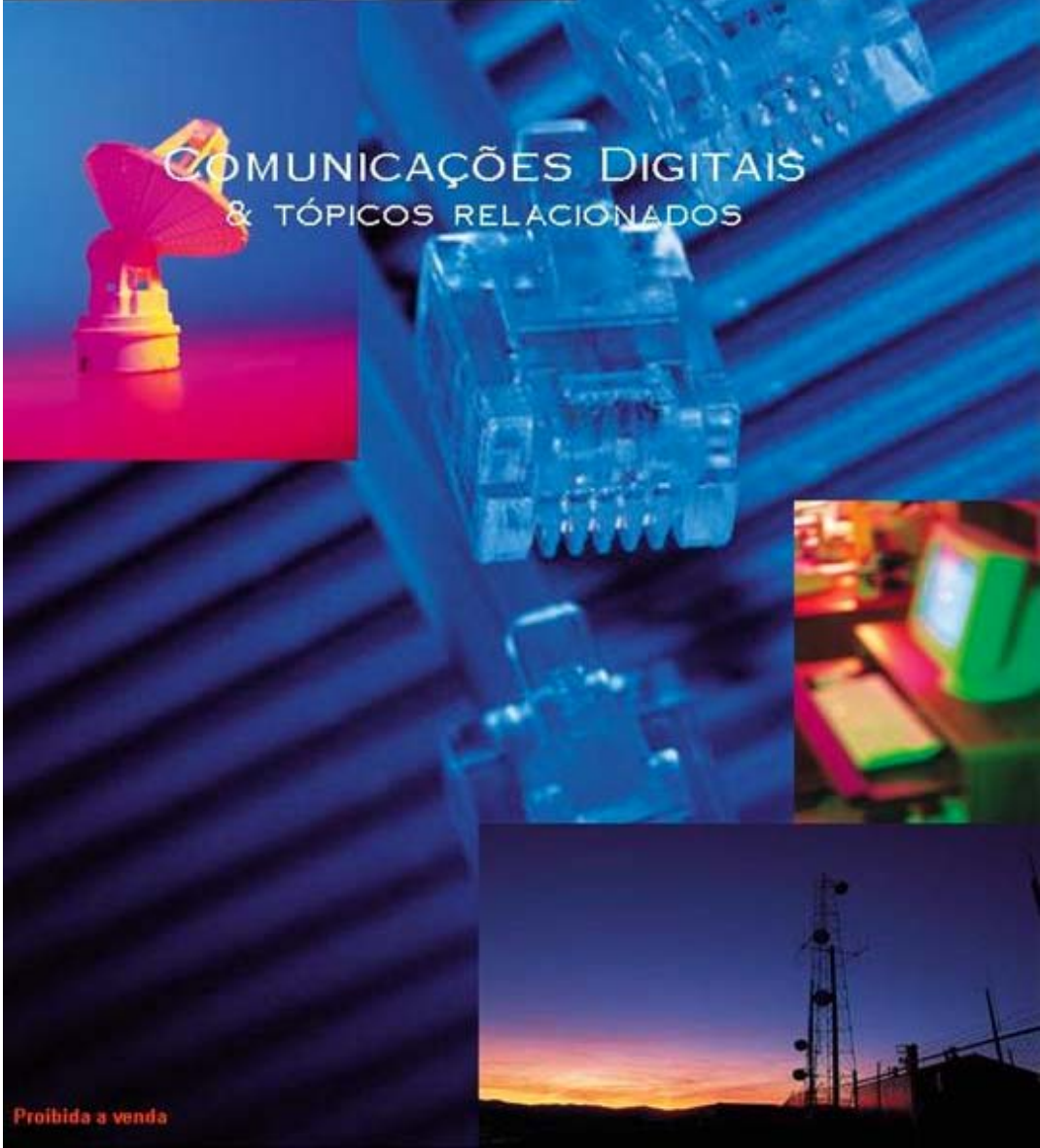




REVISTA DIGITAL

Volume 3, agosto de 2004
ISSN 1679 - 4389

www.revdigonline.com



COMUNICAÇÕES DIGITAIS & TÓPICOS RELACIONADOS

Proibida a venda

ÍNDICE

Nota Editorial.....	3
A tecnologia do Processador Digital de Sinal (PDS) aplicada ao Rádio Definido por Software (RDS) – 3G.....	4
Perda de penetração em paredes largas e divisórias.....	10
Modulação COFDM – Uma proposta atrativa para os padrões de TV Digital....	15
Perspectivas de Segurança da Informação em 2004.....	18
Variações dos sinais GPS na propagação transionosférica, afetando os futuros sistemas de rádio-navegação Aeronáutica.....	23
Antenas multibanda para Rádio Definido por Software: possibilidades e limitações.....	32

NOTA DO EDITOR

No segundo volume de 2004, a Revista Digital Online traz diversos temas abordando a área de telecomunicações, entre eles: Rádio Definido por Software, propagação *indoor* e TV Digital. Complementando, estão sendo publicados os “Papos do Mês” do primeiro semestre

Boa leitura!

André Gustavo Monteiro Lima
glima@revdigonline.com

A TECNOLOGIA DO PROCESSADOR DIGITAL DE SINAL (PDS) APLICADA AO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE (RDS) – 3G

RIVALDO GUEDES CORRÊA JÚNIOR
JANSEN CARLOS DE OLIVEIRA

Engenharia de Telecomunicações/Computação
Instituto de Educação Superior de Brasília - IESB

<http://www.iesb.br>

e-mails:

rivaldo.correa@ig.com.br / jans.c@terra.com.br

Resumo – Este artigo tem por objetivo conceituar a Tecnologia de Rádio Definido por Software (RDS), bem como os Processadores Digitais de Sinais (PDS) e as aplicações potenciais destes dispositivos nessa nova tecnologia de comunicações RF. Propõe-se uma breve descrição da tecnologia RDS, comparando o modelo de comunicações através do sistema convencional totalmente implementado por hardware (RDH) com a tecnologia RDS. Também neste artigo abordaremos o tratamento do sinal RF pela arquitetura RDS Ideal e os desafios a serem transpostos nos próximos anos.

Abstract – The goal of this article is to define the Technology of the Software Defined Radio (SDR), also the Digital Signal Processor (DSP) and the commercial applications of those devices for that new technology of RF communications. It is considered here a brief description of the SDR Technology, the model of communications across conventional system totally implemented by hardware (HDR) comparing to the SDR Technology. We also mention the RF signal treatment RF by the SDR ideal architecture and the challenges to be get over in the next years.

Keywords – Software Defined Radio, SDR, Digital Signal Processor, DSP.

1 Introdução

Durante os anos setenta, observou-se a proliferação dos semicondutores. Nos anos oitenta, veio a década das memórias dinâmicas (DRAM), caracterizada pelos fabricantes de semicondutores que aperfeiçoaram suas tecnologias para permitir o aumento na capacidade das memórias. Os anos noventa podem ser lembrados como a era dos microprocessadores. Agora, com o rápido crescimento de altas tecnologias, evolui-se cada vez mais para uma era digital e os Processadores Digitais de Sinal (PDS) estão no centro desta evolução [1].

Por outro lado, tanto os avanços referentes à microeletrônica quanto a arquitetura de redes vêm tendo conseqüências importantes para a tecnologia do rádio. A utilização da tecnologia digital promete trazer para a comunicação sem fio a mesma convergência já alcançada pela comunicação com fio. No caso do rádio, esta integração digital em grande escala inclui a interoperabilidade entre sub-redes com e sem fio.

Rádio Definido por Software (RDS) é um exemplo de tecnologia de rádio que apresenta um grande potencial para os serviços de comunicações sem fios, sobretudo a 3G, havendo um grande interesse na implementação de arquiteturas de “Rádio Software” em projetos que necessitam de diferentes interfaces em sua infra-estrutura.

2 Conceitos RDS

O Rádio Definido por Software (RDS) utiliza dispositivos digitais programáveis para prover o processamento de sinal necessário para transmitir e receber informações em banda base de RF. Dispositivos como os PDS e também os FPGA (field programmable gate arrays) utilizam software para prover a capacidade necessária de processamento de sinais. Esta tecnologia oferece grande flexibilidade e longa vida potencial do produto, uma vez que o rádio pode ser atualizado por software [2].

Um grande desafio para o RDS, talvez o maior deles, é igualar a eficiência de soluções que apresentam somente hardware e ao mesmo tempo prover a flexibilidade e inteligência que o software pode oferecer.

Assim, a próxima explosão em comunicações por rádio será provocada pela telefonia móvel celular, impulsionando grandes investimentos em RDS.

Nesse sentido, todos os sistemas 3G são aplicações potenciais de RDS. Esta tecnologia oferece o potencial de solucionar muitos dos problemas provocados pela proliferação de novas interfaces aéreas. Estações base e terminais utilizando arquiteturas RDS poderão suportar múltiplas interfaces aéreas durante períodos de transição e poderão facilmente serem atualizadas via software. RDS's inteligentes poderão detectar e adaptar-se a interface aérea local. Tal capacidade poderá ser valiosa em viagens por diferentes regiões de um país de dimensões continentais, como Brasil, EUA, China e Rússia por exemplo, ou ainda em viagens por diversos países e continentes utilizando diferentes tecnologias de comunicação móvel.

2.1 A arquitetura Tradicional do Rádio Definido por Hardware

A figura 1 ilustra a arquitetura tradicional de rádio definido por hardware, a qual apresenta uma conversão dual utilizando "super-heterodyne transceiver". Este modelo foi criado na década de 30 do século passado e é certamente, ainda, a mais utilizada em muitas aplicações de comunicações tais como broadcast de rádio e de televisão [2].

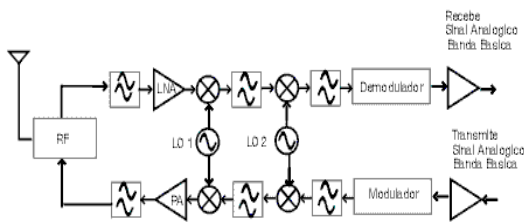


Figura 1 – Arquitetura tradicional de Rádio por Hardware

2.1.1 Como funciona o RDH?

A partir do recebimento do sinal RF através da antena é feita uma conversão para frequência intermediária mais baixa misturando ou multiplicando o sinal de entrada com um oscilador local, LO1. O sinal é então filtrado e novamente abaixado para uma frequência de banda base pelo segundo oscilador, LO2. Esses osciladores são comumente implementados por PLL - "Phase-Locked Loop" [4]. O sinal de banda base

modulado é então demodulado para produzir um receptor analógico e as funções recíprocas são implementadas no transmissor. O número de estágios de conversão executados depende da frequência de operação do RF, e, teoricamente, é possível adicionar estágios e 'puxar' para a banda base os sinais de alta frequência. O rádio super-heteródino analógico ainda é largamente utilizado com sucesso; ele foi utilizado nos sistemas de telefonia móvel 1G como o AMPS (Advanced Mobile Phone Systems), utiliza também "frequency modulation" (FM) e "frequency division multiplexing" (FDM) para permitir a múltiplos usuários o acesso a uma faixa específica de espectro. O sistema AMPS aloca uma faixa de espectro de 30 kHz para cada usuário.

2.2 A Arquitetura Ideal do Rádio Definido por Software

Na arquitetura ideal do RDS ilustrada na figura 2 visualiza-se a separação entre dois subsistemas distintos, um analógico e outro digital. As funções analógicas são restritas de tal forma que não podem ser executadas numa plataforma digital, e é formada por uma antena, um misturador de RF, um amplificador de potência e outro de

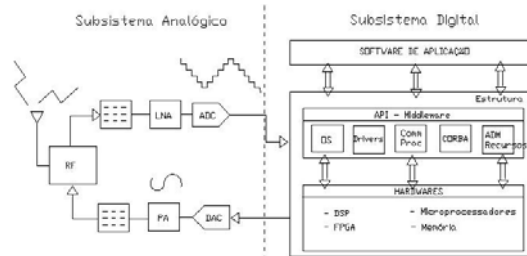


Figura 2 – Arquitetura do RDS Ideal implementado por hardware e software

baixo ruído, além de conversores AD/DA [2].

2.2.1 Como funciona o RDS?

O subsistema analógico recebe um sinal RF da antena. Ele é encaminhado ao amplificador de baixo ruído LNA (Low Noise Amplificator), que regenera o sinal e o encaminha para o subsistema digital, onde ele é digitalizado e abaixado para uma frequência intermediária. A separação das portadoras e a conversão das frequências altas e/ou baixas para a banda base são executadas pelos recursos de processamento digital do PDS implementado na solução. De forma similar, a codificação

de canal e as funções de modulação são executadas digitalmente em banda base pelos mesmos recursos do PDS.

Na transmissão, o sinal processado digitalmente é encaminhando novamente para o subsistema analógico, sua frequência é elevada à frequência de RF, passando pelo amplificador de potência e transmitido à antena.

No subsistema digital existe uma completa abstração do hardware que é feita de tal forma que se divide em três camadas:

- Hardware: PDS, FPGA, memórias, microprocessadores, etc.
- Middleware: Conjunto de aplicações onde todos possuem a mesma funcionalidade, formando a Interface de aplicação dos programas (API), composta pelo sistema operacional, “drivers”, comunicação entre processos, CORBA (Common Object Request Broker Architecture) e administração dos recursos.
- Software de aplicação: é a camada que vai comunicar-se com a API, favorecendo o desenvolvimento de algoritmos complexos, sem preocupação com o hardware.

3 Conceitos PDS

PDS é um processador especialmente projetado para aplicações em processamentos digitais de sinais.

A maioria dos sinais na natureza são analógicos em sua forma, o que significa dizer que variam continuamente no tempo e representam as variações de quantidades físicas como ondas de som. Por outro lado, os sinais usados em PDS são derivados de formas analógicas, os quais foram previamente amostrados em intervalos de tempo e convertidos na forma digital.

Os PDS representam hoje o segmento que mais cresce no mercado de semicondutores, tornando-se um dos propulsores da Indústria microeletrônica [1], [3].

Sua grande eficiência para operações em tempo real, sua velocidade superior aos microprocessadores para aplicações genéricas e a alta capacidade de processar números num curto período de tempo, mudou a visão do mercado, principalmente nas aplicações que envolvem a necessidade de tratamento digital de sinais analógicos, como som e imagem.

3.1 Aplicações dos PDS

Tradicionalmente, a infra-estrutura dos projetos sem fio para tecnologia de rádio é implementada com uma combinação entre os dispositivos ASIC (Application Specific Integrated Circuits), PDS e FPGA. Nestes projetos tanto o ASIC como o FPGA são utilizados para algoritmos de codificações avançadas tais como “Reed Solomon”, “Viterbi” e com funcionalidades de receptor “rake”, enquanto o PDS manipula o processamento do “vocoding” (transmissão de um conjunto de parâmetros característicos do sinal de voz que possibilitem a sua futura síntese no receptor) e executa outros processamentos de voz [3].

3.1.1 GSM – O PDS Na Telefonia Móvel 3G

O GSM, sistema global para comunicações móveis, é o padrão digital para telefonia móvel amplamente utilizada na Europa e cuja presença está aumentando na América Latina, inclusive no Brasil, onde foi adotado para os serviços das bandas C, D e E. Suas especificações são abertas e favorecem a mobilidade do usuário como “roaming” e “handover” entre células [3]. O padrão GSM está sendo desenvolvido para incorporar os serviços multimídia previstos no 3G.

A tecnologia GSM também utiliza a divisão por tempo, mas, ao contrário do TDMA, oferece um caminho para o 3G [2]. O GSM está começando a surgir na América Latina, sendo consolidada rapidamente e constitui o elemento central da estratégia global de várias operadoras de grande porte. Tanto aqui na América Latina quanto na América do Norte algumas operadoras importantes de TDMA seguiram o exemplo da AT&T, que está sobrepondo GSM à sua rede TDMA, nos Estados Unidos. No Brasil, a decisão da Anatel de reservar a faixa de 1.800 MHz para PCS (conhecida como SMP no Brasil) deu maior dinamismo ao desenvolvimento do GSM. A trajetória de atualização ou migração de GSM para o 3G começa com GPRS (General Packet Radio Service), que agrega a transmissão de dados em pacotes às redes GSM existentes. As operadoras podem implementar GPRS acrescentando novos nós de comutação de pacotes e efetuando “upgrades” na infra-estrutura existente, para estabelecer redes de transportes de dados em pacotes.

