ANÁLISE DOS ACESSOS DE ENLACE DIRETO E REVERSO PARA PACOTES DE DADOS DE ALTA VELOCIDADE EM SISTEMAS CELULARES DE 3ª GERAÇÃO

Felipe Carrara Robi[1], *Paulo Alves Garcia*[2]

Abstract — *This article discusses the techniques for transmitting high speed data in direct link (downlink), and in the reverse link (uplink), in the mobile communication equipment of the third generation. Some factors that can reduce the network quality and what parameters can improve a better performance are analyzed. Through data collection, using software TEMS, a dedicated software for collecting data in the field, it is possible to analyze the transmission process, in order to improve the performance of the HSPA (High Speed Packet Access) networks. A Data logging of a real case was done for the comparison than the theoretical model, and thus a qualitative analysis was developed in order to verify some points that need improvements in the 3G cellular communication networks.*

Index Terms — *WCDMA, HSPA, Cellular, UMTS, 3G.*

INTRODUÇÃO

A utilização da banda larga em sistemas móveis tem crescido na medida que melhora a facilidade de comunicação entre as pessoas, proporcionando a chegada de informação a populações carentes, aumentando a produtividade das empresas e melhorando a comodidade para o usuário final.

No início das telecomunicações móveis, o serviço mais procurado era o de voz, que usava a tecnologia de transmissão analógica FM (*Frequency Modulation*), na chamada primeira geração de celular, 1G como ficou conhecida. Tais sistemas, utilizavam algumas tecnologias como AMPS (*Advanced Mobile Phonne System*) e TACS (*Total Access Communications System*). O serviço de transmissão de dados era praticamente nulo. O aumento considerável de usuários mostrou um mercado promissor. Empresas de telecomunicação investiram alto no desenvolvimento de novas maneiras de conquistar esse novo mercado. A partir desse crescimento, deu-se a chegada da segunda geração de celulares, 2G como ficou conhecida, cuja principal funcionalidade era substituir a transmissão analógica por métodos conhecidos como modulação por divisão de tempo, e podemos citar como exemplo, TDMA (*Time Division Multiple Access*) e GSM (*Global System for Mobile Communications*), outra forma de modulação é a divisão por códigos, que podemos exemplificar com CDMA (*Code Division Multiple Access*) [1],[2].

Nessa fase, ocorreram as primeiras formas de transmissão de dados em aparelhos móveis, alcançando taxas de 9 Kbps. No entanto, não era possível o envio nem a recepção de dados com altas taxas de transmissão. Para a crescente demanda das redes de telecomunicação, foram criadas então, eficientes tecnologias de transmissão de pacotes de dados, tais como GPRS (*General Packet Radio Services*) que podem atingir taxas de transmissão de 52 Kbps, EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) e CDMA 2000. Essas novas tecnologias, chamaram a atenção das operadoras de comunicação móvel e de empresas que vendem soluções e serviços de telecomunicação. Para isso, foi criada a terceira geração de celulares, chamada 3G [6].

Com a promessa de novos serviços de altas taxas de transmissão de dados e chamadas de vídeo, foi criada pela ITU (*International Telecommunications Union*), o padrão IMT-2000 o qual é denominado pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) como UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), que tem como objetivo se tornar um padrão global de telecomunicação e seguir especificações de conexões de comutação de circuitos e pacotes, possuir capacidade de *Roaming* global, permitindo a troca entre sistemas 2G e 3G, com maior eficiência espectral, oferecendo banda sob demanda, suporte a tráfego assimétrico nos enlaces direto e reverso e suporte a diversos perfis de usuários como alta, média, baixa mobilidade em ambientes fechados [2],[6].

O padrão mais utilizado é o WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) que é o que melhor atende as especificações propostas. Para que essa tecnologia atingisse altas taxas de transmissão de dados em comparação aos sistemas anteriores, foi proposto pelo instituto 3GPP (*Third Generation Partneship Project*) a evolução do WCDMA, o HSPA (*High Speed Packet Access*) que tem como principal característica, alcançar taxas de 10Mbps na transmissão de dados, tanto no enlace direto, *downlink*, como no enlace reverso, *uplink* [7].

