

Evolução em 3G

*Levando CDMA2000
para a Próxima Década*

Outubro de 2005

Elaborado por: Michael W. Thelander
Signals Research Group, LLC

Documento escrito para o “CDMA Development Group”



A Signals Research Group, LLC (SRG) pesquisou e redigiu esse relatório a pedido do CDMA Development Group (CDG). A fim de obter os melhores dados sobre o desempenho e evolução do CDMA2000®, bem como o impacto dessa evolução no setor e no cenário competitivo, entrevistamos uma série de participantes, incluindo fornecedores de equipamento, enablers de tecnologia e operadoras de serviços móveis. Acreditamos que desenvolvemos uma visão acurada com base em fatos, no desempenho de redes comerciais e na visão atual para evolução da tecnologia do ponto de vista do 3GPP2. Na qualidade de único autor desse relatório, a SRG apóia os dados, análises e conclusões aqui apresentadas, mas reconhece que as operadoras precisam ponderar inúmeros fatores antes de decidir implementar e lançar um serviço de 3G comercial. O desempenho e evolução da tecnologia são dois dos muitos critérios que as operadoras usam para selecionar sua tecnologia wireless de próxima geração



1.0 Sumário Executivo

Demonstrar a viabilidade de redes *wireless* de terceira geração, ou 3G é normalmente visto como um desafio imenso, pois se acredita que a 3G exige uma quantidade enorme de equipamento (hardware) novo, grandes aportes de capital e um novo espectro. Tudo isso se tornaria ainda mais complicado devido às restrições de interoperabilidade entre as novas redes 3G e as antigas redes 2G já em funcionamento. Nada disso é verdade. Desde o início, o rumo evolucionário do CDMA2000 procurou minimizar o impacto da introdução dessa tecnologia nas redes das operadoras. O CDMA2000 conseguiu atingir esse objetivo de diferentes maneiras, mas especialmente através de:

Compatibilidade com Sistemas Existentes e com Sistemas Futuros – ou a chamada compatibilidade retroativa e futura – nesse sentido o CDMA2000 1X (“1X”) 3G é compatível e pode ser integrado com sistemas IS-95 de segunda geração (2G). Com isso, aparelhos 2G funcionam em redes 1X e aparelhos 1X funcionam em redes IS-95, mas nessa situação não têm acesso aos recursos permitidos pela tecnologia 3G.

Para tirar pleno proveito de uma rede totalmente baseada em IP e com uma interface otimizada para a transmissão de dados, o CDMA2000 1xEV-DO (“EV-DO”) exige que os aparelhos multi-serviços sejam completamente compatíveis com sistemas já existentes. Porém conforme iremos apresentar a seguir, a contrapartida é favorável, pois a grande reutilização de infra-estrutura minimiza o impacto dessa migração. Além disso, uma vez introduzida a versão 0 do EV-DO, outras versões (até versão B), também serão completamente compatíveis com sistemas já existentes e de implementações futuras.

Aproveitamento de Hardware – A migração da rede RAN (Radio Access Network ou Rede de Acesso via Rádio) do sistema IS-95 para 1X e EV-DO (todas as versões) é quase tão simples quanto inserir uma nova placa tipo “channel card” em uma central de base existente. Para as operadoras que não querem implementar e manter uma rede RAN nova e completamente separada, essa possibilidade é um atrativo importante.

Migração Intra Banda – A família de tecnologias CDMA2000 usa o mesmo espectro em 1,25 MHz tanto para sistemas IS-95 e para sistemas 1X e EV-DO. Do ponto de vista das operadoras, isso confere enorme flexibilidade para o acionamento de serviços avançados de 3G, pois não é necessário alterar os canais de rádio dedicados para liberar espectro contínuo suficiente para acionar uma nova portadora de 3G, ou a última versão de EV-DO. Além disso, migrações intra-banda não implicam no tipo de pesadelo de engenharia normalmente associado com uma nova operação usando um espectro de banda de rádio com características de propagação de radiofrequência diferentes.

Configurações de Rede Híbridas – A primeira rede híbrida celular /OFDM usa CDMA2000. Um formato de onda OFDM foi introduzido no sistema CDMA2000 1xEV-DO Versão A, permitindo oferecer serviços *multicast* de menor custo e, ao mesmo tempo, manter uma rede móvel robusta e de alta velocidade com o CDMA2000. As



características do desempenho do 1X e do EV-DO permitem que as operadoras recebam mais pelo seu dinheiro, fornecendo assim mais um incentivo para que dêem início ao processo de transição. Todas as medidas feitas no “mundo real” indicam que o 1X praticamente dobra a capacidade de transmissão de voz de redes IS-95, oferecendo maior capacidade que outras tecnologias 3G. Com a introdução do EV-DO, essas operadoras poderão aumentar ou melhorar seus serviços ainda mais, oferecendo acesso à Internet via Banda Larga e um vasto e rico conteúdo multimídia. Quando normalizado para canais de 5 MHz, o EV-DO tem um desempenho claramente superior ao WCDMA (CDMA em Banda Larga) para a transmissão de dados, e deve apresentar um bom desempenho comparado com o HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), quando essa tecnologia for introduzida, o que deve ocorrer ainda este ano na América do Norte, e em 2006-2007 no resto do mundo.

A Versão A do EV-DO deve ter um desempenho excelente comparado ao HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), seu par tecnológico, que deverá ser lançado uns dois anos depois da Versão A. Além de maior velocidade na transmissão de dados no link reverso, a Versão A introduz mecanismos de QoS (Qualidade de Serviço) que suportam a priorização de pacotes individuais, resultando numa dramática diminuição da latência e abrindo o caminho para plena capacidade multimídia, incluindo VoIP e vídeo-telefonía na rede *core* e de acesso totalmente baseado em IP via rádio. Esses mecanismos QoS, combinados com a eficiência de redes all-IP, são uma das maiores forças da nova revisão, fato que não é amplamente reconhecido.

O ecossistema CDMA2000 foi o primeiro a oferecer tecnologias 3G (1X e EV-DO) comercialmente, e já está estabelecido em mais de 186 assinantes 3G, incluindo mais de 16 milhões de assinantes EV-DO. Esses assinantes tem acesso a mais de 740 aparelhos CDMA2000, incluindo quase 140 dispositivos EV-DO.

A Versão A estará disponível no mercado em meados de 2006, mas os especialistas já estão trabalhando em versões futuras do padrão EV-DO, começando com a Versão B, que pode estar disponível no mercado no primeiro trimestre de 2006. Essa versão poderá transmitir dados a velocidades que chegam a 46,5Mbps, embora 9,3Mbps seja uma velocidade mais normal para redes comerciais. (Comentário: uma recente proposta que introduz modulação em 64-QAM e que exige um *upgrade* hardware poderia aumentar a velocidade de transmissão de dados para 73,5Mbps e 14,7Mbps, respectivamente). Já estão em andamento discussões sobre uma Versão C e o possível uso de tecnologias como antenas inteligentes e OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), capazes de levar a família de tecnologias CDMA2000 para dentro da próxima década.

Como o EV-DO é baseado em IP, as operadoras CDMA poderão evoluir sua rede atual de circuitos de comutação para uma rede all-IP, capaz de apoiar os aplicativos ricos que tiram vantagem de MMD (domínios multi mídia). Além disso, as características inerentes à interface de ar da Versão A, permitirão que as operadoras ofereçam serviços de VoIP, o que poderá aumentar ainda mais a capacidade da rede, reduzir os custos operacionais e apoiar serviços integrados de voz e dados como vídeo-telefonía e “veja o que eu vejo”.

¹ CDMA Development Group, Junho de 2005



Evolução em 3G

Levando CDMA2000 para a Próxima Década

Os avanços esperados em EV-DO são aguardados ansiosamente, porém existe ainda uma necessidade de servir aqueles mercados ainda não plenamente atendidos – locais onde hoje ainda é um luxo fazer uma simples ligação telefônica. A comunidade CDMA2000 está trabalhando para abaixar o custo dos aparelhos iniciais, para justamente atender às necessidades desses mercados. Isso, junto com uma tecnologia eficiente em termos do uso do espectro, e capaz de transmitir dados, irá fortalecer os argumentos em favor de serviços de telecomunicação sem fio em mercados em desenvolvimento, onde reside a maior parte da população mundial.



2.0 Evolução em CDMA2000 – Protocolos

Embora o foco desse trabalho seja oferecer uma atualização do mercado de 1X e EV-DO e ilustrar como a evolução tecnológica deve continuar na próxima década, é importante entender os protocolos que regem o CDMA2000, pois existe bastante confusão sobre o que é e não é 3G, e como 3G evolverá e se transformará em 4G.

2.1 IS-95

O primeiro Protocolo CDMA para redes móveis é conhecida como Protocolo Interino 95A (IS-95A), e é considerado tecnologia 2G. O Protocolo IS-95A ficou pronto em 1993 e atendia uma tecnologia digital *wireless* que estava substituindo sistemas analógicos. O Protocolo IS-95B, *upgrade* do IS-95A, foi usado em alguns países como Coréia do Sul, Japão e o Peru.

2.2 CDMA2000 1X

1X é a tecnologia que seguiu o IS-95. O termo 1X é uma abreviação de 1xRTT (1x Tecnologia de Rádio Transmissão), e um solução usada num período em que a comunidade CDMA2000 estava considerando o 3xRTT. Nesse caso o “1” e o “3” têm a ver com o número de portadoras de 1,25 MHz combinados, com o numero real sendo 1.

Um engano comum seria de que o 1X não é um sistema 3G, e algumas organizações usam o termo 2,5G para o 1X. Em Novembro de 1999, a ITU (União Internacional de Telecomunicações) aceitou explicitamente que 1X é realmente tecnologia 3G. É interessante notar que a ITU não reconhece, oficialmente, termos como “2.5G,” “3.5G” e “4G,” por não serem termos claramente definidos. Mas várias entidades usam esses termos como ferramentas de marketing, tentando chamar atenção para os diferentes estágios de avanço tecnológico. Exemplos seriam o GPRS (“2.5G”), HSDPA (“3.5G”) e o WiMAX (“4G”).