O GSM é um sistema celular, com arquitetura aberta, que utiliza transmissão digital baseada na banda de 900 MHz,

especificada pelo ETSI (European Telecommunications Standards Institute), com método de acesso TDMA.

O GSM utiliza um formato de modulação digital chamado de 0,3GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

O 0,3G descreve a Banda do Filtro Gaussiano de pré-modulação utilizado para reduzir o espectro do sinal modulado.

MSK (Minimum Shift Keying) é um tipo especial de modulação FSK (Frequency Shift Keying) onde 1's e 0's são representados por deslocamentos na frequência da portadora de RF [5].

O GSM tem evoluído desde que foi introduzido:

- Fase 1 compressão de voz a 13 Kb/s.
- Fase 2 introduziu 5.6 Kb/s (half rate) e otimização do sistema de compressão de voz.

Na evolução do GSM, a implementação com ASIC tornou-se mais cara e arriscada, pois os sistemas evoluem rapidamente e muitas vezes é difícil especificar mudanças durante o projeto, existindo assim a necessidade de se ter um caminho para modificações de sistemas em fases futuras do projeto, ou seja, o ASIC não pode facilmente adaptar-se a diferentes "front-end" RF para se ajustar a diferentes mercados e padrões, o que favoreceu a utilização dos PDS. Os PDS também apresentam algumas vantagens quando se trata de retirar eco, ruído, reconhecimento de voz e melhor equalização.

A figura 3 representa o diagrama de blocos da arquitetura GSM. Podemos observar neste diagrama que muitas das funcionalidades dessa arquitetura podem ser implementadas via PDS (ver figura 4), com significativos ganhos de desempenho, flexibilidade e interoperabilidade. Adicionalmente poderíamos, teoricamente, agregar as funcionalidades do RDS à

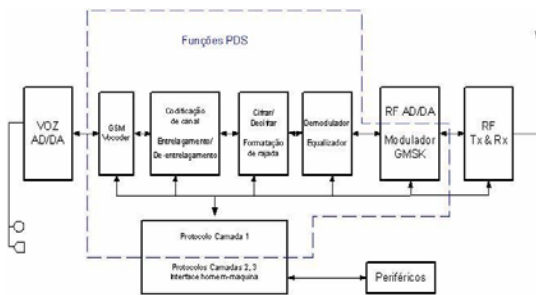


Figura 3 - Arquitetura GSM - handset padrão

arquitetura GSM, implementando um subsistema digital composto por um middleware e software de aplicação interfaceado com o PDS onde as implementações GSM estariam incorporadas.

A figura 4 apresenta o modelo proposto para a implementação das funcionalidades RDS/PDS na implementação do handset GSM.

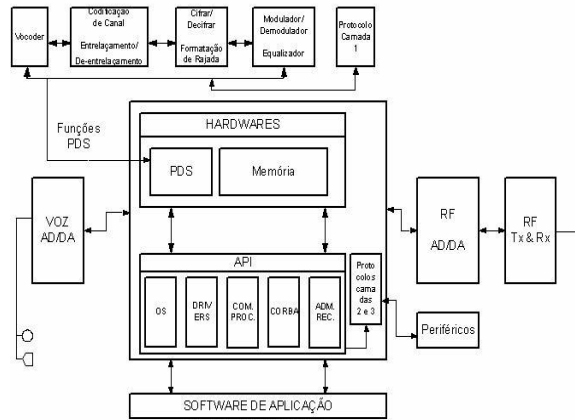


Figura 4 - Modelo proposto para implementação de RDS e PDS na arquitetura GSM.

3.1.2 Como funcionaria este modelo?

Foi visto anteriormente que o núcleo do "handset" GSM poderia ser implementado dentro de um PDS customizado para consolidar as execuções dos processos de codificação de voz, codificação de canal, entrelaçamento, encriptação, formatação de rajadas (definição do tratamento da sinalização do sistema), modulador, demodulador e equalizador, conforme demonstrado na figura 3.

Vimos ainda que o subsistema digital do RDS estabelece a comunicação do PDS com o software de aplicação por meio de um middleware e que o hardware implementado no RDS pode conter além do próprio PDS, outro microprocessador auxiliar e memória externa.

Nessa arquitetura hipotética o sinal RF recebido da antena é encaminhado ao conversor A/D, o sinal é demodulado, decifrado e encaminhado ao Vocoder. Estes processos são efetuados internamente no PDS em pacotes encapsulados num protocolo de camada 1. A partir daí o sinal é enviado a um conversor D/A e daí para a interface do usuário (alto falante e microfone).

A transmissão do sinal é feita no caminho inverso, passando pelo conversor A/D, deste ao “Vocoder”, novamente cifrado, equalizado, modulado, convertido novamente em RF analógico e finalmente encaminhado à antena.

Os periféricos do aparelho comunicam-se com o núcleo do “handset” por meio de protocolos das camadas 2 e 3, que permeiam o “middleware”, o qual contém o conjunto de aplicações (API) que dão ao aparelho as funcionalidades exigidas pela operadora do sistema e também pelo usuário.

O software de aplicação comunica-se com o hardware por meio do middleware implementado no sistema utilizando os mesmos protocolos camadas 2 e 3.

Esse modelo agregaria ao sistema GSM as funcionalidades do RDS tais como a flexibilidade para operação em qualquer espectro de frequência, a reconfiguração do aparelho sem a necessidade de intervenções técnicas, a interoperabilidade do modelo, operação em multi-banda e até mesmo a transmissão de imagens utilizando compressão implementada no PDS.

3.2 Arquiteturas PDS atuais

A figura 5 mostra o diagrama de bloco do C5509 da Texas Instruments. O núcleo da série C55X é comumente usado no GSM “Extended Full Rate Vocoder”, no codificador convolucional e no CODEC “Viterbi”, os três mais populares algoritmos para telefonia móvel celular do mercado [3].

O PDS suporta uma estrutura interna com seis barramentos, sendo três para leitura, dois para escrita e um adicional para periféricos e DMA (Direct Memory Access). Esta estrutura permite mais de três leituras e duas escritas de dados num único ciclo. O controlador DMA pode atuar independentemente do núcleo da CPU e executar paralelamente mais de duas transferências de dados por ciclo. Existem duas unidades MAC com capacidade de executar adição, subtração e multiplicação com 17 bits (fracionária ou integral) em um único ciclo de relógio. O núcleo está conectado a uma ROM, uma DARAM (Dual Access RAM) e uma SARAM (Single Access RAM), todas com palavras de 32K.

O núcleo deste PDS da Texas Instruments é utilizado em larga escala na produção de outros modelos de PDS disponíveis no mercado.

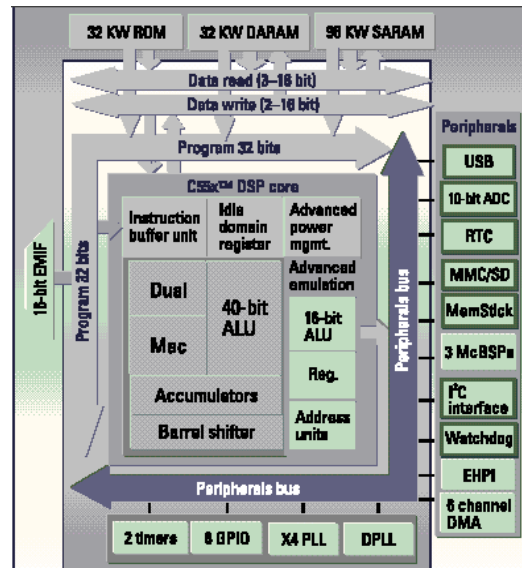


Figura 5 – Diagrama de bloco do PDS TMS320C5509

4 Conclusão

As proposições mais primitivas para a operação multi-padrão e mesmo algumas mais recentes (presentes atualmente em alguns terminais no mercado) são, na sua maioria, caracterizadas pelo uso de cadeias de transmissão/recepção distintas para cada um desses padrões ou mesmo pelo uso de uma cadeia de transmissão/recepção que opere numa ampla faixa de frequências, suportando, em ambos os casos, alguns padrões sem fio existentes. Entretanto, tais proposições não são flexíveis o suficiente para suportar uma operação verdadeiramente multi-padrão, multi-banda e reconfigurável, uma vez que o surgimento e a incorporação de um novo padrão implicariam na substituição do terminal.

Desta forma, a aplicação de um novo conceito no desenvolvimento de circuitos e dispositivos em altas frequências, RDS, tem sido largamente explorada por pesquisadores em todo o mundo, conforme foi demonstrado neste artigo. Baseados nesta nova tecnologia, os novos equipamentos, dispositivos e terminais poderão agregar as características de flexibilidade e adaptabilidade requeridas, permitindo assim uma maior interoperabilidade entre os sistemas sem fio existentes.

Contudo as implementações do RDS e dos PDS requerem o estudo dos problemas e desafios inerentes a essa nova tecnologia, dentre eles:

- Segurança na atualização do software, a fim de evitar códigos maliciosos.

- Monitoração e controle do uso não autorizado do espectro.
- Velocidade e custo:
PDS podem se tornar economicamente inviáveis quando sinais de banda larga são envolvidos no processamento. Os custos com conversores ADC e DAC são muito elevados e em geral o seu desempenho é degradado em aplicações PDS banda larga (Gigahertz).
- Tempo de desenvolvimento, maturação e implementação do projeto.
- Problemas com limitações de representação da informação.
Em situações de tempo real, contextos econômicos muitas vezes fazem com que os algoritmos PDS sejam implementados com o uso de um número limitado de bits. Isto pode degradar substancialmente o desempenho do sistema e o seu resultado.
- A implementação de hardware adicional no sistema GSM requer o desenvolvimento de baterias com maior capacidade de armazenamento de energia e ao mesmo tempo mais compactas.

Alguns países, como a Índia, não apostam na terceira geração (3G), visto que o desempenho desse sistema nos países usuários não vem tendo os resultados esperados. Assim, ao contrário, podem aguardar a chegada dos sistemas 4G e até lá continuar a utilizar os sistemas GSM e GRPS já consolidados.

Acredita-se que a evolução da tecnologia PDS e RDS nos próximos dez anos permitirão a implementação efetiva dos serviços multi-banda, multi-padrão e reconfiguráveis, devido a crescente demanda por flexibilidade tecnológica, o que impulsionará o desenvolvimento tecnológico e viabilizará a comercialização desses serviços a partir do ganho de escala na industrialização.

Referencias Bibliográficas

- [1] P. Lapsley, J. Bier, A. Shoham, and E. A. Lee, PDS Processor Fundamentals: Architectures and Features. Berkeley Design Technology, Inc., Fremont, CA, 1996.
- [2] P. Burns, Software Defined Radio for 3G, Artech House, 2003
- [3] White. Digital Signal Processing. Delmar, 2001.
- [4] Lathi, B.P. Modern Digital and Analog Communications Systems. Oxford, 1998.

- [5] Proakis, J. Communications Systems Engineering. McGraw-Hill, 2001.

Biografias



Jansen Carlos de Oliveira, atualmente cursando o 8º Semestre de Engenharia de Computação no IESB, Brasília/DF. Desenvolvedor de sistemas pela empresa Montreal Informática, Brasília/DF.



Rivaldo Guedes Corrêa Júnior, formado em Ciência da Computação pela UNICEB-Santos/SP, atualmente cursando o 8º Semestre de Engenharia de Telecomunicações no IESB, Brasília/DF. Especialista na área Gestão de Ativos Tecnológicos da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL.

PERDA DE PENETRAÇÃO EM PAREDES LARGAS E DIVISÓRIAS

LUIZ FLÁVIO MENEZES

Coordenação de Engenharia
Instituto de Ensino Superior de Brasília
<http://www.iesb.br>
email: luiz.menezes@camara.gov.br

Resumo – A perda de penetração em paredes é um fator que deverá sempre ser considerado durante a predição de propagação em ambientes fechados. Este artigo tem como objetivo o estudo deste fator em paredes recobertas por divisórias de fórmica e em paredes de concreto com espessuras variando entre 30 e 80 centímetros. Com os resultados obtidos será possível uma predição com mais acurácia da propagação de ondas eletromagnéticas na Câmara dos Deputados, em Brasília, e em ambientes similares.

Abstract – The penetration loss in walls is a factor that should always be considered during the propagation prediction within buildings. This paper has as objective the study of this factor in covered walls for Formica partitions and in concrete walls with thickness varying between 30 and 80 centimeters. With the obtained results it will be possible a prediction with more accuracy of the propagation of electromagnetic waves in the House of Representatives, in Brasília, and in similar environments.

Keywords - penetration loss, indoor, propagation.

1. Introdução

O aumento da demanda da comunicação móvel no interior de edifícios seja no que tange a comunicação de voz através de aparelhos celulares e de sistemas de rádio-comunicação do tipo HT's (sigla do termo em inglês "*hand talk*"), ou mesmo da comunicação de dados por redes sem fio (WLAN – sigla do termo em inglês "*Wireless Local Area Network*") tem propiciado uma crescente necessidade do estudo da propagação em ambientes fechados.

A predição das perdas que podem ocorrer na propagação de ondas eletromagnéticas tem sido, desta forma, um dos grandes desafios dos engenheiros de telecomunicações, e assim, diversos pesquisadores têm procurado estabelecer um modelo empírico que possa ser preciso e ao mesmo tempo ter uma expressão analítica simplificada. Muitos desses modelos, como podemos ver em [1-3], utilizam um fator de correção para a perda de penetração em paredes e pisos para melhorar a acurácia de seus resultados.

A perda de penetração em paredes é um fator que depende do tipo de material utilizado na construção, do ângulo de incidência, da faixa de frequência utilizada, do tipo de polarização das antenas entre outros fatores. Neste artigo, pretende-se estabelecer

valores para este tipo de atenuação para paredes de concreto de várias espessuras e paredes de divisórias nas faixas de frequências de 421 MHz e 2,47 GHz.

2. Medidas Realizadas

As medidas foram realizadas no ambiente da Câmara dos Deputados, em Brasília, onde é possível encontrar paredes de concreto armado com espessuras variando entre 15 a 80 centímetros, além de diversos ambientes separados por paredes de divisórias recobertas por fórmica. As figuras 1 e 2, abaixo, ilustram os tipos de parede existentes no local.

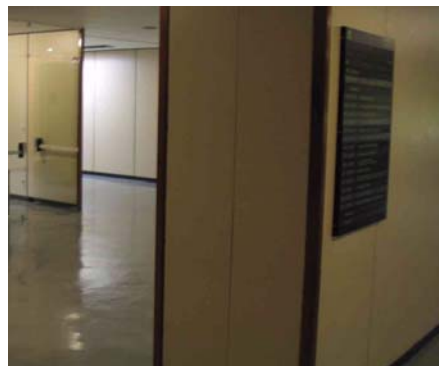


Figura 1 – Parede com 80 cm de largura.



Figura 2 – Corredor com parede de concreto de 40cm de largura e paredes em divisória.

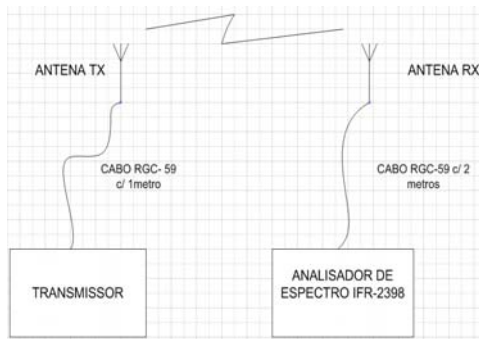


Figura 3 – Esquema de ligação dos equipamentos utilizados nos testes.

A figura 3 mostra o esquema de interligação dos equipamentos utilizados para o levantamento das perdas de penetração nas paredes citadas. Duas situações foram testadas, a primeira utilizando uma frequência de 421 MHz correspondente a um equipamento de rádio comunicação onde o transmissor utilizado foi um terminal móvel TeTRA modelo MDT-400 da Teltronic configurado para modo direto (DMO) com uma potência de transmissão de 10 Watts, antenas de transmissão e recepção do tipo 5/8 de onda omnidirecionais de 0 dB. A segunda situação foi executada utilizando um sistema de transmissão de vídeo sem fio da marca Trango Systems modelo Eagle Plus, utilizando uma frequência de 2,47 GHz com potência de transmissão de 6 dBm e antenas de transmissão e recepção direcionais com 10 dB. Em ambos os casos o sinal foi recebido através de uma antena conectada a um analisador de espectro, da marca IFR modelo 2398, para que se pudesse verificar sua intensidade.