1 Felipe Carrara Robi, Engenheiro do Departamento de Network Rollout - área de Radio Frequency (RF) - Ericsson Serviços de Telecomunicações, Rua da Consolação, 930, CEP 01302-907, Consolação, São Paulo, SP, Brazil, efelrob@gmail.com
2 Paulo Alves Garcia, Professor e Coordenador de Extensão da Escola Engenharia - Universidade Presbiteriana Mackenzie , Rua da Consolação, 930, CEP 01302-907, Consolação, São Paulo, SP, Brazil, paulo.garcia@mackenzie.br

SISTEMAS DE TERCEIRA GERAÇÃO UMTS (*UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATION SYSTEM*)

Nos sistemas de segunda geração, a prioridade da rede é a transmissão da voz com ênfase na qualidade desta. A transmissão de dados é mantida como complemento atingindo baixas taxas de transmissão. Por conta disto, torna-se inviável o acesso à Internet e a transmissão de dados nos sistemas CDMA e GSM iniciais, ou seja, a transmissão de voz e dados tomam caminhos separados nessas redes.

Na evolução da rede 2G para 3G, destaca-se o rápido acesso à técnica de transmissão de dados em alta velocidade e um alto nível de qualidade da transmissão de voz [5].

Com o rápido desenvolvimento tecnológico, novas características surgem com inovações e novos benefícios, tais como, aplicações com grande qualidade digital e uso de serviços como mensagens de multimídia e segurança tanto para clientes domésticos quanto corporativos. Em aplicações multimídia, a rede pode oferecer produtos ao cliente tais como:

- Aplicações de vídeo como, vídeo conferência.
- Rápido acesso a sistemas coorporativos como Intranet e email.
- Mensagens com rico conteúdo de informação incluindo gráficos, informações de viagens e agenda de tarefas.
- Outro ganho com relação ao sistema anterior é a sincronização dos computadores com os terminais móveis celulares através de conexão *wireless*, como o *Bluetooth*, o qual possibilita o usuário conectar-se com alta velocidade de transmissão à Internet.
- Além de rápido acesso à Internet, a nova tecnologia UMTS oferece maior qualidade de serviço, com segurança e privacidade [1].

Arquitetura da Rede WCDMA

A arquitetura da rede é composta por 3 camadas principais e são chamadas de: Nó Central (CORE), onde tem como função a responsabilidade de gerenciar e controlar a rede, UTRAN, reponsável pela conexão entre o aparelho móvel e a rede de telecomunicação e por último, a estação móvel (EM). Há também o USIM (UMTS *Subscriber Identity Modul*e), que tem como função, armazenar em um cartão-chip, as informações e configurações do cliente. A seguir, a estrutura física da rede é apresentada pela Ilustração 1.

- Rede Terrestre de Acesso a Rádio – UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access)

A camada UTRAN representa a conexão entre o equipamento móvel e o Núcleo da rede. Nesta camada é concentrada toda a cobertura do planejamento celular de uma rede de telefonia. Este planejamento é de extrema importância, uma vez que o aparelho móvel mede a intensidade do sinal e neste ponto é possível vizualizar-se a qualidade da rede. Esta camada é composta basicamente de duas platafomas: RNC (*Radio Network Controller*). Esta é responsável pelo gerenciamento e controle da integridade dos recursos de rádio, tráfego da rede e controle das funções entre as Estações de Rádio Base (RBSs) e as Aparelhos Móveis (UE). RBS (Radio Base Station). Esta plataform é responsável pela transmissão e recepção de um ou mais células conectadas a aparelhos móveis. As RBS são comumentes chamadas de Node B, pelas especificações do 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) que é o órgão responsável pela padronização de arquivos multimídia em telefones celulares. As RBSs (*Radio Base Station*) possuem a responsabilidade de gerenciar as células. É possível alocar em uma RBS, até seis antenas. Na prática, usam-se no máximo três antenas que são chamadas de setores. Tais antenas proporcionam a irradiação necessária para a cobertura geográfica da rede [1],[2].