2.3 CDMA2000 1xEV-DO

As operadoras que escolheram o caminho do CDMA2000 estão agora colocando em andamento o EV-DO (Evolução Otimizada em Dados), ou já implementaram o sistema. Como o nome sugere, o EV-DO é tecnologia centrada em dados que permite que as operadoras tirem proveito do desempenho da tecnologia para oferecer serviços avançados de dados. Como o 1X, o EV-DO é reconhecido como tecnologia 3G pela ITU. O Protocolo IS-856 (CDMA2000 High Rate Packet Data Air Interface) foi aprovado em Agosto de 2001. Conforme veremos mais adiante, a combinação de serviços EV-DO e 1X é um argumento muito forte para as operadoras que procuram maximizar a capacidade de voz de suas redes e, ao mesmo tempo entregar serviços de dados avançados, capazes de gerar receita.

Com a recente decisão da Sprint Nextel de acionar o EV-DO, todo o trabalho do grupo de protocolo em cima do 1xEV-DV (Evolução – Dados e Voz) foi suspenso, o grupo agora dirige seus esforços para as melhorias futuras e a primeira implementação (Versão 0) do EV-DO. O EV-DO Versão A é a primeira de uma série de melhorias, ou *upgrades*, planejados para a Versão 0. O Protocolo da Versão A foi aprovado em Março de 2004 e os primeiros serviços comerciais devem começar no início de 2006. O EV-DO Versão B segue logicamente da Versão A e tudo indica que essa versão

A ITU reconheceu o 1X e o EV-DO como tecnologias 3G.



Evolução em 3G

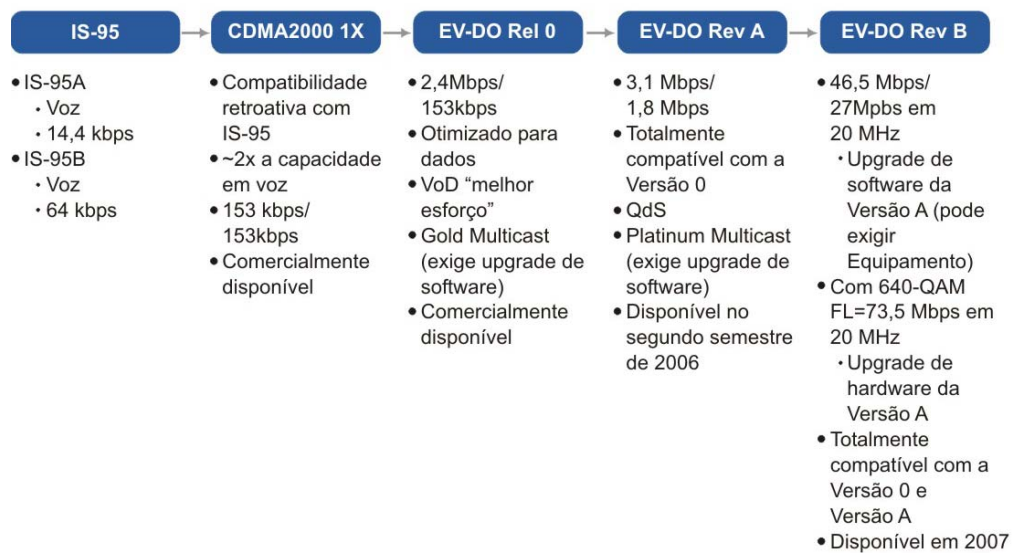
Levando CDMA2000 para a Próxima Década

CDMA Development Group

Outubro de 2005

será o padrão adotado no primeiro trimestre de 2006. Todas as revisões do EV-DO, inclusive a Versão B, serão completamente compatíveis com sistemas existentes e futuros. É provável que hajam várias “fases” da Versão B, cada uma apresentando maior riqueza de funcionalidades e aspectos.

Figura 1 – A Evolução CDMA2000



Fonte: Signals Research Group, LLC



3.0 Atualização do Mercado de CDMA2000

Achamos que seria interessante lembrar todas as realizações do CDMA2000 até a presente data, e explorar alguns dos atributos que fazem do CDMA2000 uma irresistível para as operadoras e consumidores.

3.1 O Ecossistema 1X e EV-DO

A capacidade de uma tecnologia para melhorar a eficiência de uma rede é um critério importante para minimizar o custo total da propriedade de sistemas 3G. Um ecossistema bem estabelecido também ajuda a derrubar custos, pois a grande base de assinantes oferece economias de escala e a multiplicidade de fornecedores de aparelhos e infra-estrutura aguça a concorrência.

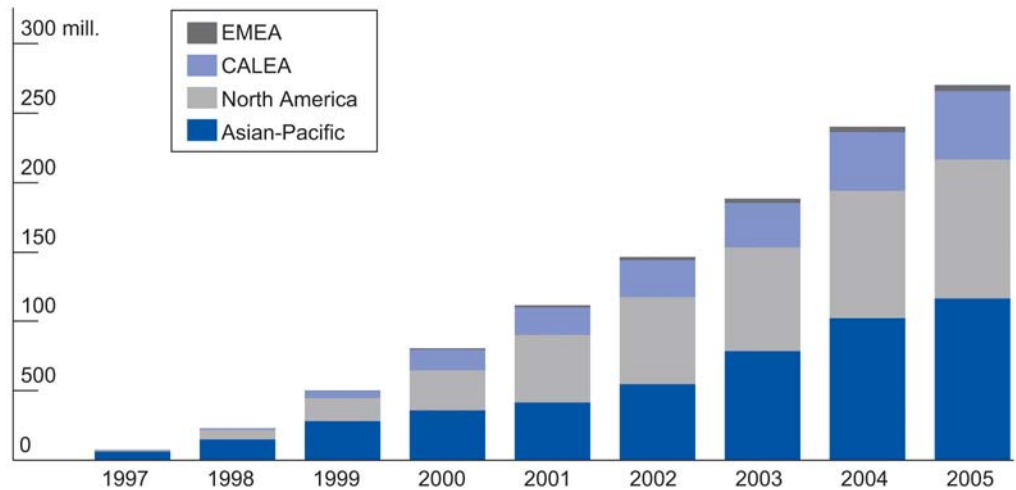
3.1.1 Crescimento da Base de Assinantes de 1X e EV-DO

Com base nos números fornecidos pelas operadoras, no final de Junho de 2005 haviam 270,2 milhões de assinantes CDMA no mundo, espalhados em mais de 193 redes em 70 países. O maior número de assinantes se concentra na região da Ásia-Pacífico e América do Norte, com 116,2 e 100,4 milhões de assinantes, respectivamente, seguido pelo Caribe e América Latina com 49,2 milhões e a Europa, África e Oriente Médio (EMEA) com 4,4 milhões de assinantes CDMA. A base de assinantes de serviços CDMA continua a crescer em todo o mundo e, desde 2000, a taxa anual de crescimento composto é de 27% para todas as regiões.

Sem dúvida o número de assinantes GSM (~1,5 bilhões ao todo) impressiona mais, mas o número total de assinantes reflete a realidade da situação. Por exemplo, apesar de uma base 2G bastante grande, a adoção do 3G [WCDMA] entre usuários de GSM tem sido menor do que a adoção do 1X e EV-DO. As estatísticas mais recentes contam que haviam 33 milhões de assinantes de WCDMA em 61 redes comerciais, incluindo os 16,5 milhões de assinantes da rede DoCoMo da NTT. Abaixo iremos discutir que esse caso é uma implementação específica e proprietária de WCDMA. A título de comparação, dos 270,2 milhões de assinantes CDMA, 185,6 milhões (69%) são assinantes de CDMA2000, e mais de 16 milhões usam aparelhos EV-DO. Isso significa que, do ponto de vista de redes, operadoras representando mais de 80% da base de assinantes de CDMA já acionaram sistemas EV-DO, ou estão em fase de teste para um acionamento futuro. O objetivo dessas comparações não é sugerir que 1X e EV-DO poderão manter sua liderança sobre o WCDMA, mas é preciso reconhecer que as operadoras CDMA parecem ter tido mais sucesso, ou maiores facilidades, na transição de serviços de voz e dados de 2G para 3G. Essa vantagem, em termos do tempo para chegar ao mercado, será discutida na Seção 3.2 desse documento.



Figura 2. Crescimento no Número de Assinantes CDMA (1997 – Junho de 2005)



Source: CDG

3.1.2 Fornecedores de 1X e EV-DO

Uma base grande de assinantes ajuda a manter baixo o custos dos aparelhos e da infra-estrutura, em função de economias de escala. Os resultados financeiros da Qualcomm para o ano de 2004 indicam que foram vendidos 148 milhões de aparelhos CDMA2000, contra 22 milhões de aparelhos WCDMA. Um grande ecossistema de fornecedores de aparelhos e infra-estrutura irá contribuir para aumentar a concorrência, levando a preços mais atraentes e uma seleção mais ampla de aparelhos, com uma riqueza irresistível de funcionalidades.

Até a presente data, mais de 740 modelos de aparelhos CDMA2000 já foram introduzidos no mercado. A título de comparação, existem 90 modelos de aparelhos WCDMA, incluindo 32 aparelhos FOMA.²

Quanto ao aspecto infra-estrutura, existe mais de uma dúzia de fornecedores de equipamento CDMA2000, bem como um grande numero de fornecedores de subsistemas e redes core. Incluídas nessa lista estão algumas das maiores empresas do setor, bem como empresas de capital fechado e fornecedores na Ásia de reconhecida agressividade.

O ecossistema de fornecedores de dispositivos CDMA2000 introduziu várias funcionalidades avançadas, muitas disponíveis somente em aparelhos 1X/EV-DO, ou que apareceram pela primeira vez nesses aparelhos. Exemplos dessas funcionalidades incluem:

- O primeiro celular com máquina fotográfica de 7 megapixel
- O celular 3G mais leve do mundo (98 gramas)
- O primeiro celular 3G com disco rígido interno

² Site do Forum UMTS

Os assinantes de serviços CDMA2000 têm 740 diferentes modelos de aparelho celular 1X para escolher, e quase 140 dispositivos EV-DO.



Nenhuma dessas funcionalidades serão eternamente exclusividade de aparelhos CDMA2000, da mesma forma que novidades certamente aparecerão em aparelhos que não são CDMA2000. Porém esses números demonstram que CDMA2000 tem uma carteira de aparelhos bastante atraente, e que os fabricantes de aparelhos reconhecem e perseguem essa oportunidade de mercado agressivamente.