Para a execução das medidas em obstrução pelas paredes, em ambos os casos, as antenas transmissoras e receptoras foram colocadas a uma distância de 1 metro de cada um dos lados da parede considerada e a uma altura de 1,5 metro do piso. Os pontos de medida foram escolhidos em posições distantes de portas ou janelas para excluir a possibilidade de vazamento de sinal. Assim a transmissão foi considerada como que penetrando a parede em uma direção normal com o plano da parede.

A perda de penetração foi definida como sendo a diferença entre a medida da potência do sinal recebido através da parede e um sinal de referência tomado no lado do transmissor. Esta medida de referência foi extraída da leitura da potência recebida a uma distância equivalente daquela em obstrução, ou seja, uma distância igual à soma da espessura da parede com os dois metros que separavam as antenas transmissora e receptora da parede.

3. Análise de Resultados

A figura 4 mostra o gráfico da perda de penetração quando considerada uma frequência de transmissão de 421 MHz, em paredes dos tipos 1, 2 e 3, a saber:

- Tipo 1 – parede de divisória recoberta por fórmica;
- Tipo 2 – parede de concreto com 30 centímetros de espessura;
- Tipo 3 – parede de concreto com 40 centímetros de espessura recoberta com carpete em um dos lados.

Pode-se notar que a perda maior neste caso é percebida na parede acarpetada.

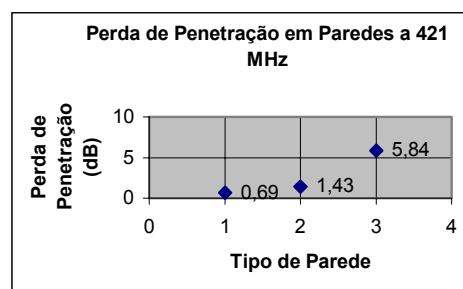


Figura 4 – Perda por penetração em paredes dos tipos 1, 2 e 3 com frequência de 421 MHz.

A figura 5 mostra o gráfico da perda de penetração quando considerada uma frequência de 2,47 GHz, em paredes dos tipos 1, 2 e 3 descritas acima, além de um

quarto tipo de parede com 80 centímetros de espessura.

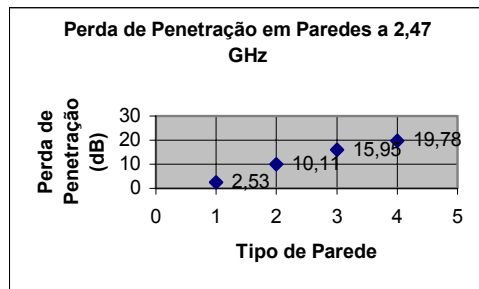


Figura 5 – Perda por penetração em paredes dos tipos 1, 2,3 e 4 com frequência de 2,47 GHz.

Pode-se notar que há um aumento considerável nas perdas para esta faixa de frequência, sendo novamente bem acentuada para a parede acarpetada, ficando com valor bem aproximado da parede do tipo 4 considerando que a espessura desta é o dobro da parede do tipo 3.

4. Conclusão

O estudo da propagação de ondas eletromagnéticas em ambientes fechados é extremamente dependente das perdas causadas por penetração em paredes e colunas existentes na arquitetura local. Assim para os casos propostos neste artigo, nota-se que as perdas são maiores com o aumento da frequência e no caso de paredes acarpetadas.

Desta forma para um estudo da previsão de propagação nestas frequências no ambiente da Câmara dos Deputados, através de um dos modelos empíricos descritos em [1-3] podemos utilizar destes resultados para se obter melhores resultados.

Para o caso de transmissão na faixa de frequência de 2,47 GHz em situação que seja necessária a transposição de paredes largas dos tipos 3 e 4 é recomendável a utilização de dispositivos repetidores, passivos ou ativos, como os descritos em [5].

Agradecimentos

Aos meus companheiros de trabalho Gilvandson Cavalcante e Rosilene Maranhão pelo auxílio na execução das medidas, sem as quais não seria possível este trabalho.

Bibliografia



Luiz Flávio Menezes é estudante de engenharia de telecomunicações, cursando atualmente o 10º semestre na faculdade IESB em Brasília, atualmente trabalha no Departamento Técnico da Câmara dos Deputados.

Referências Bibliográficas

- [1] SARKAR, T. K.; ZHONG, J.; KYUNGJUNG, K. MEDOURI, A.; SALAZAR-PALMA, M., "A SURVEY OF VARIOUS PROPAGATION MODELS FOR MOBILE COMMUNICATION", IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION MAGAZINE, VOL. 45, N° 3, JUN. 2003.
- [2] SEIDEL, S. Y. & RAPPAPORT, T. S., "914 MHZ PATH LOSS PREDICTION MODELS FOR INDOOR WIRELESS COMMUNICATIONS IN MULTIFLOORED BUILDINGS", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, FEB. 1992, VOL. 40, N° 2, PP. 207-217.
- [3] MIKAS, F.; SVÁNOVEC, S.; PECHAC, P. "MEASUREMENT AND PREDICTION OF SIGNAL PROPAGATION FOR WLAN SYSTEM". DEPARTMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELD, CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IM PRAGUE.
- [4] ZHANG, Y. P. & HWANG, Y., "MEASUREMENTS OF THE CHARACTERISTICS OF INDOOR PENETRATION LOSS". IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, 1994.
- [5] HUANG, Y.; YI, N.; ZHU, X. "INVESTIGATION OF USING PASSIVE REPEATERS FOR INDOOR RADIO COVERAGE IMPROVEMNET". IEEE INTERNATIONAL ANTENNAS AND PROPAGATION SYMPOSIUM AND USNC/URSI NATIONAL RADIO SCIENCE MEETING, JUN. 2004.

Modulação COFDM – Uma proposta atrativa para os padrões de TV Digital

ANA LUIZA RODRIGUES
REGINA MISSIAS GOMES

Instituto de Ensino Superior de Brasília - IESB

analurr@hotmail.com.br

regina_missias@pop.com.br

Resumo: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (COFDM) é uma técnica de modulação baseada no Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) o qual utiliza sub-portadoras ortogonais para modular os sinais, diferindo no acréscimo da codificação, de onde acrescenta-se o “C” ao OFDM. O COFDM é a modulação mais utilizada, hoje, nos padrões existentes de Televisão (TV) Digital, o Digital Video Broadcasting (DVB) e o Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB). Os objetivos deste artigo são apresentar a filosofia de funcionamento desta modulação, uma comparação da modulação COFDM com a 8-Vestigial Side Band (VSB), que é a modulação utilizada para o padrão Advanced Television System Comitee (ATSC), possíveis vantagens e desvantagens do sistema COFDM, bem como, pretende mostrar que o COFDM é a modulação ideal para a TV Digital, visto que possui a robustez necessária para que vários aplicativos na TV Digital funcionem adequadamente.

Abstract: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (COFDM) is a modulation technique based on Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) which uses orthogonal sub-carriers to modulate the signal, differing on the addition of codification, which adds the “C” to OFDM. The COFDM is the most used modulation, actually, to the existing TV Digital standards, the Digital Video Broadcasting (DVB) and the Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB). The purpose of this paper is to show the functioning philosophy of such modulation, compare COFDM to the 8-Vestigial Side Band (VSB), which is the modulation used on the standard Advanced Television System Comitee (ATSC), possible advantages and disadvantages of COFDM system, as well, intends to show that COFDM is the ideal for Digital TV, since it has the robustness necessary for many applications on Digital TV correctly works.

Keywords: COFDM, OFDM, TV Digital, 8-VSB, SDTV, HDTV

1- Introdução

Desde a sua criação, a TV desempenha um papel importante, no que diz respeito à formação de opinião das pessoas. Além disso, por razões culturais e até mesmo financeiras, a TV representa uma fonte de entretenimento para a maioria da população.

Com a criação da TV Digital, surgiram debates acerca de vários detalhes técnicos, principalmente com relação à modulação a ser empregada. Uma modulação adequada é muito importante para a TV Digital, pois o desempenho do sistema depende diretamente da modulação.

O enfoque principal deste artigo será a modulação COFDM, que está presente tanto no padrão europeu quanto no japonês, e isto pode significar o futuro da TV Digital.

A seção 2 deste artigo mostra o cenário mundial hoje com relação a TV Digital. A seção 3 trata dos aspectos técnicos da TV Digital. A seção 4 aborda a modulação OFDM. A seção 5 mostra um comparativo

entre as modulações 8-VSB e COFDM, que são as modulações dos padrões ATSC e ISDB respectivamente. A seção 6 aborda a modulação COFDM. E finalmente a seção 7 mostra as vantagens e a seção 8, a desvantagens da modulação COFDM.

2- Cenário Mundial

O início do desenvolvimento da TV Digital se deu no Japão, em função do desenvolvimento da TV de Alta definição (HDTV). O Japão foi pioneiro em programas de alta definição, porém via analógica.

Em meados de 1987, nos Estados Unidos, iniciou-se um movimento para o desenvolvimento da TV Digital, onde governo e emissoras viram a importância tecnológica da mesma.

O padrão adotado foi o ATSC. Este padrão visa a transmissão a uma taxa de 19,4 Mbps por segundo, utilizando MPEG-2. A modulação utilizada é a 8-VSB, considerada de

fraca performance quando avaliada sob o ponto de vista de transmissão e cobertura. Esta modulação dificulta a captação dos sinais na recepção em movimento ou em locais de difícil acesso.

Na Europa, o padrão adotado foi o DVB, onde a taxa de bits enviada é alterada de acordo com as necessidades do ambiente de aplicação. Isso aumenta muito a capacidade, a qualidade e a cobertura do sistema, tornando-o mais eficaz que o sistema ATSC. Utiliza-se a codificação COFDM para que garanta a diminuição de interferências por multipercurso, permitindo, assim, que a rede opere numa só frequência, mesmo em estações emissoras vizinhas.

No Japão, o padrão adotado foi o ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting). Este padrão é considerado um aperfeiçoamento do modelo europeu. Adota os formatos MPEG-2 e COFDM. Contrariamente ao sistema americano, o sistema de transmissão funciona muito bem em qualquer tipo de ambiente, sendo eficiente também para a televisão móvel. Pode-se afirmar que esta é a principal vantagem do sistema, pois possibilita a convergência total das transmissões televisivas com a Internet e com os telefones celulares da Terceira Geração (3G).

3- Definição de TV Digital

3.1- Aspectos Técnicos

A TV Digital é um sistema de radiodifusão que transmite sinais digitais em substituição aos sinais analógicos. A recepção do sinal na TV digital tem cerca de 50% de pontos de resolução de imagem a mais, quando comparada à TV analógica, pois a primeira permite que a íntegra do sinal transmitido pelas emissoras seja recebido pelos televisores domésticos, o que não ocorre com a analógica, pois grande parte de seu sinal é perdido pelo percurso da onda.

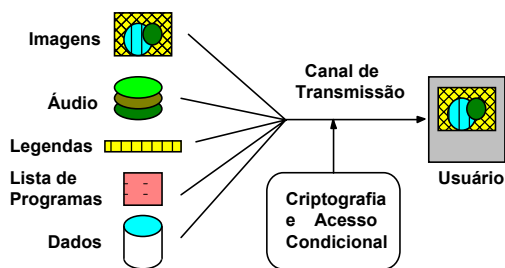


Figura 1 – serviços [6]

Na TV digital, os sinais de som e imagem são constituídos por uma seqüência de bits, que podem ser comprimidos com outros sinais antes de serem transmitidos, conforme figura abaixo:

No receptor, o conjunto de sinais é descomprimido e convertido. Desta forma, numa banda de 6MHz que era utilizada por apenas um canal de TV analógica, podendo ser veiculadas diversas transmissões simultâneas na TV digital com a mesma banda ocupada.

3.2- Modalidades mais difundidas de TV digital [1]:

3.2.1- Standard Definition Television (SDTV): áudio e vídeo digitais no formato ou relação de aspecto 4:3 (largura:altura da imagem) e resolução de 525 ou 625 linhas existentes no serviço de TV analógica convencional. Possibilita a coexistência, em uma faixa de 6 MHz, de até quatro programas sendo transmitidos simultaneamente pela mesma emissora. Para assistir a uma programação SDTV, o usuário deverá ou ter sua televisão convencional conectada a um *set-top box* ou possuir um aparelho de televisão digital.

3.2.2- High Definition Television (HDTV) - é um serviço com áudio e vídeo digitais no formato 16:9 (largura: altura da imagem) e com resolução superior a 700 linhas. Utiliza a faixa de 6 MHz para transmissão de uma única programação, porém com imensa riqueza de detalhes visuais. Para assistir a uma programação HDTV, é necessário um aparelho de televisão digital que suporte o formato 16:9 e que tenha recepção de sinais em alta definição.

Hoje, o principal desafio é desenvolver aparelhos de conversão especiais (set top boxes), os quais permitam que transmissões digitais sejam captadas por aparelhos analógicos.[2]

4- OFDM

Antes de aprofundar-se na modulação COFDM, faz-se necessário definir a modulação OFDM. Este é um sistema multiportadora com o seguinte princípio de funcionamento:

- Quebra um fluxo de dados seriais em muitos paralelos. Com isto gera-se fluxo com taxas menores;

- Utiliza sub-portadoras para transmitir as baixas taxas de fluxo de dados simultaneamente;
- Para garantir que as sub-portadoras não interfiram umas nas outras, o espaçamento de frequência entre elas é cuidadosamente escolhido de forma que cada uma seja ortogonal a outra. Isto pode ser visto na figura 2 [4]. A ortogonalidade representa uma precisa relação matemática entre as frequências das sub-portadoras.
- Individualmente estas sub-portadoras são moduladas em amplitude de quadratura (QAM) ou modulação por quadratura com deslocamento de fase (QPSK).

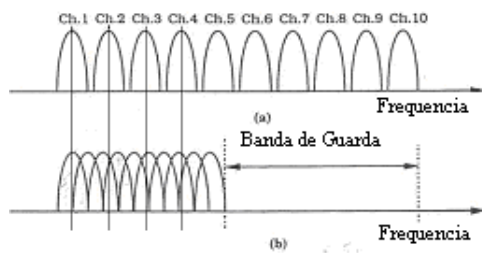


Figura 2: Conceito do sinal OFDM[4]

A figura 2(a) apresenta a técnica multiportadora convencional que utiliza um maior espectro de frequência. Já a figura 2(b) apresenta a técnica de modulação multiportadora ortogonal e deixa claro a economia do espectro de frequência.

5 – Comparativo da modulação 8-VSB X COFDM

Visando esclarecer pontos importantes no desempenho de cada modulação se faz importante citar:

O padrão ATSC 8-VSB é um sistema de arquitetura digital que consiste de:

- 1) Camada de vídeo que suporta um número diferente de formato de vídeos;
- 2) Nível de compressão que transforma a taxa de áudio e vídeo em amostras codificadas de bit;
- 3) Camada de transporte que transporta os dados e
- 4) Nível de transmissão de rádio frequência (RF). O sistema de transmissão do ATSB 8-VSB é uma portadora simples, que emprega uma modulação semelhante a TV convencional – vestigial sideband (VSB).

O sistema ATSC 8-VSB transmite dados utilizando a codificação em treliça, com

8 níveis discretos da amplitude do sinal. Complexas técnicas de codificação e equalização adaptativa são utilizadas para fazer o sistema mais robusto frente a deteriorização da propagação, como multipercurso, ruído e interferência. A taxa de transmissão de dados deste sistema é de 19,4Mbps.

Quanto ao COFDM cabe destacar:

- 1) As multiportadoras utilizadas pelo sistema faz com rápida do canal, como por exemplo propagação multipercurso, interferência co-canal, desvanecimento de frequência seletiva etc;
- 2) Evita interferência pelo acréscimo de amostras ao sinal e pela aplicação do intervalo de guarda entre os símbolos de dados;
- 3) O intervalo de guarda pode ser adicionado então, para que a maioria dos ecos de multipercurso cheguem dentro deste período e com isto não ocorra interferência na recepção dos símbolos de dados.
- 4) Além disso, como a informação é espalhada através de muitas portadoras, se ocorrer interferência co-canal ou desvanecimento apenas uma pequena amostra da informação será perdida [3] e [4] pois possivelmente afetará alguma portadora que contém apenas uma parte do fluxo de dados e as outras sub-portadoras que conte parte deste fluxo permitem que se detecte o erro e o sinal seja corrigido.