Funcionalidades da Rede WCDMA

A tecnologia WCDMA é baseada na tecnologia CDMA com significativas melhorias sobre a segunda geração de celulares. Essa nova rede oferece: melhoria na cobertura e na capacidade de acesso, graças a largura de banda da portadora de 5MHz; suporte para troca (*Handover*) entre frequências, o qual é necessário para a larga capacidade hierárquica da estrutura das células; suporte para a troca entre tecnologias; detecção de múltiplos usuários na rede; otimização do acesso à pacotes de dados em canais comuns e dedicados; alta eficiência de espectro de freqüências. A rede WCDMA apresenta vantagens, utilizando o espectro espalhado em freqüências. A grande largura de banda tem a vantagem de apresentar maior sensibilidade. Outra importante vantagem do uso eficiente do espectro da rede é a possibilidade do re-uso de cada portadora para cada usuário [4].

Uma funcionalidade importante da rede é o Controle de Potência (*Power Control*) das células, este elemento controla o tráfego das células diminuindo a potência de irradiação quando há muitos usuários conectados a ela. Com isso, diminui-se a cobertura da célula diminuindo a quantidade de terminais conectados e fazendo-os migrarem para outras células menos congestionadas e consequentemente diminuindo o tráfego da célula em questão.

A tecnologia WCDMA possui ainda a funcionalidade da busca de receptores (*Rake Receiver*), na qual os sinais que chegam ao móvel podem tomar vários caminhos de transmissão. Pode se entender o comprimento de cada caminho diferente, tomando-se o tempo que os sinais levam para serem reconhecidos pela EM (Estação Móvel). Quando os sinais chegam em fase, eles são subtraídos uns dos outros e produzem uma redução no nível do sinal. Em casos extremos, os sinais podem se cancelar

uns aos outros. Este fenômeno é conhecido como multi-caminhos e afeta a todos os sistemas de rádio, porém, a rede WCDMA possui técnicas para minimizar esse efeito [2].

O sistema WCDMA utiliza um dispositivo nas EMs, conhecido com *Rake Receiver*, para minimizar o efeito de interferência entre sinais. Esta funcionalidade permite ao móvel receber sinais com atrasos e utilizá-los de forma conveniente, melhorando a recepção do sinal. Os caminhos diferentes por onde os sinais chegam são chamados de Fingers (do inglês, Dedos). O resultado é uma eficiente conexão de mais de uma Estação Base (RBS) ao mesmo tempo [2].

Grupos de Propagação

A Rede WCDMA utiliza diferentes tipos de códigos de autenticação, os quais podem ser divididos nos seguintes grupos.

- Códigos de Canalização (*Channelization Codes* – CC)

  Um conceito importante são os Códigos de Canalização (*Channelization Codes* - CC) que têm como propósito separar os canais de dados e voz vindos do mesmo transmissor nos *links* de subida, *uplink*, e nos *links* de descida, *downlink*. Os códigos têm propriedades ortogonais para minimizar as interferências entre diferentes usuários. No *downlink*, os CC são usados para separar os diferentes canais de dados vindos de cada célula. Para um canal dedicado, isso representa os diferentes usuários desde que apenas um código de espalhamento (explicado em seguida) seja usado para todos as transmissões da célula em questão [2],[6].

- Códigos de Espalhamento (*Scrambling Codes* – SC)

  Na rede WCDMA, cada usuário é determinado por um único código chamado de Códigos de Espalhamento (*Scrambling Codes* – SC), esses códigos são espalhados pelo espectro da portadora e variam de 1 a 512. No receptor, ao receber a informação desse código de cada usuário, decodifica o sinal recebido e recupera o sinal original para o usuário na outra ponta da rede de comunicação, não havendo o problema de sinal cruzado ou problemas no receptor [2],[6].

