

# 1 Introdução

Nos últimos anos, o cenário dos sistemas de comunicações móveis celulares mudou bastante. No princípio, a demanda era apenas por serviços de voz e os sistemas praticamente não ofereciam serviços de dados. Essa foi a primeira geração de telefonia celular, que se caracterizou, sobretudo, pela comunicação de voz analógica (modulação FM), estrutura de sinalização bastante simples, falta de compatibilidade com os outros sistemas contemporâneos e comutação de circuitos. Alguns exemplos de sistemas analógicos são: AMPS (América do Norte), TACS, NMT-450, NMT-900, R-2000 e C-450 (Europa). Eles ainda apresentavam alto custo do terminal e alto consumo de bateria. Todos os sistemas analógicos acima citados empregaram FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), com cada canal alocado em uma faixa de frequência, respeitando, obviamente, o reuso de frequências.

O rápido aumento no número de usuários e a proliferação de vários sistemas analógicos incompatíveis foram as principais razões para a evolução em direção à segunda geração, cuja principal característica é a comunicação de voz digital. Esses sistemas possuem também serviços de dados com comutação de circuitos e baixas taxas de transmissão, além de sua capacidade ser bem maior que a dos sistemas analógicos. Além disso, a estrutura de sinalização e controle desses sistemas é bem mais sofisticada, acarretando, inclusive, uma maior segurança no que se refere à autenticação e privacidade. Alguns exemplos de sistemas de segunda geração são: GSM, IS-136, IS-95 e PDC. Mesmo com baixas taxas de transmissão, alguns serviços de dados tiveram grande sucesso na segunda geração, como o SMS (*Short Message Service*) e o *i-mode* (baseado em html compacto). Técnicas de acesso múltiplo como TDMA (*Time Division Multiple Access*) e CDMA (*Code Division Multiple Access*) são usadas em conjunto com FDMA na segunda geração.

O GSM (*Global System for Mobile Communications*) obteve um enorme sucesso, com quase 60 % do mercado mundial de telefonia e é, sem dúvida, a

tecnologia mais popular até o momento. Um grande avanço foi obtido com a segunda geração no que diz respeito ao *roaming*. Como vários países utilizavam a mesma tecnologia, tornou-se possível viajar para diferentes países e usar o celular normalmente.

No entanto, o rápido crescimento na demanda por diversos serviços de dados sem fio teve como consequência a necessidade de grandes aumentos na capacidade e na taxa de transmissão de dados dos sistemas celulares existentes. Foi a partir dessa idéia que começou a evolução para a chamada geração 2,5. Os sistemas dominantes na geração 2,5 são o GPRS (*General Packet Radio Services*) e o cdma2000 1xEV-DO.

A tecnologia GPRS (*General Packet Radio Services*) permite às redes celulares uma maior velocidade e largura de banda sobre GSM, melhorando as capacidades de acesso móvel à Internet através da comutação por pacotes. A principal modificação na rede GSM para a introdução do GPRS é a adição de dois nós de rede, o GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) e o SGSN (*Serving GPRS Support Node*). O GGSN faz a conexão da rede de dados GPRS com outras redes de pacotes de dados externas (Internet, por exemplo) e o SGSN faz o gerenciamento da rede GPRS.

Os serviços lançados baseiam-se no fato dessa tecnologia permitir a transmissão de dados por pacotes de informação, dando aos usuários a possibilidade de estarem permanentemente *online* - com ligação imediata à Internet. Ou seja, o usuário passaria a ser tarifado pelo volume de informação trafegada na rede, e não pelo tempo de conexão. As taxas de dados do GPRS são bem maiores do que as do GSM (9,6 Kbps), podendo chegar até 52 Kbps. Um problema do GPRS é o alto consumo de bateria.

Por sua vez, o cdma2000 1x é a evolução do padrão CDMA IS-95. Ele incrementa as taxas de transmissão de dados via comutação de pacotes e aumenta a velocidade da rede, bem como eleva a capacidade de tráfego de voz em aproximadamente duas vezes, se comparado às redes CDMA de hoje. 1x significa uma vez 1.25 MHz, que é a largura de banda padrão de uma operadora CDMA IS-95. Ao manter uma largura da banda padronizada para CDMA, permite-se que ambas infra-estruturas e, o que é mais importante, os terminais, sejam compatíveis perante as evoluções tecnológicas. As taxas de transmissão de dados podem chegar até 153,6 Kbps.

Para alcançar taxas ainda maiores, uma versão otimizada do cdma2000, chamada de 1xEV-DO (*Evolution - Data Only*) [17], foi proposta. O 1xEV-DO, também conhecido como HDR (*High Data Rate*), fornece taxas de pico de até 2 Mbps. Portadoras distintas são necessárias para dados e voz neste sistema. O enlace de subida permanece praticamente inalterado em comparação com o cdma2000, mas no enlace de descida os usuários são multiplexados no tempo, ao invés de por códigos. Uma segunda fase na evolução do cdma2000 incluiria dados e voz na mesma portadora e seria chamada de 1xEV-DV (*Evolution – Data and Voice*).