6- COFDM

Técnicas de codificação são utilizadas para aperfeiçoar a performance do OFDM, como por exemplo, correção reversa de erro, entrelaçamento etc. Com isto, temos o COFDM.

O diagrama geral do COFDM é mostrado na figura abaixo:

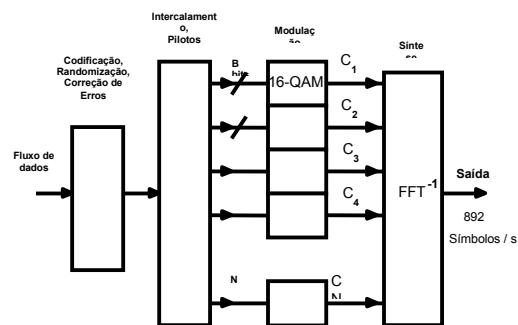


Figura 3 – Modulação COFDM [6]

Analisando os blocos da figura 3 tem-se todas as etapas do sistema de forma mais explícita conforme os seguintes passos:

- 1) O fluxo de dados recebido para ser transmitido é codificado por códigos de correção reversa de erro ou entrelaçamento;
 - 2) Os dados seriais de entrada são convertidos para N fluxos paralelos de dados e agrupados para n bits no domínio do tempo;
 - 3) Cada grupo é então modulado em QAM ou PSK, gerando assim C_n sub-portadoras no domínio da frequência.
 - 4) Os dados paralelos são novamente convertidos para um único canal serial. Um intervalo de guarda é inserido, entre cada sub-portadora, para impedir uma possível interferência co-canal, causada pela distorção multipercurso.
 - 5) Os símbolos discretos são convertidos para analógicos por um filtro passa baixa que alimenta então o conversor de subida de RF.
- O receptor executa exatamente o inverso deste procedimento.

7- Vantagens do COFDM

- 1) Apresenta melhor desempenho em situações de multipercurso intenso verificadas em áreas densamente povoadas;
- 2) Permite a implementação do modelo de transmissão em alta definição com adequada robustez;
- 3) Testes de laboratório [5] sugerem que somente a modulação COFDM possibilita a recepção em áreas não atendidas por nenhum sistema, mediante o emprego de redes de frequência única;
- 4) Apresenta melhor desempenho em situações em que o ambiente de propagação é variável no tempo, possibilitando, inclusive, recepção móvel;
- 5) Sistema versátil, pois um grande número de parâmetros pode ser levado em consideração, como por exemplo, o número de sub-portadoras, intervalo de guarda, duração do símbolo, tipos de código de correção de erros, espaçamento e tipos de modulação por sub-portadora, dependendo do sistema a ser projetado. A escolha destes parâmetros é influenciada diretamente pelos requisitos do sistema, como por exemplo, largura de banda, taxa de bit desejada, etc. Mais robusto contra interferência co-canal pois tal interferência afeta apenas uma pequena porcentagem da sub-portadora e não causando perda total na sequência de bits o que facilita a detecção e correção de erros;
- 7) Economia espectral; [4] e [5]

8- Desvantagens:

- 1) Baixa tolerância a ruído impulsivo
- 2) O aumento da banda de guarda entre sub-portadoras implica no aumento direto da banda a ser transmitida. Por outro lado, a redução da banda de guarda implica em interferência co-canal;
- 3) Deve haver uma relação entre a potência de pico e a potência média relativamente grande, o que afeta diretamente a eficiência do módulo amplificador de RF; [4]

9- Conclusão:

Conforme mostrado ao longo deste artigo, a modulação COFDM é tecnicamente superior à modulação 8-VSB, isto porque as desvantagens que o COFDM apresenta podem ser contornadas o que não acontece no 8-VSB.

A modulação COFDM é altamente robusta, isto porque quando ocorre alguma interferência ou desvanecimento seletivo, apenas uma pequena parte do sinal é perdido e pode ser recuperado por meio dos códigos de correção de erros.

Uma outra vantagem importante do COFDM é a convergência para Internet e para telefonia móvel (3G).

Vale a pena ressaltar que como a TV Digital pode ser considerada como “um sistema binária”, ou seja, tem-se apenas dois estados: excelente recepção ou nenhuma recepção (não há estados intermediários). Isto mostra a importância da escolha mais correta da técnica de modulação no padrão de TV Digital.

Referências

- [1] Televisão Digital no Brasil. Fundação CPQD. [<http://www.anatel.gov.br>]
- [2] Paulo Evaristo de Sousa Melo, Evaristo Carlos Silva Duarte Rios, Regina Maria Vinhais Gutierrez, “TV Digital: Desafio ou Oportunidade?”
- [3] Bruce Franca, Alan Stillwell, Robert Bromery, Robert Eckert, Michael Davis, “DTV Report on COFDM and 8-VSB Performance”.
- [4] Richard Van Nee, Ramjee Prasad, “OFDM for Wireless Multimedia Communications”
- [5] Relatório ABERT/ SET [<http://www.anatel.gov.br/>]
- [6] Guido Stolfi – EPUSP – 2003 “Sistemas de Transmissão para a TV Digital”

Biografias



Ana Luiza Rodrigues, Tecnóloga em Processamento de Dados pela UCB, atualmente cursando o nono semestre de Engenharia de Telecomunicações no IESB e trabalhando como gerente de rede de Telecomunicações pela Alcatel Telecomunicações.



Regina Missias Gomes, cursando o nono semestre em Engenharia de Telecomunicações no IESB, atualmente trabalhando na Tim Celular, no departamento de Operação e Manutenção.

PERSPECTIVAS DA SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO EM 2004

Eduardo Wolski – Instituto de Educação Superior de Brasília (IESB)
Fernando Cesar Castaño Mariño – Faculdade Euro-Americana
wolski@iesb.br - fernando@euroamericano.com.br

Resumo

O profissional de segurança da informação atua, via de regra, em um cenário composto:

- pela falta de cultura em segurança dos usuários e a conseqüente desconfiança destes em relação ao trabalho empreendido;
- pela completa imprevisibilidade de vulnerabilidades e de ameaças;
- pela disputa por fatias magras de orçamento;
- pela conjugação de soluções ora sobrepostas e ora desfalcadas de fabricantes diferentes;
- e, mais recentemente, pelas demandas geradas por legislações muitas vezes vagas.

Se você se sente, de alguma forma, identificado com o quadro acima, leia este “papo do mês”, que tenta expor as dificuldades que desafiam profissionais com este perfil, bem como procura apontar as direções para onde caminha a segurança da informação em 2004.

Abstract

Security information people work, mostly, in a scenario that includes:

- lack of user discipline and, therefore, lack of belief in the developed work;
- unpredictability of vulnerabilities and threats;
- fights for thin pieces of enterprise budget;
- merge of solutions that are either overlapped or missed from several suppliers;
- and, recently, the demand created by a sometimes unclear legislation.

If you feel, in some way, identified with this landscape, read this “month’s talk”, that aims to present the bothers that challenge teams with this profile, as well it aims to point the directions to where the information security goes in 2004.

Introdução

Classicamente, a segurança da informação é apresentada como o ramo da tecnologia da informação responsável por prestar serviços de confidencialidade, integridade e disponibilidade à informação e serviços de autenticação de usuário.

Claro que todo profissional de segurança deseja viver no mundo ideal em que a diretoria da empresa apóia (ou mais, coaduna com) a segurança da informação, emprestando-lhe seu prestígio para implantar, de forma séria e alicerçada, uma política de segurança e fornecendo-lhe um orçamento digno para a sua implantação. Nesse mundo ideal, o usuário compreende que segurança e conforto são antônimos em certo sentido e que, em prol da primeira, deve-se abdicar em parte da segunda.

Nesse mundo, os sistemas operacionais e software aplicativos não apresentam vulnerabilidades e os novos vírus (ou *malware*, de maneira geral) podem ser previstos ou têm seu poder de difusão e de destruição reduzidos. Novas legislações vêm com o objetivo de gerar um arcabouço positivo de ações de segurança.

Mas a realidade pragmática deste estóico profissional está mais relacionada com a ação dos bombeiros de apagar incêndios ou com a ação de paramédicos de estancar hemorragias.

Antes que você continue a ler este texto com a esperança de encontrar aqui a “tábua de salvação”, fazemos um alerta: sua vida não deve melhorar muito em 2004. De qualquer forma, é válido ter a perspectiva global do setor, a fim de incrementar o nível de planejamento possível neste cenário. Este é o objetivo deste “papo do mês”.

Códigos Maliciosos, Vulnerabilidades, Vermes (Worms) e Vírus

Em 2003, percebemos algum esforço empreendido pelas empresas fabricantes de software no sentido de reconhecer as vulnerabilidades deixadas pelos códigos de seus sistemas operacionais e aplicativos e de tentar corrigi-las. Mas este grande esforço ainda é insuficiente para diminuir as vulnerabilidades deixadas.

As ameaças surgem, via de regra, da exploração dessas vulnerabilidades por parte de códigos maliciosos, tanto para a infecção quanto para a disseminação. Um bom exemplo deste tipo de ameaça é o MSBlaster. Por dois motivos: primeiro porque ele explorou uma vulnerabilidade apenas 26 dias depois dela ter sido anunciada pela Microsoft (Microsoft Security Bulletin MS03-026), quando a média era de 2 anos ou mais; segundo porque ele explora uma vulnerabilidade de Chamada de Procedimento Remoto (*Remote Procedure Call* – RPC) da arquitetura de objetos distribuídos DCOM da Microsoft. Três das dez maiores vulnerabilidades de 2003 foram devidas à implementação de RPC da Microsoft e espera-se que esta quantidade suba para metade da lista em 2004.

E, em termos de vulnerabilidades, não se pode deixar de citar o estouro de *buffer* (*buffer overflow*), disparadamente a vulnerabilidade mais explorada de várias aplicações (cerca de 60% dos avisos do *Computer Emergency Response Team* - CERT). Esta vulnerabilidade continuará em alta, graças à falta de cuidado de programadores em limitar as fronteiras dos *buffers* (em outro “papo do mês” podemos falar dos cuidados de programação).

Outro código malicioso a destacar em 2003 é o SQL *Slammer*, que explora uma vulnerabilidade do Serviço de Resolução do SQL Server 2000. O destaque, neste caso, é a materialização da importância que se deve dar à defesa interna, na mesma proporção da defesa externa.

Dentre os vermes que utilizam correio eletrônico para se difundir, como o Sobig.F e o Mimail, o *Internet Security Threat Report*, relatório bianual da Symantec, traz um aumento de 19%. E, já em janeiro, vemos a manifestação arrasadora do Mydoom.

Para os códigos maliciosos, o relatório citado aponta um aumento de 20%. O relatório ainda mostra um aumento de 12% no número de vulnerabilidades, com empresas experimentando aproximadamente 38 ataques por semana. Não são boas notícias e não esperamos que a situação melhore (ao menos não antes de piorar).

O que fazer para diminuir prejuízos devidos a códigos maliciosos, vulnerabilidades, vírus e vermes? Algumas dicas são:

- Fique atento às melhores práticas para **todos** os computadores nas redes **interna e externa**;
- Não dependa de administradores de sistema para proporcionar segurança (eles já têm os próprios incêndios);
- Teste exaustivamente seus recursos de TI empregando ferramentas de varredura, verificadores de vírus e outras ferramentas automáticas para identificar os riscos e corrigir as vulnerabilidades (internas e externas), sem se esquecer de testar e comparar tais ferramentas, visando constatar suas efetividade e confiabilidade.

Fraudes

É provável que 2004 se destaque como o ano das fraudes. Ao menos é o que apontam as estatísticas do NBSO (NIC BR Security Office): a quantidade de fraudes em novembro e dezembro de 2003 somam praticamente metade das fraudes relatadas no ano passado; e mais que duplicam as fraudes ocorridas durante todo o ano de 2002.

Por que este crescimento vertiginoso? Imputar este aumento à crescente digitalização dos serviços bancários e do comércio em geral, explica-o apenas parcialmente. O problema da fraude tem que ser analisado num contexto mais amplo, que inclui sistemas com autenticação fraca e a pouca cultura (quase ingenuidade) do usuário.

Os sistemas de autenticação considerados fortes são aqueles que utilizam certificação digital ou alguma forma de verificação biométrica. Sistemas baseados em senha, normalmente, são considerados fracos. Não obstante, estes sistemas continuam dominando a cena da autenticação e têm apresentado evoluções, como senhas gráficas e o protocolo SRP (*Secure Remote Password*), que lhe darão

uma sobrevida longa. O desafio, portanto, para a equipe de segurança é manter seus sistemas de autenticação atualizados.

Outro desafio que deverá assaltar o tempo dos desenvolvedores de solução é a autenticação única (*Single Sign-On*) para as diferentes aplicações. Esta prática tem a suposta vantagem de permitir que usuários escolham uma senha mais forte, uma vez que esta deverá ser usada para acesso a diversos sistemas ou aplicações.

A cultura do usuário é influenciada, muitas vezes, pelas confusões e contradições causadas por instituições bancárias e comerciais. Existem bancos, por exemplo, que deixam claro em seus sítios que não enviam mensagens eletrônicas, mas cadastram os endereços eletrônicos de seus clientes, o que é, no mínimo, incoerente. Disso se aproveitam os oportunistas fraudulentos que enviam, como já foi o caso, mensagens solicitando recadastramento. Apenas campanhas maciças para alcançar os mais distraídos podem diminuir a quantidade de fraudes que, não se enganem, serão sacadas dos bolsos dos correntistas, em última instância.

Ferramentas

O todo poderoso da defesa de redes há uns anos atrás, o *firewall*, ainda possui papel importante, mas agora justamente limitado a sua tarefa de proteger a periferia da rede e, normalmente, integrando funcionalidades, como as Redes Privativas Virtuais - RPV (*Virtual Private Networks* – VPN). Seu prestígio tem sido dividido com Sistemas de Detecção de Intrusão - SDI (*Intrusion Detection Systems* – IDS) e, mais recentemente, com *Honeypots* e com Sistemas de Prevenção de Intrusão – SPI (*Intrusion Prevention Systems* – IPS). Exploreemos cada uma destas ferramentas naquilo que de novo elas podem trazer em 2004.

Com o aumento da mobilidade, o uso dos *firewalls* pessoais tem se tornado uma necessidade corporativa. Não se trata de uma solução definitiva, mas pelo menos diminui os efeitos causados pela prática cada vez mais comum de conectar o *notebook* utilizando os acessos de banda larga dos domicílios e, após isso, conectá-lo à empresa com uma possível

plêiade de vermes e cavalos-de-tróia. Dentre os produtos que se apresentam com essa finalidade, podemos destacar os das empresas ZoneLabs (<http://www.zonelabs.com>), McAfee (http://us.mcafee.com/root/package.asp?pkgid=101&WWW_URL=www.mcafee.com/myapps/firewall/ov_firewall.asp) e Symantec (<http://www.symantec.com/sabu/nis/npf>).

As redes privativas virtuais têm sido um instrumento cada mais usado para fornecer sigilo de comunicações em conexões cliente-a-rede e rede-a-rede sobre a Internet.

O IPSec, padrão desenvolvido pela *Internet Engineering Task-Force* - IETF, está tendo sua revisão submetida como *Draft Standard*, significando que, embora o desenvolvimento do padrão não se encerre, sua porção mais significativa está pronta. A má notícia é que IPSec é um padrão muito complexo para podermos acreditar em implementações em curto ou médio prazo com todas suas funcionalidades e, principalmente, livres de vulnerabilidades. De qualquer forma, é uma ferramenta importantíssima, principalmente se considerarmos o salto que pode ser experimentado pelas empresas, no tocante ao acesso em tempo integral: o usuário com acesso privilegiado poderá ser levado, virtualmente, para o interior da rede da empresa, a partir de sua casa ou de um hotel.

Os sistemas de detecção de intrusão têm realizado uma parceria de sucesso com os *firewalls*. Se estes deixam buracos propositais para acesso externo, os SDI detectam quando esses acessos possam ser maliciosos de alguma forma. Ou, pelo menos, deveriam. Os SDI ainda apresentam grande taxa de falsos positivos, além da necessidade de cuidado dos administradores em alimentar freqüentemente suas bases. Dentre os produtos relacionados a esta área, que vem sofrendo atualizações de forma regular estão o Snort (www.snort.org), Hogwash (<http://hogwash.sourceforge.net>), Shadow e Fragrouter ([http://packetstorm.widexs.nl/UNIX/HYPERLINK\"http://packetstorm.widexs.nl/UNIX/IDS/nidsbench/nidsbench.html\"IDS/nidsbench/nidsbench.html](http://packetstorm.widexs.nl/UNIX/HYPERLINK\)).