3.2 Vantagens em Termos do Tempo para Chegar ao Mercado

Conforme mencionado, 1X oferece a maior capacidade em termos de voz de todas as tecnologias 3G, já o desempenho do DV-DO na transmissão de dados está se mostrando superior ao WCDMA e deve superar o HSDPA. Esse desempenho será explicado em maiores detalhes no Capítulo 6. O EV-DO Versão A se compara ao HSUPA em termos do desempenho do link reverso. Existe um outro atributo em que toda a família de tecnologias CDMA2000 tem vantagem – o tempo para chegar ao mercado. Em mercados competitivos, as operadoras precisam oferecer aos consumidores o que há de mais novo em tecnologia para se manterem competitivas, atrair novos clientes e reter os antigos. Se bem que dados recentes mostram que os assinantes pouco se importam se estão usando tecnologia 2G, 3G ou 2,5G, o fato é que querem saber quais as funcionalidades e os serviços oferecidos pelo seu serviço de telefonia móvel. Consumidores desejam serviços 3G como acesso à Internet via banda larga sem fio – algo que clientes corporativos e exigentes procuram, clientes esses que geram ARPU -, aplicativos multimídia, jogos e serviços de voz a preços competitivos para clientes pessoa física. Nesse aspecto, as tecnologias CDMA2000 dão às operadoras a vantagem de “first mover” que poderá ser usada da forma que mais lhe convier.

A tecnologia CDMA2000 permite que as operadoras antecipem o lançamento de produtos, uma vantagem importante.

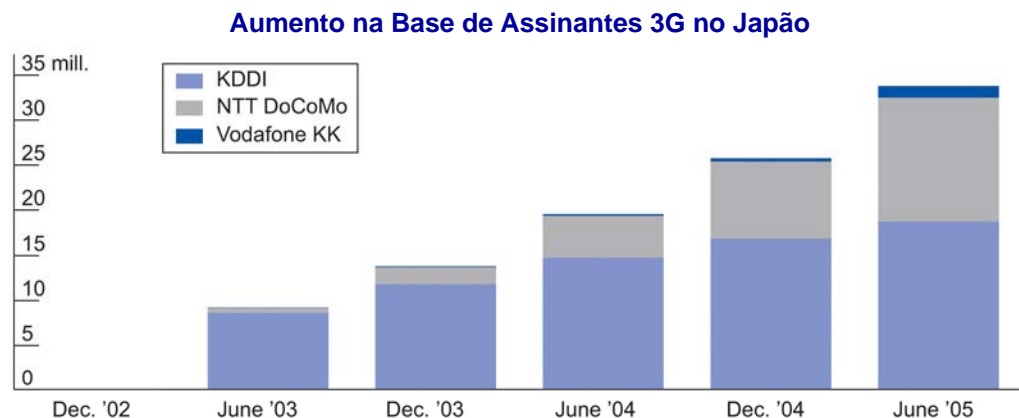
A SK Telecom (SKT) lançou a primeira rede 1X da Coreia do Sul em Outubro de 2000. A SKT lançou o primeiro serviço comercial de EV-DO em Janeiro de 2002, seguida pelo serviço KT Freetel em Maio do mesmo ano. Desde esses primeiros acionamentos o ecossistema pôde se desenvolver e as tecnologias CDMA2000 amadureceram, provando-se num período de vários anos, introduzindo soluções otimizadas que reduzem os custos e melhoram a qualidade da experiência do usuário (por exemplo consumindo menos bateria).

A NTT DoCoMo foi a primeira operadora do mundo a lançar um sistema WCDMA usando uma versão proprietária (anterior ao lançamento) do WCDMA, o FOMA (Liberdade de Acesso Móvel Multimídia) em Outubro de 2001. Em Dezembro de 2002 a Vodafone KK (J-Phone) implementou o primeiro serviço WCDMA baseado em protocolos, oferecendo serviços 3G em escala comercial no Japão.

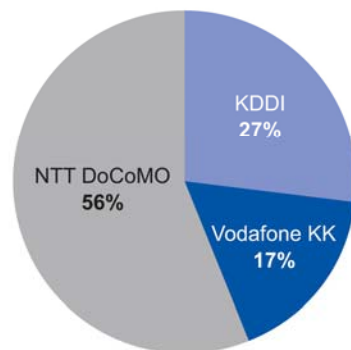
No Japão, a KDDI - segunda operadora com mais de 20 milhões de assinantes - é a única que segue o caminho evolucionário do CDMA2000. A KDDI lançou 1X em Abril de 2002 e EV-DO em Outubro de 2003, e tem planos para implementar hardware EV-DO Versão A no final de 2005, fazendo o *upgrade* do equipamento com *software* Versão A assim que disponível. Por outro lado, a NTT DoCoMo (e possivelmente a Vodafone KK) podem começar a acionar o HSDPA só em 2006, embora ainda não exista uma data oficial para o início da comercialização desse sistema. Provavelmente o HSUPA não será uma alternativa viável antes de 2008. Com base

nesse calendário e nos planos de acionamento, a KDDI terá cerca de 1 a 2 anos de vantagem nesse mercado, aproveitando o melhor desempenho do 1X/EV-DO Versão 0 e Versão A, quando comparados ao UMTS/HSDPA e HSUPA.

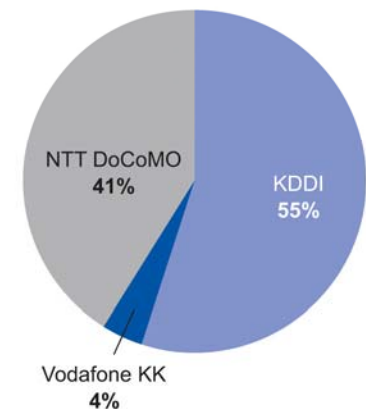
Figura 3. Vantagem da KDDI em Termos de Tempo para Chegar ao Mercado



Distribuição dos Assinantes no Japão (Junho de 2005)



Distribuição dos Assinantes 3G no Japão (Junho de 2005)



Source: Telecommunications Carriers Association (TCA)

Essa vantagem em termos de tempo para chegar ao Mercado fica evidente se olharmos o número de assinantes. Ao final de Junho de 2005, a KDDI tinha 55% da base de assinantes 3G no Japão, comparado com a NTT DoCoMo com 41% e a Vodafone KK com 4%. Vale notar que a base de assinantes CDMA2000 da KDDI é 27% do total de assinantes de telefonia móvel no Japão, tornando ainda mais impressionante a captura de assinantes 3G.

Os assinantes não procuram a KDDI porque foi a primeira empresa a usar tecnologia 3G, mas o desempenho e características do 1X e E1.25 -DO, ambas tecnologias



estabelecidas, permite que a KDDI ofereça aparelhos atraentes e uma rica carteira de serviços multimídia possibilitados pela sua rede 3G.

Essa vantagem, em termos de tempo para chegar ao Mercado, também existem em outras regiões, especialmente na América do Norte e no Brasil, onde ainda inexistem serviços comerciais de WCDMA/HSDPA e onde o 1X e EV-DO estão em uso desde 2002 e 2003, respectivamente. As operadoras que usam CDMA2000, como a Verizon Wireless, Sprint Nextel, Bell Mobility e Vivo, foram as primeiras a chegar ao mercado com serviços 1X e EV-DO e oferecem aos seus clientes um rico conteúdo multimídia (por exemplo o VCAST, oferecido pela Verizon Wireless). Essas operadoras também oferecem acesso móvel em banda larga aos seus assinantes mais rentáveis – o “profissional móvel”.

As vantagens dos serviços de dados móveis serão discutidos na próxima seção.

3.3 Os Argumentos a Favor da Transmissão Móvel de Dados

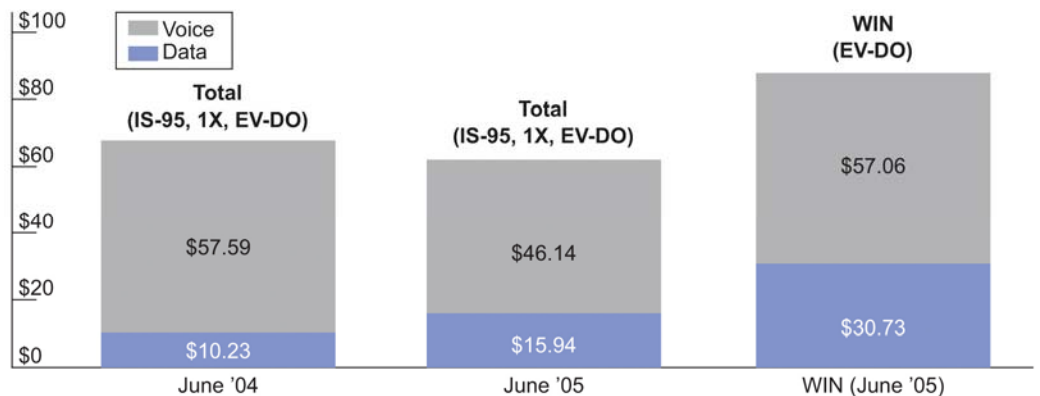
Acionar tecnologia 3G não significa que a operadora terá uma experiência compensadora ao oferecer serviços de dados móveis. Porém na ausência desse serviço, fica difícil aumentar ou mesmo manter o ARPU (faturamento médio por cliente). Em quase todas as regiões do mundo existe uma forte briga por novos assinantes, especialmente nos países aonde a penetração chegou ao limite do praticável, em vista da demografia regional.

Para fazer frente a essa situação, as operadoras estão abaixando as tarifas dos seus serviços de voz e /ou aumentando o número de minutos dos diferentes planos como forma de atrair e /ou reter assinantes. O resultado final dessas ações é um ARPU menor, um churn maior e lucros menores. As operadoras de serviços móveis começam a reconhecer que um serviço irresistível de dados móveis usando a rede 3G servirá para atrair / reter assinantes, aumentar o faturamento com serviços de dados e mesmo serviços de voz. As operadoras de CDM2000 da Coréia do Sul e do Japão foram as primeiras a lançar redes 3G e, com freqüência, são apontadas como exemplos de sucesso em dados móveis.