Continuando a evolução em direção a taxas cada vez maiores, temos o sistema EDGE (*Enhanced Data for Global Evolution*). Este sistema aumenta a capacidade de dados das tecnologias TDMA da segunda geração, como o GSM e o IS-136 [1]. Neste sistema, técnicas de adaptação de enlace são usadas para aumentar a taxa de transmissão. Tais técnicas incluem diferentes esquemas de modulação (GMSK e 8-PSK) e diferentes códigos corretores de erro [1].

A fim de suportar as diferentes aplicações multimídia que surgiram, a União Internacional de Telecomunicações (ITU) começou o estudo de um sistema universal, o IMT-2000 (*International Mobile Communications System for the year 2000*). Já o ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) chamou esse estudo de UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). Esse sistema universal seria a chamada terceira geração de telefonia celular. No entanto, motivado pelos interesses de fabricantes e de operadores que, na maioria das vezes, não desejam uma mudança drástica, esse sistema universal não foi alcançado. O que se tem observado é uma evolução dos sistemas existentes.

Os requisitos de taxas de transmissão estabelecidos para os sistemas de terceira geração são:

- 2 Mbps para locais fixos;
- 384 Kbps para usuários pedestres;
- 144 Kbps para usuários com alta mobilidade.

Além disso, seria necessário oferecer aos usuários múltiplos serviços com diferentes classes de qualidade de serviço (QoS), compatibilidade e

interoperabilidade com os padrões existentes, arquitetura aberta (isto é, não proprietária de um determinado fabricante) e suporte a tráfego assimétrico.

Dentre os padrões de terceira geração propostos, o WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) é o que tem emergido como o mais promissor. Ele, no momento, já está em funcionamento no Japão. Ele pode ser obtido a partir da migração de um sistema GSM/GPRS ou de um sistema EDGE. Existem também propostas para uma terceira geração do CDMA, que seria o cdma2000 3x, ou seja, utilizaria uma banda três vezes maior do que a usada pelo IS-95, e uma proposta para o UWC-136HS (*Universal Wireless Communications – 136 High Speed*), que seria uma evolução do EDGE.

As principais características do WCDMA são:

- Taxas de transmissão de até 2 Mbps;
- Taxas variáveis para oferecer banda por demanda;
- Multiplexação de serviços com diferentes requisitos de QoS em uma única conexão;
- Requisitos de atraso compatíveis com diversas aplicações (desde aplicações em tempo real a serviços de melhor esforço);
- Coexistência entre sistemas de segunda e terceira geração, além de modos TDD (*Time Division Duplex*) e FDD (*Frequency Division Duplex*);
- Suporte a *handover* entre sistemas;
- Suporte a tráfego assimétrico nos enlaces de subida e de descida;
- Alta eficiência espectral.

As taxas alcançadas pelos sistemas de terceira geração são suficientes para a maioria das aplicações baseadas em Internet. Porém, vários serviços ainda podem se beneficiar de maiores taxas e menores atrasos (como *download* de arquivos e *streaming*). Por isso, com o propósito de satisfazer às futuras exigências, foi proposta pelo 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) uma evolução para o WCDMA, o HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). Considerada uma tecnologia de 3,5G, o principal objetivo do HSDPA é proporcionar ao WCDMA taxas de dados de pico no enlace de descida de 10 Mbps ou até maiores para

serviços de melhor esforço. Isso será conseguido através do canal HS-PDSCH (*High Speed Physical Downlink Shared Channel*) que será adicionado aos canais já existentes no WCDMA.

A idéia principal do HSDPA é fazer uso da adaptação de enlace para melhorar a eficiência espectral e aumentar a taxa de transmissão. Técnicas de adaptação de enlace, onde a modulação, a taxa de código e outros parâmetros de transmissão do sinal são alterados dinamicamente para se adaptarem às condições variantes do canal, têm se mostrado bastante eficientes para estes propósitos. Em particular, no HSDPA, a implementação inclui modulação e codificação adaptativa (AMC), entradas-múltiplas saídas-múltiplas (MIMO), retransmissão automática híbrida (HARQ), procura rápida de célula (FSC) e rápido agendamento.

Neste trabalho, iremos procurar explorar essas adaptações de enlace com o objetivo de comprovar sua influência nas taxas de transmissão do WCDMA. No capítulo 2 será feita uma breve explicação da camada física do WCDMA e seus principais aspectos serão mostrados. A seguir, no capítulo 3, o conceito de modulação e codificação adaptativa será melhor explorado. No capítulo 4, o modelo do HSDPA será apresentado, assim como seu impacto na arquitetura do WCDMA. No capítulo 5 iremos apresentar uma descrição do simulador implementado e mostraremos os resultados obtidos através de nossas simulações. Por fim, no capítulo 6 finalizaremos a dissertação com as conclusões baseadas nas análises dos resultados obtidos e daremos sugestões para trabalhos futuros.