Os sistemas de prevenção de intrusão oferecem a habilidade de identificar uma intrusão e passar informações apropriadas sobre relevância, impacto, direção de eventos, bem como comandos aos *firewalls*, *switches* e outros

dispositivos de rede para mitigar os riscos do evento. Diferenciam-se dos SDI por seu caráter ativo. Os SPI têm atuado em conjunto com SDI e firewalls, sendo ainda a fronteira entre estes sistemas de difícil definição. Por isso, a oferta insistente dos fornecedores de soluções, como Symantec, NetScreen, Teros e Nokia, em vender aplicações integradas de segurança que incluem um *firewall*, proteção de antivírus, filtro de conteúdo de Internet, além de tecnologias de RPV, de detecção e de prevenção de intrusão.

Os *honeypots* correm por fora, mas também começam a abrir seu espaço em ambientes de produção. O objetivo é levar atacantes bem-sucedidos a atacar falsos sistemas perdendo tempo e permitindo à equipe de resposta reunir informações sobre ele. Dentre os produtos em destaque estão o Snort-inline (<http://snort-inline.sourceforge.net/>), o Honeyd (<http://www.citi.umich.edu/u/provos/honeyd/>) e o Labrea Tarpit. Enfim, neste arsenal de defesa, o que vemos é o mesmo em 2004!

Redes Sem Fio

O uso de redes sem fio é uma realidade em ascensão, tanto em ambientes corporativos quanto em redes metropolitanas. Seu crescimento deve-se, sem dúvida, à simplicidade de implantação, quando comparada às redes guiadas, e à mobilidade proporcionada ao usuário. Quanto à segurança, tem gente que a compare a instalar um hub no estacionamento da empresa. Sem dúvida, as vulnerabilidades são maiores, neste caso. O *Wired Equivalent Privacy* (WEP), desenvolvido para, como o nome diz, equivaler a segurança de uma rede guiada, apresenta falhas de projeto surpreendentes. Para os interessados no tema, vale a pesquisa das ferramentas *Air Snort* (<http://sourceforge.net/projects/airnorth>) e *WEPCrack* (<http://wepcrack.sourceforge.net/>). Claro que ativar o protocolo WEP é muito melhor que deixar o tráfego em claro. Mas, quando que a segurança de ambientes sem fio vai atingir níveis aceitáveis? Podemos dizer que já está melhorando. Não com o uso do WEP2, que mantém as mesmas vulnerabilidades do WEP, só aumentando o tamanho da chave. Mas sim, com a implementação do *Wi-Fi Protected Access* – WPA, que, utilizando o protocolo *Temporal Keying Integrity Protocol* (TKIP) e a autenticação IEEE 802.1X, é um passo intermediário entre o WEP (mantendo a compatibilidade com este) e o padrão *Robust Secure Network* (RSN) ou IEEE 802.11i. Este

último utiliza o algoritmo Rijndael e também a autenticação IEEE 802.1X, mas não mantém compatibilidade com WEP.

Assim, se sua empresa já possui equipamentos WEP e não pretende dispor, por enquanto, do investimento, consulte o fornecedor para verificar a possibilidade de atualização para o WPA. Se sua empresa não possui equipamentos sem fio, mas deseja adquiri-los, considere equipamentos que implementem RSN.

Legislação

Em 2003 foram sancionadas, na área de informática, as seguintes leis:

- Lei nº 10.695, que altera e acrescenta parágrafo ao art. 184 e dá nova redação ao art. 186 do Código Penal, revoga o art. 185, e acrescenta dispositivos ao Código de Processo Penal;
- Lei nº 10.740, que altera a Lei nº 9.504/97, e a Lei nº 10.408/02, para implantar o registro digital do voto.
- Lei nº 10.764, que altera a Lei nº 8.069/90, que dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências.

A primeira ataca a pirataria e marginaliza o MP3. A segunda acaba com a necessidade do voto impresso. E a terceira tipifica a prática de pornografia.

A Portaria Interministerial nº 739 deu nova redação aos arts. 2º e 3º da Portaria Interministerial MC/MCT nº 147/95, que criou o Comitê Gestor da Internet no Brasil.

Um novo Comitê Gestor e um novo modelo de direção da Internet no Brasil foram instituídos pelo decreto nº 4.829. Outros decretos, por sua vez, instituíram o Sistema Brasileiro de Televisão Digital (nº 4.901), a Rede Brasil de Tecnologia - RBT (nº 4.776), e políticas públicas de telecomunicações (nº 4.733).

O Senado Federal aprovou projetos de lei significativos, destacando:

- PL 228/00, que altera o art. 1º da Lei nº 9.800/99, que permite às partes a utilização de sistema de transmissão de dados para a prática de atos processuais;

- PL 2.308/00, que dispõe sobre a divulgação, através da Internet, dos dados e informações relativos a licitações realizadas pelos órgãos dos poderes Executivo, Legislativo e Judiciário, em todos os níveis da Administração Pública e dá outras providências;
- PL 234/02, que dispõe sobre requisitos e condições para o registro de nomes de domínio na rede internet no Brasil;
- PL 225/03, que normatiza a divulgação de documentos institucionais, produzidos em língua estrangeira, nos sítios e portais da Internet mantidos por órgãos e entidades públicos;
- PL 240/03, que altera a Lei nº 9.394/96, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, para determinar a adoção de políticas específicas de acesso a bibliotecas, a computadores e à Internet e elaboração de metas de inclusão digital.

Já o plenário da Câmara aprovou o PL 84/99 que trata dos crimes cometidos na área de informática e suas penalidades.

Enfim, sob o ponto de vista legislativo, percebemos que privacidade, software livre, crime digital e direitos autorais têm sido a tônica. Sem medo de cometer exageros, e salvos os raros casos de iniciativas isentas, percebe-se a movimentação dos revendedores e demais intermediadores na tentativa de implementar um sistema jurídico mundial capaz de proteger seus interesses nos moldes do direito autoral tradicional.

Percebemos, ainda, a necessidade de uma legislação específica que defina a responsabilidade dos diversos tipos de provedores na Internet, mais notadamente no que se refere aos provedores de acesso e de serviços (correio eletrônico, hospedagem e chave de busca, por exemplo) pelos atos de seus usuários. Enquanto isso, aconselhamos a estes provedores que coloquem em contrato a possibilidade de suspensão da hospedagem em caso de prática de *spamvertised* (as mensagens de *spam* levam à página hospedada).

Conclusão

Os profissionais de segurança terão mais do mesmo em 2004, vivendo o conflito de tentar ordenar a segurança digital dentro de um ambiente com características caóticas. Por outro lado, nunca se falou tanto nem se viu tantas

pessoas envolvidas no assunto segurança da informação. O que se pode concluir é que, por necessidade ou por interesse no assunto, o foco tem crescido rapidamente sobre o tema. Hoje, vemos proliferarem cursos de graduação e pós-graduação pertinentes à segurança de dados. Mais tanquitos serão, portanto, os dias em que todos os profissionais de informática (desenvolvedores e suporte) saberão incorporar o quesito de segurança às soluções desenvolvidas.

Biografias

Eduardo Wolski é aluno de doutorado do Departamento de Engenharia Elétrica e professor do IESB.

Fernando Cesar Castaño Mariño é mestre pelo IME e professor da Faculdade Euro-Americana.

VARIAÇÕES DOS SINAIS GPS NA PROPAGAÇÃO TRANSIONOSFÉRICA, AFETANDO OS FUTUROS SISTEMAS DE RADIONAVEGAÇÃO AERONÁUTICA

Eng. Ângelo A. C. Canavitsas - M. C. do Dep. de Controle do Espaço Aéreo - DECEA
Eng. Mauro Soares de Assis - M. C. do Instituto Militar de Engenharia - IME
Eng. Giuseppe Vítório Amendola - M. C. do Instituto Militar de Engenharia - IME
canavitsas@openlink.com.br; msassis@openlink.com.br; gamendola@uol.com.br

ABSTRACT

A indústria aeronáutica vem apresentando, há muitos anos, um significativo e contínuo aumento na densidade de tráfego aéreo. Devido a esse fator, foram idealizadas e desenvolvidas novas tecnologias que permitissem controlar com maior flexibilidade, segurança e economia todos os vôos, formando uma rede de abrangência mundial.

Um dos sistemas mais promissores para suporte global às aeronaves, é o de radionavegação aeronáutica por meio de satélites. Sendo assim, o GPS foi naturalmente indicado como estrutura de suporte para esse fim. Baseado nesta premissa, foi desenvolvido o *Satellite Based Augmentation System* - SBAS, chamado no Brasil de Sistema de Aumentação Baseado em Satélite, que pretende proporcionar posicionamento para as aeronaves, facilitando diversas manobras necessárias ao tráfego aéreo, além de permitir aproximações e pousos de precisão.

Embora muito promissor, o SBAS encontra problemas de precisão no posicionamento das aeronaves, devido a variações que o sinal do GPS, emitido na banda L, sofre ao atravessar a ionosfera. Essas variações são detectadas com maior frequência, em regiões equatoriais.

Já foram realizados testes do SBAS no Brasil, tendo sido obtidos resultados aquém dos parâmetros mínimos preconizados pelos órgãos operacionais da Aeronáutica. Estes resultados impedem que, no estágio atual de desenvolvimento, o sistema seja aprovado no território nacional, para procedimentos de precisão.

Somente com um aprimoramento do posicionamento será possível viabilizar a ampla utilização da radionavegação aeronáutica, por meio de segmentos espaciais. Este artigo, portanto, tem o objetivo de divulgar os estudos em andamento sobre a ionosfera e, mostrar como esse conhecimento pode auxiliar na correção dos erros de coordenadas obtidas pelo GPS.

INTRODUÇÃO

Um órgão de controle de tráfego aéreo ideal, deve manter as aeronaves sob sua responsabilidade, decolando pontualmente, voando dentro de espaços aéreos bem definidos, e seguindo rigorosamente as restrições e normas existentes. Além disso, todo o tráfego deve manter as rotas, velocidades e níveis de vôo pré-estabelecidos, de modo que venham a pousar dentro dos horários previstos.

A execução racionalizada de todas essas funções pode ser uma tarefa muito ambiciosa, se forem consideradas as reais condições que podem alterar os parâmetros dos planos de vôo, inicialmente propostos. Fatores meteorológicos, falhas de equipamentos ou dos sistemas de comunicações, podem contribuir para situações inesperadas, que deverão ser gerenciadas e solucionadas em prol da integridade dos vôos.

Logo, para que sejam sempre mantidos os níveis mínimos de segurança, uma complexa,

vasta e redundante infra-estrutura aeronáutica está implantada, em terra. O objetivo é proporcionar às aeronaves sinais de radiocomunicação, para intercâmbio de mensagens de coordenação e, sinais de radionavegação, para que as aeronaves sejam guiadas e permaneçam voando com seu posicionamento preciso, em todas as fases de vôo, principalmente nos procedimentos de aproximação e pouso.

As projeções da demanda de tráfego aéreo para um futuro próximo são significativas, como demonstra o gráfico 01. Nesse gráfico são apresentadas as expectativas de aumento anual dos vôos na rota Europa - América do Sul, chamada de corredor Euro-SAM. Supondo que demandas como esta se concretizem, as administrações que tem sob sua responsabilidade grandes volumes de espaço aéreo como o Brasil, devem preparar-se, com a devida antecedência. Essa preparação implica em investimentos sensíveis em recursos humanos e, mormente em infra-estrutura de terra.

Para que se obtenha um sentimento mais apurado sobre a magnitude da infra-estrutura

mencionada, foram inseridas neste artigo as figuras 01 e 02, que demonstram, respectivamente, a quantidade de rotas aéreas nacionais e internacionais, que cortam o espaço aéreo brasileiro.

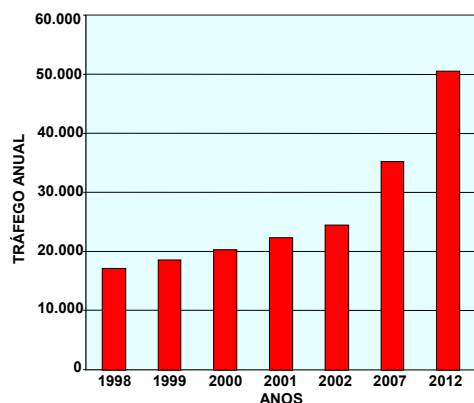


Gráfico 01: Projeção do tráfego aéreo no Brasil - rota Europa - América do Sul. ¹

Estas rotas são balizadas por radioauxílios, sendo os mais importantes os *Non-Directional Beacon* - NDB, que são radiofaróis não direcionais e os *VHF Omnidirectional Range* - VOR, que são irradiadores omnidirecionais em VHF.

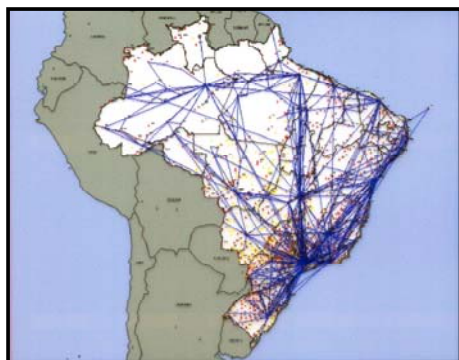


Figura 01: Rotas aéreas nacionais existentes no espaço aéreo brasileiro.

O NDB fornece aos pilotos uma indicação de direção, com referência na posição de instalação do sistema irradiante do auxílio. A faixa básica de operação vai de 190 a 525kHz, existindo alguns equipamentos especiais, operando em torno de 1.650kHz. Os radiofaróis são utilizados para procedimentos de aproximação (chamados

¹ Ten.-Cel.-Av. Cirilo - Apresentação em Seminário do DECEA sobre Ionosfera e Tráfego Aéreo - 2002 [Gráfico 01 / Figuras 01 e 02].

de não precisão) e balizamento de rotas aéreas.

O alcance dos NDB vai além da linha do horizonte, devido a faixa de frequências utilizada e o tipo de sistema irradiante, um monopolo vertical com malha de terra. Os mecanismos de propagação principais são visada direta, ondas de solo e em alguns casos ondas celestes, propagadas via ionosfera.

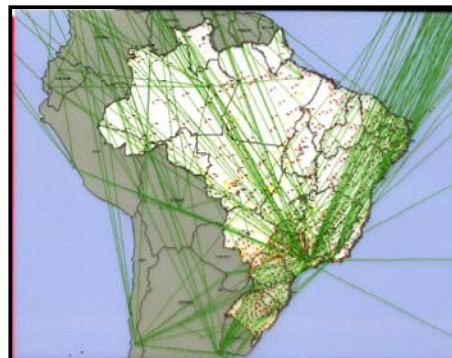


Figura 02: Rotas aéreas internacionais que cortam o espaço aéreo brasileiro.

Os VOR são radioauxílios mais precisos do que os NDB e, oferecem aos pilotos não somente a direção, mais também a radial na qual a aeronave se encontra, em relação ao centro do respectivo sistema irradiante. Os VOR também são utilizados para procedimentos de aproximação (chamados de não precisão) e balizamento de rotas aéreas.

Seu alcance (VOR) é um pouco menor comparado com o do NDB, passando da linha do horizonte, entretanto, depende da altura em que se encontra a aeronave (quanto mais alta melhor o alcance). O mecanismo de propagação utilizado é basicamente o de visada direta.

Dessa forma, para que todas as rotas anteriormente citadas estivessem devidamente guarnecidas, uma considerável quantidade de radioauxílios também deveria estar implantada, em todo o território abaixo do espaço aéreo a ser controlado.

Outro radioauxílio que merece destaque é o *Instrument Landing System* - ILS conhecido como sistema de aterrissagem por instrumento. Esse sistema permite aproximação e pousos de precisão, inclusive em situações de pouca visibilidade. Ele é

utilizado na fase final do vôo, para a aterrissagem. O ILS só é funcional nos arredores da pista de pouso na qual está instalado e, seu alcance é limitado a algumas milhas do aeroporto. O único mecanismo útil de propagação é o de visada direta. Para que esta facilidade estivesse disponível nos milhares de aeroportos existentes, milhares de ILS deveriam também ser implantados.