Entre Junho de 2004 e Junho de 2005, o ARPU com serviços de voz da KDDI caiu em 32%, chegando a \$46,14. Durante esse mesmo período, o ARPU com serviços de dados aumentou em 56%, chegando a \$15,94 em toda a base de assinantes, equilibrando assim a queda. A contribuição de serviços móveis de dados é ainda mais impressionante quando os resultados do serviço EV-DO da KDDI é isolado do resto. Em Junho de 2005, o ARPU dos assinantes do WIN, o serviço EV-DO da KKDI, foi de US\$87,79, 41% mais do que o ARPU da base total de assinantes. Além disso, a distribuição do faturamento entre serviços de voz e dados sugere que, à medida que os assinantes do serviço WIN aumentam o uso de serviços móveis de dados, aumenta também seu desejo de fazer chamadas de voz, conforme indica o aumento no ARPU dos serviços de voz.

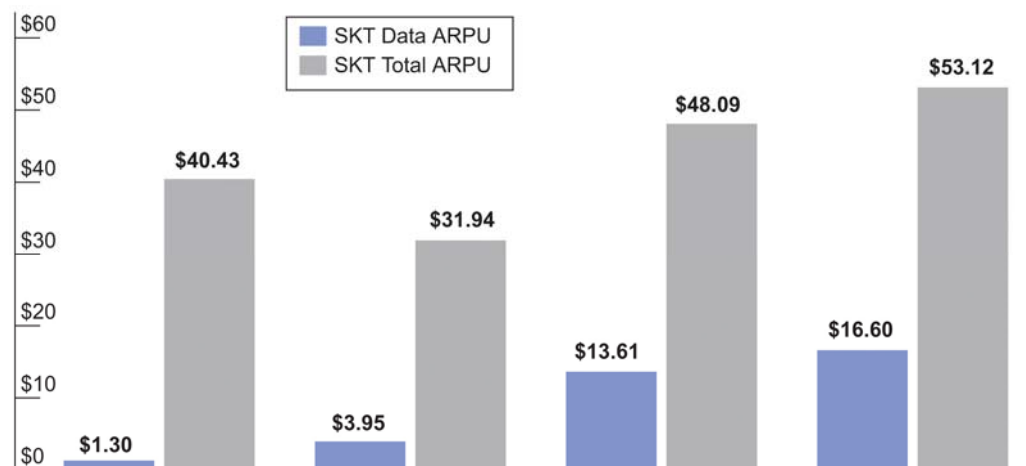


Figura 4. Dados Móveis Levam a ARPUs Maiores



Source: KDDI

Figura 5. Dados Móveis Aumentam o uso de Voz



Source: SK Telecom

A oferta de transmissão móvel de dados aumenta o faturamento, indiretamente aumenta o volume de voz e contribui para atrair e reter clientes.

Os resultados apresentados na Coréia do Sul também sugerem que a utilização de serviços móveis de dados aumentam o ARPU e ajudam a compensar a queda de ARPU de voz. O ARPU dos assinantes que usaram o serviço June da SK Telecom – um serviço multimídia para aparelhos EV-DP de ponta – foi de \$53,12, 66% mais do que o ARPU de assinantes 1X. O ARPU para serviços de voz para assinantes do serviço June foi 30,5% maior que o ARPU de voz dos assinantes 1X. Como no Japão, um aumento no uso de serviços móveis de dados levou a um aumento no uso de serviços de voz.

Tudo isso significa que as operadoras que tem uma oferta agressiva de serviços móveis de dados terão uma série de vantagens:



- O uso de serviços móveis de dados aumenta o ARPU;
- O uso de serviços móveis de dados aumenta, indiretamente, o uso de serviços de voz;
- Uma oferta atraente de serviços móveis de dados, que inclui aparelhos atraentes, serve para atrair e reter assinantes.

3.3.1 Acesso via Banda Larga Sem Fio Usando EV-DO

O conteúdo multimídia e os serviços disponíveis são o lado mais atraente da tecnologia 3G. Mas EV-DO e até 1X oferecem uma outra função – básica mas crítica – acesso sem fio (wireless) à Internet.

Em mercados em desenvolvimento, onde a penetração de telefonia fixa é baixa, ou onde a oferta de acesso DSL é limitada, as operadoras estão oferecendo EV-DO em banda larga meramente para conectar seus assinantes à Internet.

Em 2004, a Eurotel lançou uma rede EV-DO na República Tcheca, utilizando seu espectro em 450 MHz. Nos primeiros dois meses a operadora capturou quase 10% de todo o mercado de banda larga daquele país. Esse sucesso continua e a Eurotel tem mais de 50.000 assinantes em sua rede que cobre quase todo o país.

Na América do Norte, a Verizon Wireless e Sprint Nextel oferecem pacotes de dados ilimitados nas suas redes EV-DO e 1X. Essas operadoras reconhecem que, embora haja uma oferta abundante de acesso à Internet com fio, esse acesso nem sempre é possível nos locais onde os assinantes precisam mais – em aeroportos, hotéis e outros lugares freqüentados por profissionais.

Nesse caso, o EV-DO não tem a intenção de substituir o acesso via fio, mas os funcionários de pequenas e grandes empresas podem estar em constante contato com o escritório, acessando seu correio eletrônico, recebendo e transmitindo arquivos através de uma RPV, etc. Do ponto de vista da empresa, um serviço EV-DO em banda larga aumenta a produtividade a um custo módico, menor que os custos que a empresa teria caso usasse outras tecnologias de acesso. Os hotéis chegam a cobrar US\$ 10 – 15 por noite para que seus hóspedes acessem a Internet via conexão banda larga. Existem serviços Wi-Fi a US\$ 30 por mês, sem limite de acesso. Certamente esse valor é menor que os US\$ 59.99 que custa o serviço EV-DO, mas a cobertura é menor e os usuários de Wi-Fi acabam tendo que complementar seus planos para poderem acessar a Internet onde não existe cobertura Wi-Fi.

Para as operadoras, um serviço de acesso banda larga EV-DO pode aumentar seu ARPU de maneira importante e criar mais uma camada para segurar os seus assinantes mais lucrativos, garantindo sua fidelidade.

3.3.2 A Eficiência das Redes é Movida pelo Multicast Gold e Platinum

A introdução do EV-DO Versão 0, seguida pelo EV-DO Versão A, significa que as operadoras EV-DO podem oferecer serviços *multicast* a seus assinantes. Como sugere o nome, *multicast* é um mecanismo de entrega “de um para muitos” que



Um serviço *multicast* utiliza recursos da rede de maneira eficiente, mas ainda permite que as operadoras ofereçam uma ampla gama de conteúdo multimídia a um número ilimitado de assinantes.

melhora, em muito, a capacitação de redes EV-DO. Com o *multicast*, todos os assinantes podem receber a informação enviada pelas centrais de base ao mesmo tempo, da mesma forma que sinais de rádio e TV enviam a mesma informação para um número ilimitados de aparelhos de rádio e TV, sem a necessidade de re-transmitir a informação várias vezes. Uma só transmissão fornece os dados para um número ilimitado de ouvintes e telespectadores.

O equivalente “um para um” do *multicast* é normalmente denominado *unicast*. Num nível superficial, o *unicast* oferece aos assinantes o mesmo tipo de conteúdo com a mesma qualidade de imagem e áudio de um serviço *multicast*, com uma só exceção – a rede precisaria mandar a programação para cada assinante individualmente.

Isso significa que, para enviar um arquivo de vídeo de 1 MB para 5 assinantes de uma mesma célula, uma rede *unicast* teria que enviar 5MB de dados. Uma rede *multicast* envia o arquivo de 1 MB uma só vez – simultaneamente – para todos os cinco usuários. O valor do conteúdo – o valor que o consumidor paga – permanece inalterado ou, visto de uma outra forma, numa rede *multicast*, o lucro aumenta à medida que aumenta o número de assinantes do serviço multimídia, sem que isso impacte os recursos da rede (por exemplo, o custo de entrega). A eficiência do sistema *multicast* é dada em função do número de assinantes em um dado setor – quanto maior o número de assinantes, maior a eficiência e vice versa.

Um sistema *multicast* pode usar software de gestão de entrega de programas para usar horário fora de pico para transmitir conteúdo, especialmente conteúdo que não se altera com o tempo. Isso pode ser uma grande vantagem, pois a utilização das redes varia muito, com tráfego muito baixo tarde da noite e de madrugada. As vantagens do *multicast* são muitas. Para as operadoras, o *multicast* permite um uso mais eficiente dos recursos de rede e de seu espectro limitado, mas ao mesmo tempo permite que a operadora ofereça uma ampla gama de conteúdo e programação multimídia a seus assinantes, gerando ARPU. Para os assinantes, um serviço *multicast* significa uma escolha maior em termos de conteúdo multimídia. Conteúdo multimídia que se presta a um serviço *multicast* inclui:

- Vídeo clipes de música
- Arquivos MP3
- Momentos importantes no esporte
- Trailers de cinema
- Notícias

A funcionalidade *multicast* do EV-DO Versão 0 é chamada *Gold Multicast (Ouro)* e pode ser implementada através de um upgrade de software em aparelhos RAN (com chip), mais algumas pequenas modificações na rede *core*, incluindo melhorias no software e maior capacidade de conexão ponto a ponto (*backhaul*). Em termos de desempenho, o *Gold Multicast* deve agüentar um fluxo de até 409,6 no link progressivo em 99% do setor alvo, usando uma portadora EV-DO dedicado.

O *Platinum Multicast (Platina)*, disponível para o EV-DO Versão A, deve permitir um fluxo de até 1,5 Mbps (>98% de cobertura) no link progressivo, um aumento de quase 4x comparado com o sistema *Gold*. Essa dramática diferença se deve ao uso do



OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Como o EV-DO se baseia em tecnologia TDM (Time Division Multiplexing ou Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo), é possível intercalar sinais OFDM e CDMA em uma mesma portadora de rádio, se bem que separados no tempo (por exemplo em diferentes faixas de tempo ou *time slots*).

O WCDMA incorpora um serviço multicast denominado MBMS (Multimídia Broadcast Multicast Service). Apesar do fato do produto da evolução do WCDMA (HSDPA) também ser um sistema baseado em TDM, ele não usa o OFDM para fornecer funcionalidade MBMS.

3.3.3 VoIP e Aplicativos Multimídia

As operadoras que usam CDMA2000 podem oferecer uma ampla gama de serviços integrados de voz e dados. Inicialmente esses aplicativos incluirão serviços mais avançados e de baixa latência, como Push-to-Talk (Fale com um Toque) mensagens instantâneas e multimídia instantânea, que permite ao consumidor combinar texto e áudio e até vídeo em uma única mensagem multimídia.

