periodístico seleccionado como ganador se le otorgará un premio único de mil balboas (B/.1,000.00) por categoría.

¿CÓMO PUEDES PARTICIPAR EN EL CONCURSO?

Puedes participar llenando el Formulario de Inscripción del Concurso, y presentando la documentación requerida en la Dirección de Comunicación Estratégica de la UTP, ubicada en el Edificio de Postgrado, Campus Víctor Levi Sasso, Tumba Muerto, Vía Estadio Nacional.

CONTACTOS

Teléfonos: 560-3204 / 560-3206

Email: dicomes@utp.ac.pa



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ



vida utp

www.utp.ac.pa

*“Camino a la excelencia
a través del mejoramiento continuo”.*

Correspondencia y comentarios: prisma@utp.ac.pa