- Canal Piloto Comum (*Common Pilot Channel* – CPICH)
  O Canal de piloto comum fornece a referência da fase para canais de *downlink*. Este piloto envia continuamente os códigos de SC para a célula e adiciona ao canal uma estimação das células de seleção e re-seleção para o *handover* do móvel [2].

- EC/NO (*Ratio of Energy per Modulating Bit to the Noise spectral Density*)

  É a razão entre o sinal enviado pela célula e o ruído produzido pelo ambiente no canal Piloto [2].

- RSCP (*Received Signal Code Power*)

  É o nível da potência do sinal emitido pelo canal Piloto comum, CPICH. Mostra a qualidade do sinal na cobertura da rede WCDMA na região [2].

- BLER (*Block Error Rate*)

  É a taxa de erros na recepção do sinal no móvel. Uma alta taxa indica um mal recebimento do sinal com altas taxas de problemas na recuperação do sinal original [2].

TÉCNICAS DE HSPA (*HIGH SPEED PACKET ACCESS*)

O uso de serviços de pacotes de dados teve um significativo crescimento, rescentemente, necessitando ser inserido na rede WCDMA um serviço de grande capacidade para conter e suportar a demanda atual de informação. Na revisão 5 da organização 3GPP para WCDMA, entrou em vigor um novo canal de comunicação para o aumento de capacidade para o suporte à interatividade, plano de fundo da transmissão e obtendo um considerável aumento na capacidade de envio de informação comparado aos serviços anteriores [6],[1].

HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)

Houve uma significativa redução no atraso da transmissão de dados, oferecendo picos de taxas de transmissão até 14 Mb/s. A esse aprimoramento deu-se o nome de HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). A transmissão de dados em alta velocidade é enviada através do canal HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*) que será explicado com maiores detalhes no subcapítulo abaixo. Nesse canal são utilizadas como base, cinco tecnologias, sendo estas:

- Transmissão por canal compartilhado (*Shared-Channel Transmission*)
- Alta ordem de modulação (*High Order Modulation*)
- Rápida adaptação do link de comunicação (*Fast link Adaptation*)
- Sincronização do canal de Rádio (*Radio Channel-Dependent Scheduling*)
- Rápida Combinação de Dados (*Soft Combining – Fast ARQ*)
- A tecnologia HSPA também utiliza a Transmissão por Intervalo de tempo (TTI – *Transmission Time Interval*) e

a Alocação Dinâmica de Potência (*Dynamic Power Allocation*) [7].

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

HSUPA, também conhecido por *Enhanced Uplink* adiciona um novo canal de transporte para a rede WCDMA chamado Canal Dedicado Expandido (*Enhanced Dedicated Channel* – E-DCH). Esse canal melhora o desempenho do enlace de subida reduzindo a latência, aumentando as taxas transmissão de dados e adicionalmente, um complemento para o HSDPA em aplicações baseadas em redes de transmissão de pacotes de alto velocidade [7].

O *Enhanced Uplink* apresenta novas características para o enlace de subida. Como com o HSDPA, a implementação dessas novas características não tem um impacto considerável na arquitetura do protocolo da interface de rádio. As novas entidades de canal de transporte MAC também são implementadas junto com as entidades MAC existentes nas EMs, nas *Base Stations* e nas RNCs. As altas taxas altas de transmissão de dados para o *uplink* são muito procuradas tanto para rede como para os equipamentos de usuário. Um ponto muito importante é que a taxa de transmissão de dados relativamente elevada seja suportada onde quer que o usuário esteja localizado, parado ou em movimento, ou seja, a cobertura de uma determinada área para a taxa de transmissão de dados deve ser a melhor possível.

Para alcançar os objetivos, o *Enhanced Uplink* possui as seguintes novas características:

- Transmissão multi-códigos;
- Intervalo de tempo de transmissão reduzido (*short Transmission Time Interval* - TTI);
- Mecanismo híbrido de requisição e repetição automática (*fast hybrid Automatic Repeat reQuest* – ARQ);
- Despacho rápido (*fast scheduling*).