Com a introdução do EV-DO Versão A e melhorias na rede *core*, as operadoras poderão oferecer serviços de VoIP (Voz sobre Protocolo Internet), chegando a serviços de vídeo telefonia e vídeo conferências com vários participantes. Conforme será discutido na Seção 6.3.5, o VoIP (juntamente com a diversidade de recepção e cancelamento de interferência piloto) pode aumentar a capacidade de voz além do 1X, e levar a um uso mais eficiente dos recursos de rede, reduzindo as despesas de capital e os custos operacionais.

3.4 Os Mercados Remotos são os objetivos do CDMA2000

Uma migração tranquila de 2G a 3G, que inclui compatibilidade retroativa e futura, com um mínimo de requisitos em termos de equipamento, torna a tecnologia CDMA2000 bastante adequada aos mercados em desenvolvimento. De fato, o crescimento no número de assinantes de serviços CDMA2000 em mercados em desenvolvimento é maior do que nos mercados mais desenvolvidos. Em muitos desses mercados o WCDMA ainda não existe, e pode não estar disponível por alguns anos, ou chegar com uma disponibilidade muito limitada.

Para manter as vantagens competitivas desse sistema como tecnologia 3G nessas regiões, a comunidade CDMA2000 está trabalhando para reduzir os custos e facilitar a introdução de dispositivos móveis para o mercado de muito baixa renda (VLE). Existem várias atividades que fazem parte desse esforço, quatro delas estão descritas a seguir.

Aparelhos VLE – para reduzir os custos dos aparelhos CDMA2000, uma tecnologia de semicondutores mais barata (RF-CMOS) está sendo usada no transceptor dos aparelhos, substituindo uma tecnologia mais antiga e cara (Silício Germânio). Esses transceptores podem ser projetados para uma única frequência, reduzindo ainda mais a complexidade, o tamanho e o custo. No início de 2006 teremos três diferentes

A comunidade de CDMA2000 se uniu para procurar formas de reduzir custos e facilitar a introdução de dispositivos móveis para a população de baixa renda (mercado



soluções de *chipset*, cada uma combinando a banda base, RF e gestão de energia em um único chip. Essas soluções de chip único usarão um processador ARM-9, com um núcleo de processamento mais avançado e capaz de reduzir a área de cobertura (custo) da funcionalidade da CPU e DSP, melhorando o desempenho comparado ao processador ARM-7, que hoje em dia é usado em aparelhos VLE.

Toda a família de soluções de chip único é compatível entre si. O *chipset* mais básico é capaz de transmitir voz e SMS, o chip intermediário será capaz de transmitir e receber dados 1X e a versão mais avançada terá capacidade para uma máquina fotográfica de megapixel. Os fabricantes de aparelhos poderão usar um desenho básico e, com pequenos ajustes, terão uma carteira básica de aparelhos 3G de muito baixo custo, cada modelo com uma gama diferente de funcionalidades. Usando essa abordagem, as operadoras poderão focar no mercado de muito baixa renda, sem abrir mão da capacidade de oferecer uma solução modesta para dados (por exemplo para fazer o *download* de toques de celular).

Requisitos Globais para Aparelhos CDMA (GHRC) – Uma Iniciativa – O CDG está articulando junto às empresas associadas para definir um conjunto de requisitos comuns aplicáveis a todas as operadoras CDMA2000. Um conjunto de requisitos em comum irá contribuir para reduzir o grau de customização usada no passado por algumas das operadoras maiores e mais influentes. Com essa iniciativa, fica mais fácil apoiar as pequenas operadoras, levando a uma introdução mais rápida e ágil dos aparelhos, aumentando a carteira de aparelhos disponíveis e reduzindo o custo desses aparelhos no atacado.

Combinando Oferta e Demanda – Com algumas poucas exceções, as operadoras em mercados VLE não têm o poder de compra que têm as grandes operadoras em mercados desenvolvidos. Combinando os pedidos dessas operadoras, é possível obter economias de escala e preços mais atraentes.

Fórum de Certificação CDMA (CCF) – Como qualquer outro aparelho, os aparelhos CDMA2000 precisam ser aprovados pelas operadoras para uso em sua rede. Para reduzir o tempo e o custo de introduzir dispositivos CDMA no mercado, o CDG criou um Fórum de Certificação CDMA, um esforço conjunto das operadoras e dos fabricantes de aparelhos, cujo objetivo é desenvolver e implementar um processo de certificação padrão em todo o mundo. Uma vez acionada essa iniciativa, os fornecedores de aparelhos poderão “pré certificar” boa parte dos componentes de comunicação para todos os mercados potenciais, reduzindo a repetição de testes comum hoje em dia. A otimização do processo de teste e certificação irá reduzir o tempo e o custo de certificação.



O caminho para a evolução do CDMA2000 foi concebido no conceito de migração dentro da banda, permitindo que as operadoras acionem a tecnologia dentro do espectro já existente.

4.0 Transição Tranquila – de 2G para 3G

Para as operadoras CDMA, a transição de IS-95 para 1X e EV-DO é um processo tranquilo, pois essas tecnologias foram concebidas para maximizar o aproveitamento do equipamento existente. Dessa forma, as operadoras podem rapidamente por em marcha novas tecnologias, sem interromper os serviços existentes e com um mínimo de dispêndio de capital. Vários atributos contribuem para uma transição tranquila.

4.1 Evolução Intra Banda

Conforme mencionamos acima, às vezes a tecnologia 1X é erroneamente denominada 2,5G. Essa confusão tem mais a ver com as sutis diferenças externas entre o 1X e IS-95, e menos com as diferenças no desempenho, como maior capacidade de voz e capacidade de fluxo setorial.

O caminho evolucionário do CDMA2000 foi concebido num conceito de migração “intra banda”, o que significa que as operadoras podem usar essa tecnologia dentro do seu atual espectro de operação – provavelmente o espectro usado para fornecer serviços de voz 2G. A confusão pode ter suas origens na crença que um “espectro 3G” seria necessário para acionar serviços 3G, antes da implementação da primeira rede 1X.

Conforme discutimos acima, não houve exigência da ITU de que a tecnologia 3G usasse um novo espectro. A ITU identificou uma gama de espectros, incluindo alguns em uso para tecnologias 2G, deixando a critério das operadoras qual usar para oferecer serviços 3G. Esses espectros são:

- 806-960 MHz
- 1710-2025 MHz
- 2110-2200 MHz
- 2500-2690 MHz

As recomendações da ITU permitem que governos usem outras bandas de frequência para acionar serviços 3G.

As vantagens de um processo evolucionário intra-banda são várias:

Aproveitamento do Equipamento. Equipamento de radiofrequência como amplificadores, transmissores, receptores e filtros são ajustados para a frequência de operação. Como a tecnologia 3G opera no mesmo espectro que o 2G, grande parte desse equipamento pode ser aproveitado. Os grandes fornecedores de infra-estrutura CDMA oferecem soluções de RF multi-portadora, o que significa que um mesmo equipamento (e.g. um amplificador) pode trabalhar com portadoras de diferentes frequências, mesmo se uma for 1X e outra EV-DO. Caso as tecnologias 2G e 3G operassem em bandas de frequência distintas, não seria possível aproveitar o equipamento, nem tampouco ter equipamento capaz de trabalhar com 2G e 3G simultaneamente. Esse atributo será discutido em mais detalhes adiante.



Uma Engenharia de Rede Mais Fácil. As leis da física ditam que as tecnologias wireless, ou sem fio, que usam frequências mais altas (bandas UMTS) não tem o mesmo alcance que aquelas que usam frequências menores (bandas 2G). As tecnologias 3G, incluindo o WCDMA, tem funcionalidades avançadas que aumentam sua cobertura (isso é, aumentam o chamado *link budget*). Essas melhorias, porém, não são suficientes para permitir que uma operadora simplesmente acione sites 3G nos locais onde existem sites 2G. As operadoras precisam acionar *cell sites* adicionais para cobrir as lacunas de cobertura decorrentes do uso das frequências maiores usadas pelas redes 3G. Essas lacunas de cobertura se tornam mais visíveis em função de um fenômeno denominado *cell breathing*, ou o respirar da célula, onde a cobertura oferecida por uma *cell site* CDMA2000 ou WCDMA encolhe à medida que aumenta o volume de tráfego. Com isso, as operadoras têm um gasto de capital a mais e, a necessidade de novas *cell sites* na nova banda de frequência é um desafio a mais, que torna os aspectos de otimização e engenharia mais complexos e morosos. As despesas operacionais também aumentam devido ao número maior de *cell sites* em uma dada rede.

Ausência de Leilões Obrigatórios. Na Europa, as operadoras gastaram um total de mais de US\$130 bilhões durante a “bolha 3G”, procurando adquirir espectro para implementar serviços 3G. Sem dúvida algumas dessas operadoras realmente tinham necessidade de espectro adicional, mas o fato permanece que as operadoras que tinham espectro 2G ocioso não puderam usar esse espectro para oferecer serviços 3G. Com isso, os governos recolheram recursos na forma de impostos, mesmo antes das redes serem implementadas. Conseqüentemente algumas operadoras já deviam vários bilhões de dólares antes de acionar uma única central de base. Desde o início de 2005 existem dispositivos e infra-estrutura WCDMA intra-banda, oferta essa que deve continuar em 2006. À medida que evolui o mercado para soluções desse tipo, e os governos abrem mão de algumas exigências, aceitando o acionamento de serviços 3G no espectro 2G, essas operadoras poderão capturar vantagens semelhantes às que as operadoras CDMA desfrutaram desde o início do 3G. Ainda será necessário implementar uma infra-estrutura RAN completamente nova, pois centrais GSM não podem ser adaptadas para WCDMA.

4.2 Mantendo a Portadora de 1,25MHz

A tecnologia IS-95, 1X até pelo menos a Versão B e o EV-DO usam um canal de rádio a 1,25 MHz para enviar tráfego de voz e dados do aparelho móvel para a central de base. O caminho entre a central de base e o aparelho móvel é o chamado link progressivo (forward link ou down link), já o caminho entre o aparelho móvel e a central de base é o link reverso (reverse link ou uplink). Tráfego que exige frequências diferentes para o link progressivo e regressivo é conhecido como FDD (Frequency Division Duplexing), num sistema TDD (Time Division Duplexing) a mesma portadora de radiofrequência carrega o tráfego no link progressivo e reversivo, com um pequeno intervalo entre as duas direções. As vantagens de se manter uma portadora de 1,25 MHz nem sempre são óbvias, mas do ponto de vista da operadora as vantagens são importantes e profundas. O espectro de radiofrequência é recurso escasso que se torna cada vez mais escasso à medida que aumenta a utilização do mesmo pelas redes. As operadoras estão usando quase todo seu espectro para apoiar serviços existentes.