VIABILIDADE DOS INVESTIMENTOS

A *International Civil Aviation Organization* - ICAO, a Organização Internacional de Aviação Civil, é uma entidade que tem como objetivos o desenvolvimento dos princípios e técnicas da navegação aérea internacional e, a organização e progresso dos transportes aéreos, visando a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aeronáuticos.

A ICAO possui em sua estrutura painéis de estudo, que contam com especialistas de vários países, inclusive do Brasil. Os trabalhos realizados levam em conta aspectos técnicos, operacionais, econômicos e políticos, visando estipular normas e padrões para a aviação moderna. Estes painéis já estudaram e especificaram sistemas, supostamente capazes de solucionar o problema do controle do tráfego aéreo, absorvendo a vinda demanda. Estes novos sistemas tem a garantia de um alto desempenho, de preservar os níveis de segurança preconizados e, ainda, de proporcionar grande economia às administrações.

Existe um consenso nos estudos da ICAO de que a expansão e manutenção dos radioauxílios atualmente existentes, como os NDB, VOR e ILS, visando o suporte de um aumento significativo de tráfego aéreo, implica em custos economicamente inviáveis. Incentiva-se então, por conta desses estudos, a modernização da infra-estrutura aeronáutica.

SISTEMA SBAS

Na estrutura terrestre atual, as aeronaves perdem precisão de posicionamento, com o distanciamento dos radioauxílios. Atualmente, as rotas aéreas não são lineares, na verdade, descrevem linhas que acompanham a disposição física de instalação dos equipamentos. Assim, para que todas as futuras rotas fossem balizadas com maior precisão e, as aproximações e pouso

pu dessem ser realizadas de forma otimizada, diversas novas implantações deveriam ser previstas.

Portanto, há uma forte tendência na utilização de sistemas de navegação aérea por satélite. As vantagens da radionavegação aeronáutica por meio de segmento espacial são, uma cobertura global extensa, sem perda de precisão em função da localização das aeronaves e, a continuidade da prestação dos serviços de posicionamento independente da região. Além dessas vantagens, existirá a possibilidade de linearização das rotas, o que proporcionará sensível economia de combustível. Pode ser acrescentada nesta lista uma notável redução nos custos de manutenção, comparando estes, com os despendidos nos sistemas terrestres hoje existentes. A gerência do segmento espacial seria centralizada, o que facilitaria a solução de problemas de fluxo de tráfego, que hoje exigem coordenação entre diferentes regiões de controle do espaço aéreo.

Baseado nestes princípios foi então desenvolvido, dentre outros sistemas, o *Satellite Based Augmentation System* - SBAS, chamado no Brasil de Sistema de Aumentação Baseado em Satélite, que pretende proporcionar posicionamento global para as aeronaves, permitindo aproximações e pousos de precisão, utilizando como suporte o *Global Positioning System* - GPS, o Sistema de Posicionamento Global via Satélite.

O funcionamento básico do Sistema SBAS está ilustrado na diagrama da figura 03, onde pode ser vista uma aeronave recebendo os sinais dos satélites do GPS e obtendo sua posição. Na mesma região existe uma das estações de referência (denominada *Terrestrial Reference Station* - TRS), que também recebe os sinais dos mesmos satélites. Esta estação está em um ponto de coordenadas conhecidas com precisão, de forma que pode ser processado o erro de posicionamento em um determinado instante. Este erro, considerado regional é o mesmo recebido pela aeronave e, é enviado a Estação Master. Esta estação, por sua vez, processa esses dados e transmite, por meio de um *uplink* as devidas correções para a um satélite geoestacionário. Este satélite GEO reenvia as correções de coordenadas por um *downlink*, como um canal especial do GPS, que será recebido pela aeronave (como se fosse um dos satélites GPS) e, processado

por equipamentos específicos. Desta maneira a aeronave terá o seu posicionamento corrigido.

Cada TRS capta o erro regional, em torno da sua posição, e o transmite para a estação Master, para que ele seja processado e enviado para o satélite GEO, que o reenvia como um sinal do GPS, na banda L, para as devidas regiões que precisam de correção. A idéia é de que com esta estrutura seja possível guiar uma aeronave através de uma rota e, permitir as aproximações e pousos de precisão, mesmo em condições precárias de visibilidade. Posteriormente, o cenário desejado seria a possível linearização das rotas aéreas e, a desativação gradativa dos antigos radioauxílios terrestres.

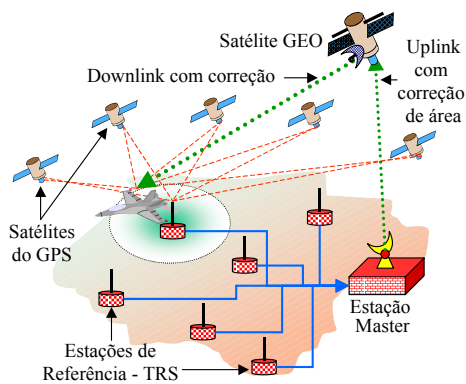


Figura 03: Diagrama da estrutura do SBAS em uma determinada região.

Nos Estados Unidos, uma variação do SBAS, chamada de *Wide Area Augmentation System* - WAAS, o Sistema de Aumentação em Área Extensa, já está sendo utilizado, inclusive para aproximações e pousos de precisão. Neste sistema existem vinte e seis estações do tipo TRS espalhadas pelo território americano e, duas estações Master. O sistema monitora as variações dos erros de coordenadas, em função do comportamento da ionosfera.

A Ionosfera na área dos Estados Unidos é bem comportada, apresentando raras variações capazes de causar erros de posicionamento significativos. Essas variações ocorrem, normalmente próximas às regiões polares, sendo detectadas ocasionalmente. Por essa razão, o sistema americano apresentou bons resultados. Mesmo assim, por vezes a possibilidade de utilização do WAAS para aproximações de precisão é cancelada, devido a variações mais abruptas da Ionosfera.

Embora muito promissor, o SBAS encontra problemas de precisão no posicionamento devido a variações que o sinal do GPS sofre ao atravessar a ionosfera. Esse fato ocorre com maior intensidade nas regiões equatoriais, que possuem uma ionosfera mais dinâmica. Nestas regiões, a grandeza dos erros obtidos foi tal, que mesmo os elaborados algoritmos de correção disponíveis, não foram suficientes para garantir que as imprecisões ficassem dentro de valores toleráveis.

Antes de abordar efetivamente o problema da Ionosfera equatorial, é oportuno informar que já foram realizados testes preliminares, reais, com o SBAS no Brasil, tendo sido obtidos resultados aquém dos parâmetros mínimos de precisão e, conseqüentemente, de segurança, preconizados pelos órgãos operacionais da Aeronáutica. Estes resultados impedem que o SBAS seja aprovado, no território nacional, para aproximações e pouso de precisão.

IONOSFERA EQUATORIAL

A Ionosfera é uma camada da Atmosfera que se torna ionizada, ou seja, as moléculas passam por um processo de dissociação de elétrons, tornando-se íons. Esse fenômeno cria um plasma eletricamente dinâmico, que adquire propriedades capazes de alterar a trajetória das ondas eletromagnéticas.

A ionização ocorre devido a vários fatores, sendo os mais importantes, em ordem decrescente, a irradiação de raios Ultra Violeta, de raios X e da radiação corpuscular, provenientes do sol e, dos rastros de meteoros. Por isso, o comportamento dessa região está intimamente ligado às atividades solares. A Ionosfera se estratifica em camadas, classificadas como "D", "E" e "F", de acordo com a sua densidade de ionização, ou seja, a quantidade de elétrons livres. Ela se situa aproximadamente de 60 a 1.000km de altura, existindo na região, que se estende de 60 a 450km uma maior densidade eletrônica. As faixas de frequências mais interativas com a ionosfera são as de MF e HF, embora faixas mais altas, como a banda L, apresentem sensíveis efeitos de cintilação e multipercursos.

A Ionosfera possui um comportamento complexo, por vezes aleatório, dificultando a sua modelagem precisa. Entretanto, são bem conhecidas algumas variações diuturnas, sazonais, anuais e um ciclo de 11 anos,

relativo a atividade solar, que altera significativamente a camada em questão. O ciclo solar refere-se ao número médio de manchas apresentado pelo sol, o *Sun Spot Number* - SSN. O gráfico 2 mostra o número médio de manchas solares observados, de janeiro de 1995 a dezembro de 2003. Quanto maior o número de manchas, maior a densidade de ionização da Ionosfera.

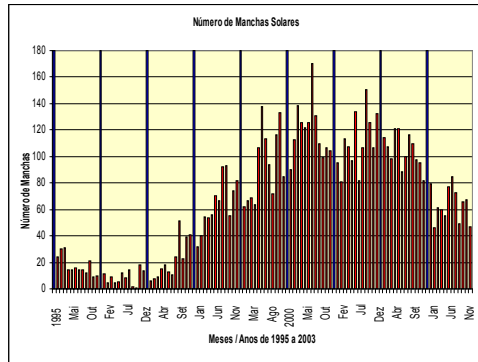


Gráfico 02: Número médio de manchas solares de 1995 a 2003, indicados em colunas vermelhas.

Pela sua importância na propagação em HF, que permite comunicações a longas distâncias, a Ionosfera vem sendo estudada há bastante tempo. Com o advento do GPS, a propagação transionosférica passou a ser pesquisada com um maior detalhamento, pois efeitos de cintilação e atrasos, afetam os sinais daquele sistema. Destes estudos, chegou-se a uma classificação da Ionosfera em regiões, conforme o seu comportamento. Na figura 04 é possível observar as regiões polares, as de transição, as temperadas e a região equatorial, esta última a mais turbulenta.

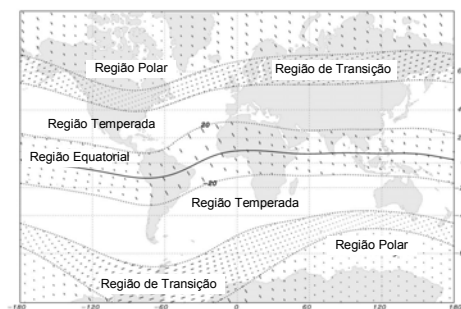


Figura 04: Regiões da Ionosfera (destaque a equatorial, que engloba grande parte do Brasil).²

² Figura adaptada do *White Paper do Satellite Based Augmentation System – Ionosphere – SBAS –IONO/06 – Maastricht – Holanda – Agosto, 2002.*

A Ionosfera equatorial é a região situada em torno da latitudes $+ 20^\circ$ e $- 20^\circ$, respectivamente, acima e abaixo do equador magnético, que percorre uma linha distinta, do equador geográfico. Nessa região, ocorrem movimentações ocasionais e abruptas no plasma, que modificam aleatoriamente a distribuição do conteúdo eletrônico da ionosfera. Este comportamento anômalo é gerado, dentre outros fatores, pela disposição do campo magnético na região. Nos pólos, o campo magnético possui linhas perpendiculares à superfície da Terra e, na região equatorial, as linhas se tornam horizontais ao longo do equador magnético.

Outro interessante fenômeno é o conhecido como anomalia equatorial. Nas regiões comportadas da ionosfera, a densidade de ionização se intensifica com a incidência direta dos raios solares e, apresenta o seu ápice em torno da 14:00 horas local. Nestes casos, o volume da Ionosfera que, normalmente ficou mais exposto ao Sol, fica mais ionizado. Já nas regiões equatoriais, a emissão dos raios solares, se combina com a ação dos campos magnéticos, fazendo com que os elétrons livres escoem ao longo das suas linhas de força, distribuindo a densidade de ionização em dois picos, divergindo da formação esperada. Esse fenômeno então, é chamado de anomalia equatorial, o qual está representado na figura 05.

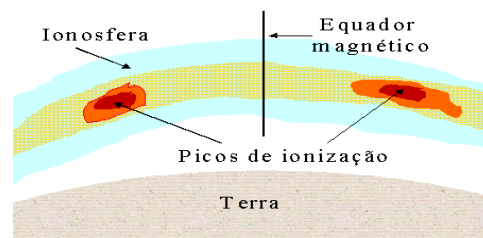


Figura 05: Anomalia equatorial com a distribuição da densidade de ionização em dois picos.

Toda esta movimentação gera instabilidades na região que, da tarde para a noite, com a redução da energia proveniente do Sol, tende a se estabilizar. Um fenômeno muito interessante chamado de depleção ionosférica, é iniciado, justamente ao entardecer, formando uma estrutura similar a uma bolha, de baixa densidade eletrônica, no plasma ionosférico. Essa bolha, de densidade inferior a do meio, é gerada por instabilidades na base da camada "E" e, desloca-se para cima, atingindo a camada

"F", buscando um equilíbrio e, deixa ao longo do seu trajeto uma trilha de irregularidades. As dimensões estimadas destas bolhas são de até 100 km de largura e 1.000km de comprimento. Essas depleções movem-se para cima e, o seu deslocamento horizontal segue a direção Oeste – Leste. A conexão dessas depleções com os sinais do GPS é que, quando estes atravessam aquelas estruturas, na propagação transionosférica, são percebidas fortes cintilações e detectados erros significativos nas coordenadas obtidas.

Muito ainda resta a esclarecer sobre as propriedades da ionosfera, e seu dinâmico comportamento, em especial nas regiões equatoriais. Por esse motivo, o seu estudo detalhado e, associado às variações sofridas pelos sinais emitidos de segmentos espaciais, tem despertado grande interesse por parte da comunidade científica nacional e internacional.

ESTUDOS DESENVOLVIDOS

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA, órgão responsável por prover as telecomunicações aeronáuticas e gerenciar o tráfego aéreo no Brasil, enfrenta os óbices de implantação dos futuros sistemas de forma estruturada e, com grande determinação. Existem especialistas do DECEA e de entidades científicas de renome, participando da especificação técnica e desenvolvimento dos novos sistemas, tendo sido criado um Grupo de Estudo, denominado GT Ionosfera, para analisar a situação SBAS-Ionosfera Equatorial e propor soluções. Um dos resultados foi a avaliação do comportamento da Ionosfera a partir de medidas em HF, visando buscar possíveis correlações e um maior conhecimento sobre a causa dos erros de coordenadas, obtidos a partir do GPS.

A metodologia utilizada baseou-se nos seguintes princípios: 1 - Os erros nas coordenadas do GPS são provenientes de alterações no percurso dos sinais, gerados nos satélites, quando estes atravessam a Ionosfera (um determinado volume) antes de chegar às antenas dos receptores. 2 – Sendo possível efetuar um enlace HF entre duas estações, para o qual o volume da Ionosfera, utilizado para reflexão, fosse o mesmo atravessado pelos sinais do GPS, supõe-se ser viável avaliar as ondulações na

propagação HF e, associá-las aos erros de coordenadas obtidos, no mesmo período.³

A estrutura implantada para os testes contou com vários transceptores HF de 100 Watts, instalados em Corumbá – MS (19,02 Sul; 57,65 Oeste). Esses transceptores estavam conectados a antenas dipolos, apontadas para o Rio de Janeiro. Eles ficaram ativos, continuamente, emitindo um *beacon* de identificação. Foi instalada uma estação de recepção, responsável pela coleta de dados HF no Rio de Janeiro - RJ (22,888 Sul; 43,28 Oeste) e, também uma estação GPS para registro dos erros de coordenadas, localizada nas imediações do ponto médio do enlace HF, na Universidade Estadual de Presidente Prudente, PP - SP. A figura 06 demonstra o diagrama do *set* montado. A região de estudo foi escolhida com base em publicações sobre a ocorrência de depleções ionosféricas no Brasil.

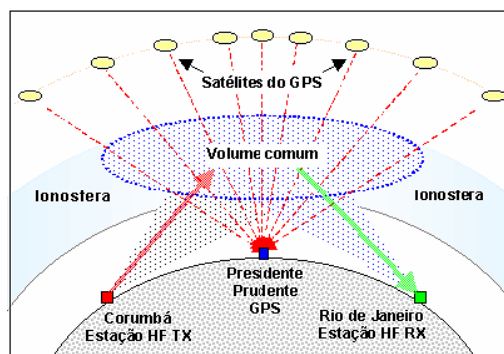


Figura 06: Diagrama da estrutura dos testes HF e GPS

Diariamente foram registradas em torno de 40.000 amostras do nível de sinal HF no Rio de Janeiro. Paralelamente, foram gravados os erros de coordenadas do GPS, em Presidente Prudente. Os sinais recebidos foram processados, de forma a permitir uma apresentação gráfica do comportamento da Ionosfera, dos erros do GPS e, finalmente realizar um estudo comparativo com todos os dados disponíveis.