Existem algumas diferenças importantes a serem definidas entre o *uplink* e o *downlink*, apesar do uso de técnicas muito próximas do HSDPA. O recurso de compartilhamento no *uplink* é a interferência (potência total recebida) na BSC (*Base Station*), que depende do recurso de potência de não centralização de cada móvel. No *downlink*, o recurso de compartilhamento é composto pela potência de transmissão e pelos códigos de canal, CC, recurso esse, ajustado na RNC. Essa diferença implica no projeto da rede de cobertura e do mecanismo de despacho ou agendamento. [7],[3].

COLETA E ANÁLISE DE DADOS REAIS

A área da coleta de dados é determinada por regiões que são de interesse das operadoras e, estas regiões são demarcadas e nomeadas em um mapa. A partir da posse da região delimitada, é traçada uma rota de direção para que um técnico siga esta rota de forma a cobrir toda a região

Configuração do Equipamento

Após ser traçada a rota de direção, o técnico configura e instala o equipamento de coleta em um veículo com os seguintes instrumentos: um escaner de captura de frequências, um telefone móvel usado para chamadas de curta duração (até 30 segundos), com o objetivo de verificar índices de bloqueios de ligação, um telefone móvel usado para chamadas de 90 segundos, longas chamadas para verificar quedas de ligações, e um telefone móvel para captura e coleta das informações da rede HSDPA. Para unir e guardar as informações, foi utilizado um notebook configurado com o software TEMS

Análise dos Dados

Após todos os dados serem coletados, essas informações são processadas pelo software TEMS *Investigation*, e assim analisadas para proceder-se melhorias e otimização da rede. O software TEMS é uma ferramenta para a monitoração e planejamento de sistemas de radiofrequência [8].

Análise de Comparação

Após as solicitações de melhorias e otimização na rede serem realizadas, e uma nova coleta de informações ter sido feita, foi possível obter um gráfico satisfatório com relação à taxa de transmissão recebida.

A Tabela 1 mostra uma comparação das taxas de transmissão antes e depois da otimização da rede

Taxas de Transmissão	Antes da otimização (%)	Depois da otimização (%)
≤ 1856 Kbps	11,201	30,930
≤ 1024 Kbps e < 1856 Kbps	54,058	56,705
≤ 512 Kbps e < 1024 Kbps	16,042	10,310
≤ 384 Kbps e < 512 Kbps	6,360	0,921
≤ 128 Kbps e < 384 Kbps	7,404	0,368
≤ 64 Kbps e < 128 Kbps	1,471	0,767
≤ 0 Kbps e < 64 Kbps	3,465	0,000
Somatória	**100,000**	**100,000**

Tabela 1: Comparação de valores de taxas de transmissão antes e depois da otimização

Através da Tabela 1 é possível verificar que os valores de taxas de transmissão melhoraram, principalmente para os valores acima da taxa de 1856 Kbps, os pontos com baixas taxas também foram minimizados, mostrando uma melhor eficiência na rede. A Figura 1 mostra um gráfico de

comparação dos valores antes e depois da otimização da rede.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a rede HSPA (*High Speed Packet Access*) para altas taxas de transmissão de dados, nas redes celulares de 3ª geração. Para tanto, foi discutido como surgiram as primeiras tecnologias comerciais, introduzindo-se idéias da modulação por código e chegando à tecnologia mais atual, o WCDMA. A partir disso, foram apresentados os conceitos básicos da camada física de comunicação, passando para as características e fundamentos necessários da rede. Após esta introdução, foi mostrada a rede HSPA com foco nos enlaces de *downlink* e *uplink*, apresentando os canais de comunicação e controle e as principais técnicas que somadas deram uma significativa melhora na rede de transmissão de alta velocidade.