O espectro é um recurso escasso que se torna cada vez mais difícil à medida que aumenta a utilização do mesmo pelas redes. Com isso, fica difícil liberar espectro para uma nova tecnologia. Daí a importância de manter uma portadora de 1,25MHz na migração do IS-95 para 1X e EV-DO.

A não ser que tenha espectro ocioso, quando uma operadora implementa ou aciona uma nova tecnologia (por exemplo 3G), ela precisa liberar parte do espectro para acomodar a nova tecnologia. O problema é que, ao liberar espectro em uso, aumenta a carga no espectro 2G remanescente, o que pode resultar numa maior incidência de ligações “caídas”, redes ocupadas e clientes insatisfeitos. O problema é mais presente quando não há compatibilidade retroativa entre as duas tecnologias.

Se a nova tecnologia exigir um espectro diferente (mais amplo), o problema será ainda maior, pois a operadora precisa liberar mais espectro e deslocar várias portadoras RF. Para as operadoras GSM que estão migrando para WCDMA, o problema é frustrante, pois o WCDMA suporta mais tráfego de voz que o GSM, mas as operadoras podem não conseguir liberar espectro suficiente sem degradar significativamente sua rede 2G. A tecnologia WCDMA usa um canal de FDD de 5MHz, e o GSM utiliza um canal FDD a 200kHz, o que equivale a aproximadamente 25 portadoras GSM em uma única portadora de radio SCDMA. Não só isso, mas mesmo se houver espectro disponível, a operadora poderá ter que realocar as frequências em sua rede de centrais para conseguir 5MHz de espectro contíguo.

Nesse caso o problema é ainda maior, pois a tecnologia WCDMA não é compatível com GSM sem o uso de dispositivos móveis multi-modais WCDMA/GSM. Isso significa que, a não ser que a operadora consiga rapidamente aumentar sua base de assinantes 3G, por exemplo através de importantes subsídios para aparelhos, não utilizar a capacidade de voz possível na sua rede 3G [WCDMA], pois os assinantes ainda estarão usando uma rede 2G [GSM]. É importante lembrar que, para a tecnologia 1X, os aparelhos são compatíveis com aparelhos existentes e futuros que usam tecnologia IS-95, o que não acontece com o WCDMA e GSM. Conforme mencionado anteriormente, as tecnologias IS-95, 1X e EV-DO usam 1,25 MHz de espectro FDD. Além disso, dadas as características especiais de sistemas baseados em CDMA, incluindo WCDMA, cada frequência ativa poderia, potencialmente, ser alocada a cada cell site na rede da operadora.

Esse esquema de aproveitamento de frequência (N=1) não é fácil com sistemas baseados em TDMA, como o GSM. Uma operadora CDMA só precisa liberar uma portadora RF para acionar a nova tecnologia (por exemplo EV-DO). Por outro lado, as operadoras GSM que estão acionando um sistema WCDMA “intra banda” não só precisam liberar e alocar 5MHz de frequência contígua, como também desenvolver um esquema de aproveitamento de frequências completamente novo, baseada nas portadoras RF remanescente, assegurando que não haja interferência entre as células de sua rede. Conforme iremos discutir a seguir, como compatibilidade retroativa simplifica ainda mais a transição para 3G.

4.3 Compatibilidade Retroativa e Futura

Talvez o aspecto mais convincente da evolução do CDMA2000 seja o fato de que a tecnologia não só aumenta a capacidade de tráfego de voz e a capacidade de rodar aplicativos de dados móveis, mas também é compatível com sistemas existentes e futuros, o que significa compatibilidade retroativa e futura, e qual a vantagem para as operadoras?



Compatibilidade futura significa que novas tecnologias poderão ser acionadas na rede da operadora e os dispositivos móveis existentes, baseados na “antiga tecnologia”, irão funcionar como se nada tivesse acontecido. Da mesma forma os dispositivos móveis baseados na nova tecnologia funcionam com redes baseadas na tecnologia antiga – a compatibilidade retroativa. Esse tipo de compatibilidade bi-direcional é um aspecto importante para operadoras que se sentem pressionadas pela escassez de espectro e para aquelas que querem evoluir de 2G para 3G em estágios.

Um caso ilustrativo é o da Sprint Nextel (na época Sprint PCS), que começou a vender aparelhos 1X no final de 2002, mas não lançou um serviço nacional de CDMA2000 até o começo do segundo semestre de 2003. Com isso, a Sprint Nextel semeou o mercado com aparelhos 3G e, quando lançou o serviço, imediatamente capturou os benefícios de uma maior capacidade de voz. Não só isso, mas quando a Sprint Nextel lançou 1X, os telefones IS-95 que usavam sua rede eram capazes de funcionar em redes 3G. O resultado é que, mesmo na ausência de telefones 3G, haveria utilização para a portadora 1X.

Cabe ressaltar aqui que o EV-DO Versão 0 não tem compatibilidade retroativa com o 1X ou IS-95. Essa decisão foi tomada para tirar plena vantagem de uma rede all-IP, maximizando o desempenho de uma rede de dados sem ter que apoiar serviços de voz comutados (por exemplo 1xEV-DV). Porém o EV-DO tem compatibilidade retroativa através do uso de dispositivos multi-modais que trabalham com EV-DO, 1X e IS-95. Como resultado, um aparelho móvel EV-DO é capaz de roaming contínuo entre sistemas EV-DO, onde pode utilizar todas as vantagens que a tecnologia oferece em termos de dados, e sistemas 1X, onde os serviços e aplicativos EV-DO continuam disponíveis, se bem que com desempenho de 1X.

Nesse sentido o WCDMA é uma tecnologia comparável, do ponto de vista de dispositivos, pois dispositivos multi-modais WEDGE (WCDMA + EDGE/GPRS/GSM) dão apoio à continuidade de serviços na interface entre redes 3G e 2G. A diferença principal tem a ver com a infra-estrutura de rede, pois WCDMA e EDGE/GPRS/GSM podem exigir blocos de espectro diferentes, e portanto equipamento RAN independente, aumentando o custo e a complexidade das redes.

Uma vez acionada a tecnologia EV-DO Versão 0, a evolução para EV-DO Versão A e Versão B é completamente compatível com equipamentos existentes e futuros, e boa parte do equipamento da infra-estrutura de rede poderá ser reaproveitado. Com a compatibilidade retroativa e futura garantida, as operadoras tem a flexibilidade de escolher como, quando e em que direção querem levar suas redes, sem se preocupar com interrupção de serviços para seus assinantes. Essa flexibilidade permite que uma operadora atualize toda sua rede EV-DO, de Versão 0 para Versão A ou B, tirando vantagem das funcionalidades associadas com as Versões mais recentes, mas permitindo o uso de aparelhos móveis Versão 0. Alternativamente, uma operadora poderia migrar parte de sua rede EV-DO para a Versão A (ou Versão B) baseada em suas próprias necessidades, fornecendo roaming contínuo para aparelhos EV-DO entre as versões A, B e 0, e mesmo com 1X/IS-95 através do uso de dispositivos multi-modais.

Compatibilidade retroativa e futura significa que as operadoras CDMA podem escolher como, quando e onde evoluir suas redes, sem se preocupar com uma eventual descontinuidade do serviço.



A evolução para 1X e EV-DO permite o reaproveitamento de equipamentos, bem como flexibilidade na forma de utilizá-los.

5.0 O Impacto na Infra-estrutura de Rede

Na seção anterior discutimos as vantagens da compatibilidade retroativa e futura, tanto do ponto de vista de redes quanto de dispositivos. Nessa seção iremos examinar o impacto dessa evolução na infra-estrutura de redes CDMA existentes.

5.1 Redes de Acesso via Rádio

Grande parte do equipamento da RAN pode ser reaproveitado em cada uma das etapas do processo de migração. Alguma coisa terá de ser adicionada, principalmente placas “channel card” e/ou novo software.

5.1.1 Do 1X para o EV-DO Versão 0

Existem diversos fatores que contribuem para a decisão de substituir ou não equipamento existente, sendo que a vida útil do equipamento é um desses fatores. De qualquer maneira, a evolução para 1X e EV-DO permite o reaproveitamento de muito equipamento e também existe flexibilidade em termos de como será usado esse equipamento.

Por exemplo, para completar o upgrade de 1X para EV-DO Versão 0, a única modificação que precisa ser feita na central de base 1X é a adição de uma nova placa EV-DO tipo “channel card” para processar o sinal EV-DO. Como quase todos os fabricantes de equipamento oferecem amplificadores e rádios multi-portadora do tipo MCPA, que apóiam tecnologia 1X e EV-DO ao mesmo tempo, é possível que não seja necessário utilizar novos subsistemas RF ou MCPAs, a não ser que o subsistema RF/PA da central de base existente não tenha mais capacidade. Além de uma nova placa “channel card” em cada central de base, será necessário um novo RNC (controlador de rede de rádio) para controlar ligações EV-DO e gerenciar a comutação entre células das centrais de base EV-DO. Normalmente uma rede RNC apóia centenas de centrais de base, sendo portanto um equipamento altamente escalável.

Embora a maior parte das operadoras CDMA já iniciou ou terminou o processo evolutivo para 3G, vale a pena salientar que a transição de 2G (IS-95) para 3G (1X) é igualmente simples, sendo o único requisito uma placa “channel card” 1X que pode ser colocada ao lado da placa IS-95A/B existente. Não é impossível que placas “channel card” IS-95A/B, 1X e EV-DO existam lado a lado, compartilhando muitos dos elementos de uma mesma central de base.

5.1.2 Atualização do EV-DO Versão 0 para Versão A

Para as operadoras que já se comprometeram ou já implementaram a tecnologia EV-DO, o foco passa ser o impacto da atualização entre a Versão 0 e a Versão A. Essa migração também é simples, mais ainda do que a transição entre 1X e EV-DO Versão 0. A KDDI deu início a um processo no final de 2005, seguido por outras operadoras em todo o mundo, “plantando” placas “channel card” da Versão A em suas redes. Essas placas convivem ao lado das placas 1X e EV-DO Versão 0, compartilhando os elementos de uma só central de base.