RESULTADOS OBTIDOS

Por meio do processamento realizado, foi possível detectar que as medidas em HF apresentavam com frequência, variações anômalas no nível de sinal captado. Essas

³ Amendola, Giuseppe – “Análise do Comportamento da Ionosfera a Partir de medidas em HF” – IME, Dez 2003

variações eram mais destacadas nos períodos do entardecer para a noite. Elas divergiam dos cálculos teóricos, feitos para avaliação do enlace CR-RJ, com base na recomendação ITU-R P. 533-7 - *HF Propagation Prediction Method*. No mesmo período, em vários dias, os sinais do GPS, também demonstraram erros de posicionamentos significativos.

Avaliando a literatura disponível sobre o assunto, na tentativa de elucidar as ocorrências registradas, é possível presumir-se a possível ocorrência de variações na densidade eletrônica do meio, ou aparecimento de depleções ionosféricas nos mesmos períodos, o que explicaria os resultados encontrados. O gráfico 03 mostra o resultado da avaliação da propagação HF do enlace CR-RJ, e reflete o comportamento da ionosfera na região acima de Presidente Prudente, onde foram registrados os erros de posicionamento do GPS. No referido gráfico pode ser, claramente, visto um comportamento majoritário dos níveis de sinal HF e, discrepâncias, no período de 19 as 21 horas, que ocorreram com frequência.

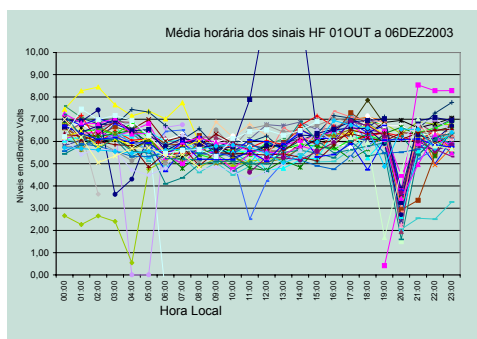


Gráfico 03: Medidas HF do enlace CR-RJ - OUT a DEZ /2002 - foco no período de 19:00 as 21:00.

Nesse gráfico, cada linha representa um dia e cada ponto a média horária dos níveis de sinais registrados. Este artifício foi utilizado para facilitar a visualização dos resultados. Deve ser observado que existem restrições na utilização dos dados apresentados, pois, foram avaliadas diversas frequências HF e, no gráfico 03 é visualizada apenas uma (em torno de 23MHz), que apresentou níveis de sinal estáveis no período de 15:00 as 00:00, que englobam o horário de interesse. Além disso, conforme os cálculos de propagação, nos demais horários os níveis (na mesma frequência) são baixos e fornecem uma relação sinal/ruído muito pobre,

impossibilitando um processamento confiável dos dados obtidos.

No gráfico 4 podem ser vistas as discrepâncias em metros na latitude, longitude e altitude, obtidas na estação GPS, em Presidente Prudente. Já no gráfico 05 são mostradas as variações do sinal HF recebido no mesmo dia no RJ. Esses dados são específicos do dia 31 de outubro de 2002, entretanto, refletem resultados similares detectados em outros dias.

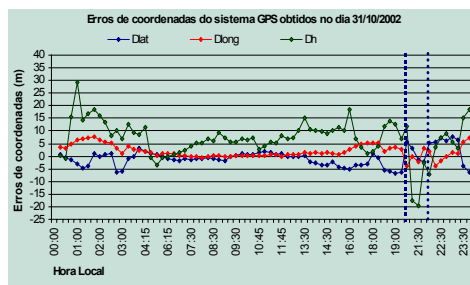


Gráfico 04: Erros de coordenadas obtidas em Presidente Prudente no dia 31OUT2002.

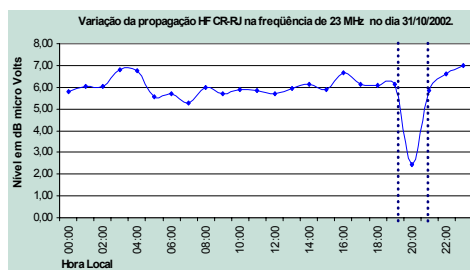


Gráfico 05: Variação HF refletindo o comportamento da Ionosfera na vertical de PP em 31OUT2002.

Os gráficos 4 e 5 estão com os horários em torno de 19:30 horas marcados pois, existe uma aparente correlação nas variações apresentadas. Na verdade, estes resultados eram esperados e, confirmam a hipótese de que o enfraquecimento, ou variações bruscas da densidade eletrônica de regiões ionosféricas equatoriais, pode causar alterações nos sinais da banda L, afetando-os de tal forma, que os erros de coordenadas não são corrigidos, adequadamente, pelos algoritmos hoje existentes no SBAS.

CONCLUSÃO

Pretende-se, de posse dos indícios obtidos, idealizar um método detalhado de medição regional da Ionosfera, por meio de sondagens oblíquas, associado, em tempo

real com medidas, igualmente, apuradas do GPS, de modo que seja possível a detecção de variações de ambos os sinais (HF e GPS) que venham a predizer, futuros eventos anômalos e seqüências de erros de posicionamento.

Uma possível alternativa para o problema seria detectar, via HF, o início das variações da ionosfera, antes da ocorrência efetiva de uma turbulência, assim, seria acionado um dispositivo de correção para os erros do GPS, conforme o grau e tipo do futuro distúrbio detectado. Julga-se possível então, acionar gatilhos para a aplicação de algoritmos específicos de correção, visando minimizar os erros de posicionamento final das aeronaves.

Os módulos idealizados e o fluxo de dados desse dispositivo estão, resumidamente, expostos no diagrama da figura 06. Primeiro existiria um enlace HF nos moldes do CR-RJ, para cobrir o ponto médio da região desejada. Os dados colhidos seriam avaliados, em regime *on line*, pelo "Detetor de Anomalias" que, identificaria o início de períodos de turbulência. Esse detetor acionaria o "Módulo de Decisão" que, no caso das detecções positivas, mudaria o algoritmo de correção de coordenadas para o GPS, conforme o tipo de distúrbio detectado. Caso não houvesse nenhuma detecção de anomalias no sistema de monitoração HF, o SBAS continuaria com o seu algoritmo convencional.

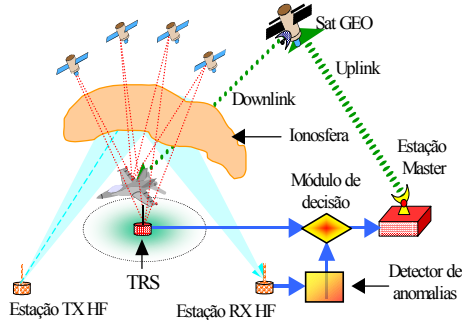


Figura 06: Segmento regional do SBAS com módulos propostos de monitoração HF.

Entende-se que os estudos ainda devem ser aprimorados, no sentido de aumentar o conhecimento estatístico da Ionosfera no Brasil. Seria muito interessante tentar identificar e classificar os tipos de distúrbios e anomalias, típicos da Ionosfera equatorial. Além disso, é necessário conhecer as suas estatísticas de ocorrência e, as características dos erros que acarretam. Mesmo tendo-se a

consciência de ser esta uma árdua tarefa, conceitualmente, as informações obtidas, induzem a crer que existe forte correlação entre as medidas em HF com os erros de posicionamento regional do GPS. Sendo assim, supõe-se que esses conceitos podem vir a ser a chave para uma solução *on line*, que viabilize a utilização mais ampla do SBAS no Brasil e, em outras regiões equatoriais.

As críticas, dúvidas e sugestões a esta matéria são bem vindas. Solicitando-se a gentileza de endereçá-las para:

canavitsas@openlink.com.br

msassis@openlink.com.br

gamendola@uol.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Canavitsas, Ângelo – “Otimização de Redes de Radiocomunicações em HF” – IME, Dez 2000.
- Bispo, Márcio — “Análise do Canal Ionosférico de Rádio-Propagação na faixa de HF” - IME, Dez 2000.
- Giuseppe, Amendola – “Análise do Comportamento da Ionosfera a Partir de Medidas em HF” - IME, Dez 2003.
- *White Paper do Satellite Based Augmentation System* – Ionosphere – SBAS – IONO/06 – Maastricht – Holanda – Agosto, 2002.
- ITU-R P. 533-7 - "*HF Propagation Prediction Method - International Telecommunication Union - Propagation*" - 2003.
- Matsuoka, Marcelo / Camargo, Paulo - "Avaliação de Funções para Modelagem do Efeito da Refração Ionosférica na Propagação dos Sinais GPS" - Anais do III Colóquio Brasileiro em Ciências Geodésicas - Mai 2003.
- Matsuoka, Marcelo / Camargo, Paulo - "Determinação do Erro Sistemático na Pseudodistância Devido à Ionosfera: Avaliação da performance do Mod_Ion e do Modelo de Klobuchar" - Anais do III Colóquio Brasileiro em Ciências Geodésicas - Mai 2003.
- Walter, Todd / Hansen, Andrew / Blanch, Juan / Enge, Per - *Stanford University* - Mannucci, Tony / Pi, Xiaoping/ Sparks, Larry / Iijima, Byron - *Jet Propulsion Laboratory* - El-Arini, Bakry / Lejeune, Roland - *MITRE* - Hagen, Mine / Altshuler, Eric / Fries, Rob / Chu, Aleck, - *Raytheon* - "Robust Detection of Ionospheric Irregularities" - *Stanford University Meeting* - Dez 2003.

- A. DasGupta, A. Paul / S. Ray -
"Ionospheric total electron content and WAAS
in the Indian zone" - Institute of Radio Physics
and Electronics
University of Calcutta - Calcutta (capturado
na Internet em Fev 2004)

ANTENAS MULTIBANDA PARA RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE: POSSIBILIDADES E LIMITACOES

MARCELO NOGUEIRA DE SOUSA

*Engenharia de Microondas
Universidade de Tecnologia de Munique - TUM*

<http://mastermwe.ei.tum.de>

e-mail: marcelonog29@uol.com.br

Resumo – A arquitetura de um rádio definido por software (RDS) possibilitará a completa integração dos serviços de telecomunicações. Entretanto antes de se atingir esta completa interoperabilidade, diversas dificuldades de implementação do módulo de rádio frequência devem ser superadas. As pesquisas feitas para superar os óbices tecnológicos devem envolver não só profissionais da área de processamento digital de sinais, mas também especialistas de microeletrônica e de antenas. Este artigo apresenta, de forma, sucinta os problemas, as tecnologias e as possíveis soluções discutidas em alguns dos centros de pesquisa e desenvolvimento da Alemanha, para colocar um sistema RDS em funcionamento, seja dentro de um carro, nos sistemas embarcados, ou mesmo para o usuário móvel. A análise é focada em duas principais tecnologias propostas, os RF-MEMs (Radio Frequency Micro Electromechanical Machine) e as antenas Fractais, e como estas tecnologias podem ser combinadas e integradas para possibilitar a operação multibanda do módulo de RF do RDS.

Abstract – The Software Defined Radio Architecture (SDR) will allow the fully integration of the telecommunication services, but before achieve this complete interoperability, several constrains in the RF module implementation must be overcome. The research to solve these difficulties should use professionals, not only from digital signal processing area, but also the microelectronics and antenna experts. This paper show in a short way the problems, the technologies and the possible solutions discussed in some Germany Research Centres, in the development of a SDR solution to be applied in car, embeded systems, or even in a mobile terminal. The analysis is focused in two key applications, RF-MEMs (Radio Frequency Micro Electromechanical Machine) and Fractal Antennas, and how these two technologies can be combined to allow the RF multiband operation of the SDR.

Keywords – Software Defined Radio, Multiband operation, Fractal Antenna, RF-MEMs

1 Introdução

A pesquisa e o desenvolvimento de sistemas de comunicações que empregam rádios definidos por software (RDS) possibilitarão uma interoperabilidade entre sistemas de diferentes arquiteturas. Esta flexibilidade permitirá que usuários de sistemas com tecnologias diferentes possam se comunicar de maneira simples e transparente.

A tecnologia que suportará esta interoperabilidade é a capacidade de reconfiguração dos equipamentos, uma vez que a eletrônica analógica existente em diversos circuitos internos será substituída por módulos de software. Todas as operações de processamento de sinais de voz, dados ou imagem serão realizadas em nível de software, que poderá ser

modificado de acordo com as características do sistema que o usuário estiver usando.

O equipamento RDS terá a capacidade de se adaptar automaticamente a diferentes sistemas de telecomunicações. A proposta é que o rádio possa funcionar como se fossem diferentes equipamentos em um só. Por exemplo, um telefone celular poderá receber sinais de televisão digital ou como um rádio de comunicação ponto-a-ponto.

Todas as arquiteturas propostas pelo **sdrforum** [1] sugerem que o SDR será basicamente constituído de três grandes partes:

- O processador, que pode ser considerado a parte do equipamento que realizará todo

processamento do sinal de voz bem como do sinal a ser transmitido.

- O conversor Analógico Digital, que executará a transformação de todos os sinais de rádio frequência para o domínio digital bem como a conversão de todos os sinais proveniente do usuário (voz, imagem, etc).

- A parte de rádio frequência (RF), que será constituída basicamente por dois blocos: o "front-end de RF" que realiza as operações de conversão, filtragem e amplificação do sinal; e a antena propriamente dita, que terá a função de obter o sinal proveniente do espaço livre e entregar o sinal da melhor forma possível ao front-end de RF.

(*) Alguns autores [2] consideram que o front-end de RF e o conversor A/D poderão ser colocados em um mesmo dispositivo.

Ao se observar os diferentes tipos de sistemas nos quais o equipamento RDS pode operar, percebe-se que existe um grande óbice tecnológico na parte de RF.

Por exemplo, para o equipamento mudar as características de funcionamento de um referido sistema de telefonia celular existente em uma localidade para adaptar-se a outro sistema em outro lugar, o RDS pode alterar todas as funções internas como forma de modulação, código corretor de erro, forma do sinal transmitido, etc. Entretanto, o equipamento precisa muitas vezes mudar a faixa de frequência de operação, e este é um problema tecnológico difícil de resolver.

2 Principais dificuldades na parte de RF de um RDS

Uma das maiores dificuldades de projeto da parte de radio frequência do RDS, consiste na necessidade de fazer o sistema operar em diferentes faixas de frequência. Quando se pensa em telefonia celular por mais diferentes que sejam os sistemas, os serviços são implementados em no máximo três faixas de frequências distintas. A primeira por volta dos 800 MHz, a segunda entre 1800 e 1.900 MHz e possíveis serviços na faixa dos 2.5 Ghz.

Por mais diferentes que sejam estas faixas de frequências, os sistemas podem ser concebidos de forma que a antena possa ser adaptada para operar dentro destas faixas, ou seja, se um

usuário está num sistema telefônico na faixa de 800 MHz e muda para uma localidade onde o serviço explorado está na faixa de 2.500 MHz o tamanho físico das antenas para estas duas faixas não muda muito e o dispositivo pode ser implementado para funcionar nas duas frequências.

Entretanto, este problema se complica quando se imagina um sistema RDS para uso militar onde o rádio tem que funcionar em frequências específicas dentro da faixa de 2 MHz até 3 GHz. Neste caso as limitações físicas começam a aparecer, pois uma antena que funcione em 2 MHz é fisicamente bem maior do que uma antena que funcione em 3 GHz.

Em termos operacionais, o usuário de um sistema RDS militar dispõe de um rádio que substitui diferentes equipamentos, entretanto o soldado ainda tem que levar diversos tipos de antenas de acordo com os sistemas que serão utilizados nas operações.

Para se ter uma idéia das dimensões envolvidas, uma antena de 2 MHz tem aproximadamente 3m de comprimento enquanto uma antena de 3GHz possui alguns centímetros. O impacto logístico e o peso que o soldado tem que carregar para poder fazer com que o seu rádio funcione em diferentes faixas continua o mesmo.

As possíveis soluções para este problema são:

- 1) Usar diferentes tipos de antenas;
- 2) Usar uma antena que altere instantaneamente o comprimento de acordo com a faixa de frequência utilizada;
- 3) Usar uma antena que funcione em diferentes faixas de frequência;
- 4) Usar diferentes antenas ligadas ao mesmo tempo no rádio.