Na análise dos dados coletados, foi possível observar que pequenas alterações e configurações, físicas ou não, surtiram melhorias no desempenho da rede, melhorando os sinais enviados das células para os móveis e diminuindo o ruído produzido por interferências ocasionadas por fatores externos. Com isso, os picos das taxas de transmissão são maiores e as chamadas são contínuas. Os valores no final da análise mostraram que os menores níveis das taxas de transmissão foram reduzidos a um nível aceitável e os valores com altas taxas aumentaram, deixando a rede com uma qualidade muito boa sentida pelo usuário final.

Com uma rede cada vez mais estável e com índices de melhorias, as operadoras podem garantir serviços de transmissão de dados que superam as operadoras que fornecem o serviço de transmissão de alta velocidade, porém de maneira fixa, ganhando maiores fatias do mercado.

Para o usuário final, a comodidade de, sempre e em qualquer lugar poder acessar de maneira veloz os dados da Internet, e-mail, chamadas de vídeo e etc, só produz benefícios, agilizando tarefas antes prejudicadas pelas baixas taxas de transferência de dados e ao problema de estar fixo a uma linha.

REFERÊNCIAS

[1] CORRÊA, Rodrigo Jurema de Assis. Análise de Desempenhos de Enlaces com Modulação Adaptativa Aplicada a Sistemas WCDMA/HSDPA. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,2003.

[2] HOLMA, Harri; TOSKALA, Antti. WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications. Third Edition. Hoboken: Jhon Wiley & Sons Inc, 2004.

[3] HOLMA, Harri; TOSKALA, Antti. HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications. Hoboken: Jhon Wiley & Sons Inc, 2006.

[4] LAIHO, Jaana; WACKER, Achim; NOVOSAD, Tomás. Radio Network Planning and Optimisation for UMTS. Second Edition. Hoboken: Jhon Wiley & Sons Inc, 2004.

[5] PIROPO, HSDPA: um novo padrão para telefonia móvel. SP: 23 nov 2007. Disponível em: <www.brpiropo.com.br>. Acesso em 23 nov 2007.

[6] RODRIGUES, Eduardo Jorge Brito. Um estudo do aumento da capacidade de sistemas 3G usando técnicas 3.5G de expansão do enlace reverso. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2005.

[7] TELECO, Informação em Telecomunicações. HSPA: Caracterísitcas do HSPA. Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialhsdpacb/pagina_3.asp. Acesso em: 28 de abril de 2008.

[8] ASCOM, TEMS Optimization Solutions. Disponível em: http://www.ascom.com. Acesso em: 06 de janeiro de 2009.

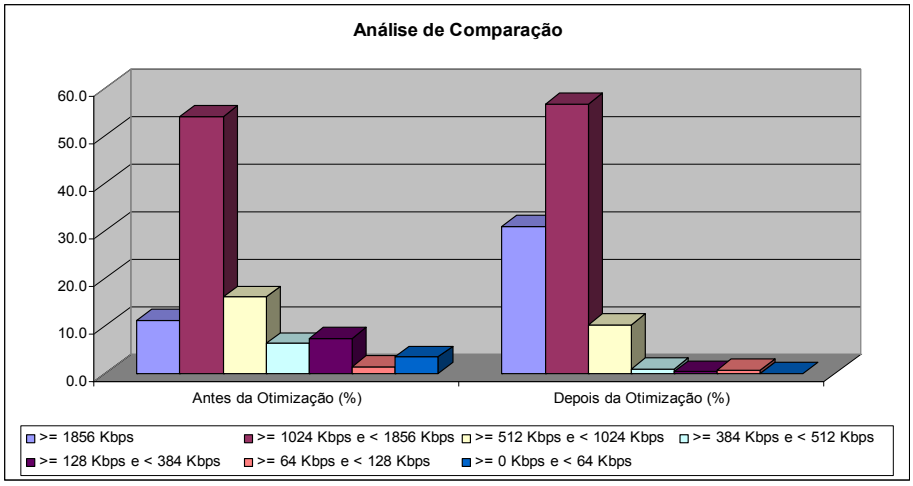

Figura 1 - Gráfico comparador de valores antes e depois da otimização (Fonte: Acervo Próprio)