Inicialmente essas novas placas terão somente funcionalidade para a Versão 0, mas no final de 2006 as operadoras terão acesso ao software Versão A, permitindo que



essas placas sejam atualizadas e que a operadora passe a usar todas as funcionalidades e aplicativos disponíveis na Versão A. Essa estratégia permite que as operadoras continuem com seus planos para a tecnologia EV-DO, sem ter que aguardar o software da Versão A. Assim que o software estiver disponível, as operadoras podem fazer essa atualização literalmente de um dia para outro. Essa transição só é possível pois existe total compatibilidade bi-direcional entre as duas versões, e os aparelhos não são impactados.

5.1.3 Atualização do EV-DO Versão A para EV-DO Versão B

À primeira vista poderia se pensar que as características da Versão B, incluindo sua capacidade de dar apoio a até 46,5Mbps no link progressivo (73,5Mbps com 64-QAM), exigiriam uma grande mudança de equipamento e a impossibilidade de usar aparelhos existentes na rede de tecnologia EV-DO Versão B. Na realidade, esse não é o caso. A atualização entre a Versão A e a Versão B poderá exigir uma nova placa "channel card", ou talvez um mero upgrade de software. Do ponto de vista da rede, isso significa que as Placas Versão A poderá ser reutilizadas, exigindo para isso a instalação de novo software. A Versão B usa software para combinar, logicamente, até quinze portadoras EV-DO Versão A sobre a camada PHY. Mas essas portadoras não são fisicamente combinadas, preservando assim a integridade de cada portadora de 1,25MHz. Essa abordagem permite que as operadoras combinem duas ou três portadoras Revisão A (placas "channel Card") para criar uma solução Versão B que suporta até 9,3 Mbps (14,7Mbps com 64-QAM) e, ao mesmo tempo, usar cada portadora (placa "channel Card") para oferecer serviços Versão A e Versão 0 através de três diferentes portadoras de 1,25MHz. Vale notar que sistemas em 64-QAM precisam atualizar o seu equipamento. A compatibilidade retroativa e futura da infraestrutura é preservada.

Existe uma outra vantagem, sutil mas crítica, de não se combinar fisicamente as portadoras RF em "super canais" - as portadoras alvo de 1,25MHz não precisam estar lado a lado dentro do espectro. Para as operadoras que têm pouco espectro disponível, essa é uma vantagem importante, pois elimina a necessidade de "re-bandear" as portadoras de RF 1X e EV-DO existentes para agrupar as portadoras EV-DO.

Para a Versão B, novos dispositivos móveis são necessários, dotados de múltiplos canais para transmissão e recepção, permitindo assim uma maior velocidade de dados. Porém será possível usar aparelhos Versão A e Versão 0 com a nova versão, e os aparelhos Versão B funcionarão também em redes Versão A e Versão 0, garantindo assim a compatibilidade dos aparelhos móveis, tanto a nível retroativo quanto futuro.

5.2 Evolução da Rede Core

É importante notar que não é necessário que as redes RAN e CN (core) evoluam juntas, com diferentes padrões para definir a RAN e as especificações técnicas e requisitos da CN. Assim como a migração para 1X e EV-DO RAN, a migração da CN é relativamente fácil, com um claro caminho de migração para uma rede de transporte all-IP e arquitetura de comutação capaz de apoiar aplicativos e serviços MMD.

A rede core WCDMA e seu caminho de migração são bastante semelhantes aos



elementos de rede necessários para apoiar serviços de pacote (por exemplo GPRS e depois WCDMA). A parceria 3GPP2 (Parceria de Terceira Geração, Projeto 2) reconhece o trabalho feito pela parceria 3GPP (Parceria de Terceira Geração) com IMS (Subsistema de Multimídia IP) e adotou o IMS em grande parte, com algumas modificações adaptadas a necessidades específicas.

5.2.1 IS-95 para 1X e EV-DO

Para migrar de IS-95 para 1X e dar suporte a serviços de dados, novos equipamentos precisam ser adicionados à rede core, incluindo PDSN (Packet Data Server Node), FA (Agente Estrangeiro), AAA (servidor de autenticação, autorização e contabilidade) e HA (Agente Doméstico). Porém na ausência desses, as operadoras ainda podem usar 1X para ampliar sua capacidade de voz, acionando o PCN quando estiverem prontas para oferecer os novos serviços de dados. Quando as operadoras acionam o EV-DO, esses elementos serão reaproveitados, mas é provável que a operadora irá expandir sua capacidade *backhaul* para coincidir com o aumento na capacidade de tráfego do air link.

5.2.2 A Transição para Domínio Multimídia IP

Até pouco tempo, sistemas de comunicação móveis (por exemplo 1G, 2G e 3G) não conseguiam apoiar uma completa rede core IP. Consequentemente, serviços em tempo real como voz usavam uma rede de chaves de comutação e os aplicativos menos sensíveis em termos de tempo (como roteamento e transporte IP) usavam uma rede core PDCN (packet data, ou dados em pacote). Por exemplo, o serviço de vídeo-telefonia em redes WCDMA opera com uma conexão comutada de 64kbps, muito embora vídeo-telefonia seja considerado um aplicativo de dados.

Com a introdução do EV-DO Versão A, capaz de apoiar QoS (Qualidade de Serviço) e aplicativos de baixa latência sobre uma rede IP RAN, é possível estender IP para toda a rede core de acesso via rádio, oferecendo aplicativos sensíveis ao tempo e outros que não transitam em tempo real, usando uma mesma rede de pacotes.

Para as operadoras, isso é importante porque, com o passar do tempo, poderão migrar seu tráfego de voz e dados para uma rede [all-IP] mais escalável, efetivamente desligando ou diminuindo sua rede comutada. Além de diminuir o dispêndio de capital e os custos operacionais, isso permite integrar serviços de voz e dados de maneira contínua, oferecendo aos consumidores uma experiência de multimídia muito mais gratificante.

No decorrer dos últimos dezoito meses, o foco tem sido em IMS, um componente da Versão 5 do Padrão 3GPP [WCDMA]. Uma vez que muitas das associadas do 3GPP2 apóiam o desenvolvimento de padrões 3GPP e o trabalho da IETF (Força Tarefa de Engenharia de Internet), houve uma decisão de alavancar esse trabalho, adotando esses padrões para o 3GPP2, com algumas pequenas modificações. Dessa forma a evolução 1X e EV-DO se compara à evolução 3GPP dentro da rede core.

Além de oferecer uma arquitetura de rede baseada em SIP (Protocolo de Início de Seção), onde o tráfego de sinalização e transmissor são separados para uma

Dentro da rede core, a evolução para 1X e EV-DO se compara à evolução 3GPP.



utilização mais eficiente dos recursos da rede, o MMD apóia a convergência em uma série de diferentes tecnologias de acesso, incluindo WLAN (wireless local area network), WWAN (wireless wide area network) e acesso discado via linha fixa.

As operadoras podem alavancar o MMD para oferecer novos serviços, entre eles:

- Push-to-talk/see (fale/veja com um toque)
- Vídeo telefonia
- Conferências multimídia
- Jogos pessoa-a-pessoa
- Shows e eventos interativos

O MMD não é obrigatório. As operadoras podem atualizar sua rede RAN para EV-DO Versão A, tirando vantagem das melhorias que isso oferece, sem contudo realizar a plenitude de suas capacidades em toda a rede. Porém é provável que, com o tempo, as operadoras irão acionar uma rede core all-IP que suporta o MMD.



6.0 Características Técnicas e Desempenho do 1X e EV-DO

Até agora focamos na facilidade de se migrar entre IS-95, 1X e Versões do EV-DO. Nessa seção iremos descrever as características do desempenho do CDMA2000, comparando esse sistema com outras tecnologias 3G disponíveis.

6.1 1X

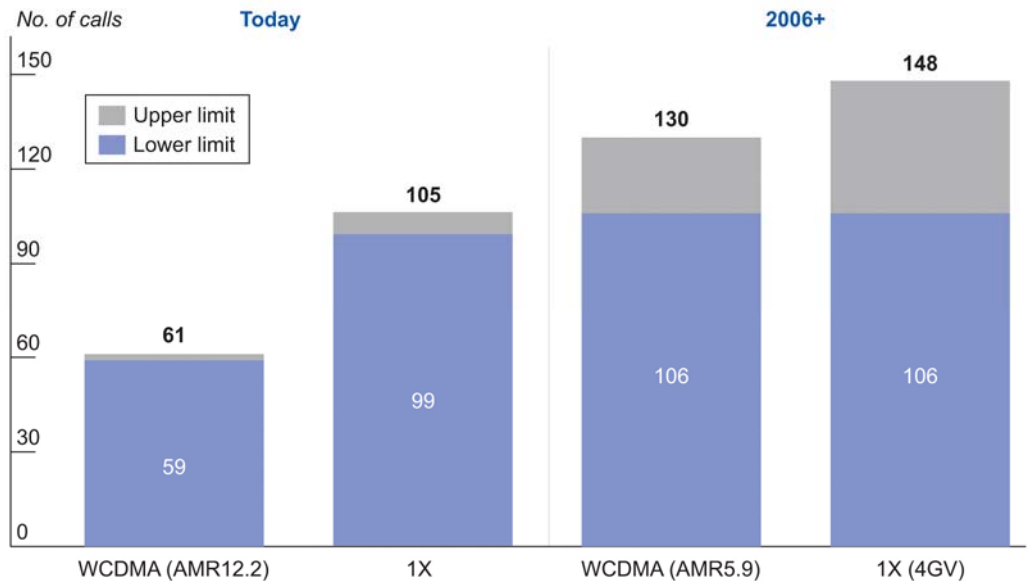
De todas as tecnologias para circuitos comutados de voz, o 1X é o que usa o espectro de maneira mais eficiente, com quase o dobro da capacidade de voz apresentado pelo IS-95. A transição entre IS-95 e 1X pode ser tão simples quanto colocar uma nova placa "channel card" na central de base e rodar um novo software no BSC (controlador de central de base).