3 Análise das possíveis soluções

Usar diversos tipos diferentes de antenas pode aparentar incômodo a primeira vista, entretanto dependendo da aplicação, podem existir soluções criativas.

Um bom exemplo que tem sido empregado em alguns projetos é o de telefones celulares que captam sinais da radio difusora de FM (88 a 108 MHz). Os sinais de radiodifusão são obtidos pela antena implementada no fone de ouvido. Assim, o usuário nem percebe que quando

coloca o fone na verdade esta colocando uma outra antena acoplada ao aparelho.

É bem verdade que para usar diferentes tipos de antenas, o usuário necessita realizar as trocas manualmente e desta forma há um subemprego de toda capacidade de reconfiguração do rádio, pois todas as alterações poderiam ser feitas automaticamente.

Para implementar a segunda abordagem existem duas tecnologias disponíveis: os PIN diodes e os RF-MEMs (Radio Frequency Micro Mechanical Machines [3]). O funcionamento dos dois é bastante similar. Basicamente estes dispositivos são chaveadores que conectam e desconectam segmentos de antenas para adaptar o tamanho elétrico do elemento irradiante à faixa de frequência utilizada.

Como já discutido no item 1, uma antena para uma faixa de frequência menor é fisicamente bem maior do que uma antena para frequência mais alta. Entretanto, com esta abordagem persiste o problema de não empregar corretamente toda a capacidade processamento dos SDR, pois o rádio precisa saber, de alguma forma, qual é a faixa de frequência a ser utilizada e esta informação tem que ser inserida pelo operador.

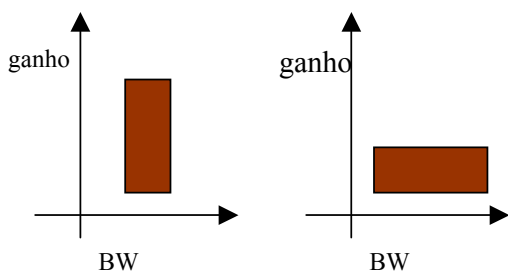


Figura 1 Produto G x BW

Há ainda a possibilidade de se usar uma antena que monitore determinados canais para receber a mensagem do sistema de forma a alterar toda a sua configuração de acordo com sistema da localidade. Porém existem outras limitações físicas, uma vez que o produto Ganho versus Banda Passante ($G \times BW$) é constante. Como se pode observar na figura 1 quando se tenta fazer um dispositivo funcionar em uma faixa de frequências maior o ganho diminui, o que mantém o produto constante. Para projetar uma antena que funcione em todo o

espectro de operação do RDS, o ganho da antena será baixo e dificultará a recepção das informações para a atualização automática. Ou seja, o usuário pode ligar o rádio em determinado lugar e o sinal de configuração não chegará amplificado adequadamente pela antena e as informações de atualização não poderão ser recebidas.

A tecnologia que possibilita a implantação da terceira abordagem é chamada de antenas multibanda. O projeto e a construção de antenas multibanda não é novo, pois mesmos as antenas do tipo Yaggis e Log-periódica apresentam um comportamento multibanda, onde cada faixa de frequência é sintonizada em uma determinada área da antena.

O problema reside no tamanho exigido para a construção destes agregados de antenas. Geralmente estas antenas são pesadas e grandes. Cada banda é irradiada em uma parte diferente da antena, entretanto o ganho não é constante em toda a faixa e é inferior ao obtido ao se empregar uma só antena otimizada para esta dada frequência.

A quarta solução é realizada usando-se diferentes tipos de antenas ao mesmo tempo. Esta abordagem pode parecer simples à primeira vista, entretanto há a necessidade de se possuir uma antena que receba os sinais de configuração para que o sistema troque seus parâmetros internos. Mais uma vez enfrenta-se a limitação do produto ganho-banda passante, pois a exigência de se ter uma antena com faixa de funcionamento muito grande necessariamente leva a um ganho pequeno. Esta solução também dificulta a realização das conexões de todas as antenas que chegam ao equipamento. Além da complexidade, outros fatores como o peso deste tipo de implementação, praticamente limita seu emprego em regiões centrais ou fixas como estações radio base, e não são indicadas para serem empregadas por usuários móveis.

4 Tecnologias Disponíveis

Segundo os estudos apresentados no SDRforum [1], três tecnologias são consideradas chaves para tentar solucionar os problemas práticos da parte de RF dos SDR:

- Antenas inteligentes;
- Antenas Fractais;

- RF-MEM (Radio Frequency – Micro-electromachine).

4.1 Antenas Inteligentes

A tecnologia de antenas inteligentes é considerada a última fronteira tecnológica relacionada ao projeto de sistemas irradiantes. Esta tecnologia tem a capacidade de aumentar a performance de um sistema de telecomunicações como um todo.

Os sistemas de antenas inteligentes combinam múltiplos elementos de antenas com o processamento digital de sinais para otimizar os diagramas de radiação, possibilitando direcionar o feixe, o que melhora a relação sinal-ruído no receptor e a qualidade do canal como um todo.

Isto pode ser feito tanto pelo chaveamento da alimentação nos diferentes componentes de um conjunto de antena, como pela defasagem desta alimentação, o que possibilita o controle do diagrama de irradiação do conjunto.

4.2 RF- MEMS

Como já descrito no item anterior os RF-MEMs swichts permitem que a antena seja realmente reconfigurada em tempo real através da interconexão instantânea de diversos segmentos de antenas. A figura 2 apresenta um diagrama esquemático deste funcionamento.

A antena é segmentada em diversos pedaços pequenos e utiliza os MEMs como chaveadores para alterar o comprimento elétrico de acordo com a frequência requerida, conforme apresentado na figura 2.

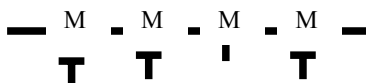


Figura 2 – Funcionamento da Antenas Multibanda usando MEM para alterar o comprimento

Uma outra forma de emprego é o uso de RF-MEMs para modificar o diagrama de irradiação fazendo o que a energia seja direcionada de acordo com a diferença da alimentação de cada elemento.

O uso destes chaveadores permite que exista uma conexão física entre os elementos. A alteração não é somente elétrica como no caso de um chaveador a

diodo. A própria estrutura física do MEM é modificada.

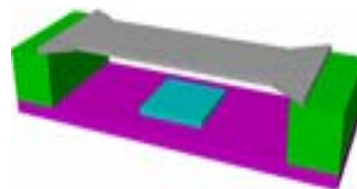


Figura 3 Desenho esquemático de um RF-MEM

A técnica de chaveamento para alterar o comprimento elétrico de dispositivos não é nova e já era usada com os PIN diodes, entretanto tais dispositivos são grandes demais e consomem muita energia para o seu funcionamento.

O grande diferencial no uso dos MEMs é o emprego de tecnologia de silício para a sua fabricação, o que torna o dispositivo barato, com baixo consumo e eletricamente isolado, uma vez que as conexões são mecânicas.

Os RF-MEMs já são usados atualmente em modernos sistema de radar e de telecomunicações, permitindo a alteração da performance da antena para acomodar mudanças na missão, no ambiente, e para reconfigurar a antena em caso de falhas. Como exemplo, as antenas existentes em sistemas de satélite, onde o RF-MEM é amplamente usado para realizar reparos sem intervenção humana. Assim, quando algum objeto danifica a antena do satélite ou a própria antena para de funcionar, podem ser empregado chaveadores para isolar a parte irradiante danificada e redirecionar o circuito de alimentação da antena.

A grande vantagem dos RF-MEMs é que eles realizam este chaveamento através de conexões mecânicas existentes dentro da estrutura.

A estrutura de um RF-MEMs é extremamente simples, e constitui apenas uma ponte metálica que passa sobre uma outra conexão metálica. Quando o dispositivo é alimentado, a conexão metálica inferior fecha o contato através da atração da estrutura metálica superior.

A concepção do dispositivo é simples, entretanto a fabricação não é tão simples assim. Como este dispositivo possui uma estrutura metálica que se movimenta fisicamente e essa estrutura é extremamente pequena, detalhes de projeto como confiabilidade, tolerância à falhas e resistência à quebra são

extremamente necessários em todas as fases do projeto.

Os MEM constituem então uma verdadeira interface entre a microeletrônica e a micromecânica. Atualmente, estes dispositivos estão sendo desenvolvidos para compor novas arquiteturas para habilitar o direcionamento do feixe de uma antena e para possibilitar a alteração da frequência de funcionamento.

4.3 Antenas com Geometria Fractal

A técnica de fractais já é amplamente conhecida pela matemática. Entretanto, atualmente este conceito tem sido usado para o projeto e a concepção de antenas, fazendo com que as estruturas radiantes sejam semelhantes a estruturas existentes na natureza.



Figura 4 Antena Fractal Multibanda

A técnica produz dois efeitos marcantes: reduz a dimensão física das estruturas radiantes e pode fazê-las funcionar em diferentes faixas de frequências.

O termo fractal foi primeiramente definido por Benoit Mandelbrot [4] em 1975 como uma maneira de classificar estruturas nas quais as dimensões não podem ser descritas corretamente por números. Esta geometria foi usada inicialmente para caracterizar elementos existentes na natureza que são difíceis de definir usando a geometria euclidiana, como por exemplo, as linhas costeiras o desenho exato da formação de corais, a densidade de nuvens e os galhos das árvores.

Recentemente o projeto de antenas pôde se beneficiar do estudo destas geometrias, o que possibilitou a descoberta de antenas e de elementos radiantes bem mais eficientes do que os existentes na atualidade.

Alem disto os novos projetos permitem a redução do tamanho das antenas e facilitam o casamento de impedância. Certas classes de antenas fractais podem ser configuradas para efetivamente operar em diferentes faixas de frequência [5].

A geometria fractal pode aprimorar a fabricação de antenas dipolos e de antenas loop ressonantes, o que permite fabricar antenas que são fisicamente pequenas mais apresentam o mesmo desempenho elétrico de estruturas bem maiores. A natureza de alto-similaridade da geometria fractal pode fazê-la operar em diferentes frequências.

As antenas fractais podem ser utilizadas em uma variedade de aplicações, especialmente onde o espaço é limitado, como, por exemplo, terminais de celular ou rádios portáteis.

Dentre os diversos tipos de antenas que possuem geometria fractal [5], o que apresenta um resultado bastante promissor é a chamada antena Sierpinski. Esta antena apresenta a propriedade geométrica de alto-similaridade, ou seja, quando se observa um pedaço pequeno da estrutura irradiante ele apresenta o mesmo formato do dispositivo como um todo. Esta característica permite que cada repetição do formato da antena funcione como uma antena independente, ou seja, quando se olha para uma parte da antena tem-se a exata repetição do formato quando se olha para uma dimensão maior da antena.

É isto que proporciona a característica da antena funcionar em múltiplas bandas. Cada frequência excita uma parte diferente da estrutura. A geometria desta antena é tem similar ao dipolo "bow-tie", conforme a figura 4 e o funcionamento deste tipo de antena pode ser comparado com o das antenas Log-periodicas e espiral. É interessante notar que esse comportamento existente nas antenas Log-periódica e espirais permitem que essas antenas também funcionem em diferentes frequências, no entanto elas são maiores do que a antena apresentada.

5 Soluções combinadas

As propostas mais interessantes que estão sendo implementadas pelas industria, são na verdade uma mistura das tecnologias apresentadas.

Os RF-MEMs podem ser usados junto com estruturas de antenas fractais para possibilitar um conjunto de antenas

reconfiguráveis, ou ainda usar as duas tecnologias em conjunto com sistemas de antenas inteligentes.

A relação de compromisso a respeito de como realizar a implementação depende das características de confiabilidade, robustez, simplicidade e preço de cada aplicação.

Persiste o dilema, se é melhor implementar um dispositivo de banda larga, e baixo ganho, ou vários dispositivos de banda estreita, que podem melhorar o ganho, mas aumentam em muito a complexidade.

O uso dos RF-MEMs permite que um grande conjunto de antenas seja otimizado para só alimentar a parte necessária, o que evita o desperdício de energia em partes do circuito desnecessárias. Podem também ser usados com um algoritmo de redes neurais para realizar a reconfiguração da antena e o guiamento do feixe. Tudo de forma automática e sem interferência do operador.

Usando as regras de otimização, a antena é controlada por um processador e é constantemente adaptada para melhorar a qualidade do enlace.

Pode se resumir então que a performance eletromagnética depende não só do uso de RF-MEMS e de antenas fractais, mas sim do controle de todos os dispositivos analógicos de forma integrada no processamento digital de sinais.

A antena ou o conjunto de antenas possui um processador, com capacidade de executar comandos de chaveamento, de acordo com uma rotina de utilização predeterminada.

No nível de arquitetura de sistemas existem dois tipos de concepções para o controle e a inteligência da antena.

- 1) O controle pode ser executado pelo próprio processador da antena, o que requer que o processador da antena seja mais robusto e com maior capacidade de processamento, entretanto reduz o tempo necessário para chaveamento e o controle da antena.
- 2) O processador existente na antena executa apenas funções simples de redistribuição de sinais de chaveamento, o que permite a utilização de processadores mais simples e baratos e coloca toda a inteligência do sistema em um processador central do próprio rádio. Entretanto, essa abordagem aumenta o

tempo de execução das mudanças de configuração da antena.

Para aplicações de satélite onde as mudanças são controladas pelas centrais terrenas de telecomando a segunda abordagem é a mais adequada. Para sistemas embarcados, que têm que executar constantemente a mudança de faixa de frequência e o guiamento do feixe, a primeira abordagem é a mais adequada, mesmo que leve a um aumento da complexidade do sistema. Para estas aplicações o tempo de resposta é a principal limitação do projeto.

6 Conclusão

O radio definido por software é uma solução tecnológica que proporcionará a tão sonhada interoperabilidade para o usuário. Entretanto o caminho para que isto ocorra, é recheado de dificuldades e de problemas a serem resolvidos, o que é um verdadeiro estímulo para a comunidade acadêmica. Enquanto no domínio do software as soluções implementadas dependem somente do desenvolvimento de novas rotinas de programação, na parte de RF as limitações são de natureza física, colocando novamente assuntos como microeletrônica, semicondutores e projeto de antenas como assuntos importantes a serem explorados pelos engenheiros brasileiros.

A nova política industrial brasileira define, como área prioritária de investimento, tanto de pesquisa como de desenvolvimento, a indústria de semicondutores [6]. Não se trata de competir agora, com dez anos de atraso, com os "tigres asiáticos". Entretanto, é um momento oportuno para a comunidade científica ficar atenta e opinar sempre que possível em áreas críticas, como a definição do padrão digital de televisão ou a definição de serviços UWB (Ultra Wide Band).

A questão crucial é definir as chamadas "key applications", como por exemplo o desenvolvimento dos RF-MEMs, que podem contribuir para o salto tecnológico do país. O Brasil encontra-se em uma posição privilegiada, pois dispõe de um parque industrial, recursos humanos capacitados tanto na área de software como em microeletrônica. Isto permite que sejam feitos no País mais do que o código para controlar o dispositivo RDS.

Pode-se começar a pensar estrategicamente, trazendo cada vez mais a capacidade de pesquisa, desenvolvimento e fabricação para serem realizados pelo nosso parque industrial.

Agradecimentos

Ao Prof. Leonardo Menezes, pelo excelente trabalho de pesquisa desenvolvido na área de Rádio Definido por Software na Universidade de Brasília (UnB).

Referências Bibliográficas

- [1] www.sdrforum.org.
- [2] Jeffrey H. Reed. *Software Radio - A Modern Approach to Radio Engineering*. Prentice Hall, 2002.
- [3] Anagnostou, D., Christodoulou C. and Lyke J. Smat Reconfigurable Antennas for Satellite Applications. Air Force Research Laboratory, 2001.
- [4] Benoit B. Mandelbrot. *The fractal geometry of nature*. W.H. Freeman, 1982.
- [5] C. Puente-Baliarda, J. Romeu, R. Pous, and A. Cardama. On the behavior of the sierpinski multiband fractal antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 46(4): 517-524, April 1998.
- [6] (<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp/hoje/ju/fevereiro2004/ju241pag06.html>).

Biografia



Marcelo Nogueira de Sousa, aluno de pós-graduação da Universidade de Tecnologia de Munique (www.ei.tum.de) e mestre em engenharia elétrica formado pela UnB. Áreas de concentração: Antenas e Propagação. Linha de pesquisa: dispositivo banda larga e multibanda, simulação, projeto e validação.