Com base em informações recebidas de várias operadoras CDMA, num canal de rádio FDD de 1,25 MHz, a tecnologia IS-95 agüenta cerca de 20 ligações de voz por setor. Na realidade, os dados sugerem que o numero é um pouco mais alto, mas usaremos 20 para sermos conservadores. Com 1X, essa mesma quantidade de espectro agüenta 33 – 35 ligações de voz ao mesmo tempo e, algumas operadoras, dizem que esse número chega a 38-40 para cada 1,25MHz, dependendo de como a rede foi configurada e usada, e da distribuição do tráfego de voz dentro da célula. Se tomarmos 34 como um número conservador, a tecnologia 1X aumenta a capacidade de voz em 70%. A maior parte dos ganhos vêm de melhorias na gestão da energia que reduz o piso de ruído e aumenta a capacidade da rede CDMA. Só esse aumento na capacidade de voz já é um motivo para operadoras que procuram minimizar seus gastos de capital e atender a uma maior demanda. Um novo codec, o 4GV, aumentaria a capacidade de voz em mais 40%. A título de comparação, simulações sugerem que o WCDMA] teria capacidade para cerca de 60 ligações de voz em um canal de 5MHz, usando uma taxa padrão de codec de 12,2 kbps, e de 106 a 130 ligações de voz usando AMR5.9 (um codec de 5,9 kbps). No momento, o codec AMR5.9 não é amplamente utilizado e não se sabe se o impacto na qualidade das ligações será algo aceitável para os assinantes. Os dados fornecidos pelas operadoras sugerem que o numero real de ligações simultâneas que uma rede WCDMA agüenta é quase 50% menor do que os números acima. Não se sabe o motivo disso, mas para os propósitos dessa discussão iremos presumir que os números teóricos seriam alcançados com o passar do tempo, talvez através de alguma otimização de rede.

A figura abaixo compara a capacidade de voz dos sistemas WCDMA e 1X. Os dados foram normalizados usando, para 1X, três portadoras e uma banda de proteção de 1,25MHz no canal de 5MHz. Essa comparação, que desconta a diferença entre o desempenho real e teórico do WCDMA, sugere que a capacidade de voz do sistema 1X é maior do que a dos sistemas WCDMA. A Signals Research Group, LLC validou os dados da Figura 6 através de entrevistas com operadoras e instituições alinhadas exclusivamente com o WCDMA. A maior parte das operadoras está utilizando 1X para oferecer serviços básicos de dados. Nesse sentido, o 1X agüenta picos bidirecionais de tráfego de dados de 153kbps na camada PHY. A maioria das operadoras reporta uma velocidade de 40-60kbps na transmissão de dados. Embora esses números são



quase sempre possíveis, numa rede comercial, taxas médias de 100-120kbps são prováveis (obs.: taxas teóricas são aquelas na camada PHY, enquanto que as taxas medidas ou anunciadas são na camada do aplicativo).



Source: Signals Research Group, LLC, and CDG

Figura 6. Capacidade de Voz do 1X e WCDMA em Canal de 5 MHz

Com certeza o 1X é mais do que aceitável para serviços básicos de dados, como o BREW da Verizon e o NATE da SK Telecom, mas não foi concebido para agüentar as taxas de transmissão de dados normalmente associadas com um serviço wireless de banda larga, daí a importância do EV-DO Versão 0.

6.2 EV-DO Versão 0

O EV-DO Versão 0 agüenta picos de transmissão de dados de 2,4Mbps no link progressivo e 153kbps no link reverso. Em termos de fluxo, isso equivale a estimativas teóricas de 870kbps e 325kbps, respectivamente, em 1,25MHz. Informações recebidas de operadoras que já acionaram o EV-DO sugerem que esses números são possíveis. Os resultados mais baixos chegam a 730kbps, mas algumas operadoras chegam a um fluxo médio de 800kbps no link progressivo.

O EV-DO Versão 0 introduz uma interface de ar completamente nova, com novas características técnicas especificamente concebidas para melhorar o desempenho de redes de dados. Essas características são exclusivas do link progressivo da interface de ar e incluem:

Time Division Multiplexing (TDM) – Em Português Multiplexação por Divisão do Tempo, o TDM significa que só um usuário acessa rede num dado momento, permitindo assim que toda a potência da central de base seja usada por um usuário. Com a rapidez com que o sistema passa de um usuário ativo a outro (~1,6ms), o TDM

O EV-DO Versão 0 introduz uma interface de ar nova, com novas características técnicas especificamente concebidas para melhorar o desempenho das redes de dados.



é imperceptível, mesmo em aplicativos em tempo real. Com toda a potência dedicada a um único usuário, a relação portadora / interferência (C/I) melhora. UM C/I maior significa um sinal de melhor qualidade e velocidades mais altas.

Esquemas de Modulação mais Altos – O EV-DO apóia modulação de amplitude de quadratura de até 16-QAM no link progressivo, o que significa que até 16 bits de dados podem ser codificados no mesmo tempo/espaço. O 1X sofre as limitações de modulação BPSK (Binary Phase Shift Key), portanto só 2 bits de dados podem ser codificados no mesmo tempo/espaço.

Modulação e Codificação Adaptativos – Além de esquemas de modulação mais altos, o link EV-DO consegue rapidamente alternar entre esquemas de modulação, maximizando o fluxo para uma determinada qualidade do air link (C/I). Essa característica é particularmente importante pois a qualidade do air link muda constantemente devido a efeitos de evanescimento e *multipath* (multi percurso) e a presença de outros usuários.

ARQ Híbrido – ARQ (Automatic Repeat reQuest) Híbrido ou HARQ é um processo usado para limitar a retransmissão de pacotes de dados. Especificamente, o sistema EV-DO procura oferecer a maior velocidade de transmissão de dados para um C/I. Como a C/I pode se deteriorar entre o momento da medida e o momento de entrega do pacote, a redundância dos dados também é transmitida. Essa redundância assegura a entrega dos dados, mas também gera ineficiências na rede, especialmente em situações onde essa redundância não é necessária. O HARQ permite que a central de base pare de transmitir informações redundantes quando o aparelho móvel tiver decodificado o pacote (e não mais precisa dos dados). Na ausência do HARQ, o pacote inteiro seria retransmitido, mesmo se já tivesse sido decodificado. O HSDPA também usa HARQ no link progressivo.

Soft Handoffs Virtuais – Normalmente, numa rede CDMA, um aparelho móvel se comunica simultaneamente com múltiplos cell-sites à medida que se movimenta de célula em célula. Esse processo, conhecido como *soft handoff*, assegura uma comutação tranquila e contínua, mas também cria ineficiências na rede, uma vez que múltiplos recursos são usados para apoiar o mesmo tráfego. A tecnologia EV-DO não usa *soft handoffs* no link progressivo, embora ainda os use no link reverso. Ao invés disso, há um mecanismo que mede a C/I em cada setor, definindo qual o setor que oferece o melhor serviço a cada momento. No instante em que o dispositivo detecta um setor com um C/I mais alto, ele informa a rede que quer receber o serviço daquele setor.

Diversidade de Recepção – Embora não seja um requisito, aparelhos móveis EV-DO podem usar diversidade de recepção (duas cadeias receptivas independentes, cada uma com sua antena) para aumentar o sinal e melhorar a C/I (e as taxas de transmissão de dados). Usando diversidade de recepção no link progressivo, o fluxo setorial aumenta para 1,24Mbps, desde que todos os aparelhos no setor suportem essa velocidade. Diversidade de recepção não é um atributo específico do EV-DO, mas foi apresentado inicialmente na Versão 0 e será introduzido junto com o WCDMA e 1X. Diversidade de recepção já vem em todos os aparelhos EV-DO vendidos no



Japão. A maioria das placas EV-DO suportam Diversidade de Recepção. Conforme sugerido acima, a interface de ar no link reverso da Versão 0 quase não difere da mesma interface no 1X. Consequentemente, existem poucas diferenças em termos de desempenho. Isso dito, a experiência dos usuários indica que usando EV-DO o fluxo de dados no link reverso é muito melhor do que usando sistemas 1X, acreditamos que a carga da rede seja a mais provável explicação do fenômeno.

As taxas de transmissão de dados em WCDMA durante períodos de pico, com base na implementação de uma Versão '99 são de 384kbps no link progressivo e 64-128kbps no link reverso, dependendo da capacidade do aparelho e do *chipset*. Do ponto de vista do usuário, isso significa taxas médias em torno de 200kbps e 60kbps, respectivamente. O desempenho da rede como um todo, definida como o fluxo setorial no link progressivo, é algo em torno de 750kbps num canal FDD de 5MHz, embora seria possível melhorar esse número otimizando a rede. A tecnologia HSDPA, a ser introduzida na América do Norte em 2005 e em outras regiões em 2006 – 2007, deve aumentar a eficiência da rede em duas ou até três vezes.

O desempenho da tecnologia EV-DO é muito superior ao desempenho da tecnologia 1X, e bem melhor que a tecnologia WCDMA. Mesmo assim, existem limitações que impedem que essa tecnologia seja adequada para aplicativos em tempo real como VoIP, ou para aplicativos que exigem largura de banda no link reverso (por exemplo arquivos grandes), daí a Versão A.

6.3 EV-DO Versão A

EV-DO Versão A (TIA-856-A) é o primeiro de uma série de *upgrades* projetados para o EV-DO

Versão 0. Resumindo, a Versão A traz algumas melhorias modestas em termos da capacidade do link progressivo, fornecendo suporte total para aplicativos em tempo real e QoS, e melhorias importantes no link reverso.

As principais diferenças entre a Versão A e a Versão 0 são:

- Melhor link reverso (taxa de pico e fluxo setorial)
- Mecanismos de QoS avançados
- *Platinum multicast*

6.3.1 O Link Progressivo do EV-DO Versão A

As melhorias no link progressivo incluem maior velocidade de pico para a transmissão de dados, passando de 2,4Mbps (Versão 0) para 3.1Mbps, e um aumento no fluxo setorial de 2.61Mbps para até 3.15Mbps em 5MHz. Com diversidade 2-Rx (2-way receive), o que exige duas cadeias receptivas nos aparelhos móveis, as simulações indicam que o fluxo no link progressivo deve aumentar de 3.7Mbps para 4.5Mbps. Esses dados estão apresentados na Figura 7.

As melhorias no link progressivo da Versão A são principalmente o resultado de velocidades maiores e uma melhor quantização e equalização de pacotes, aumentando a taxa C/I, e pela introdução de um novo tipo de pacote, com um formato de transmissão que suporta a taxa pico de

3,1Mbps. Além disso, uma maior capacidade de fluxo no link reverso indiretamente



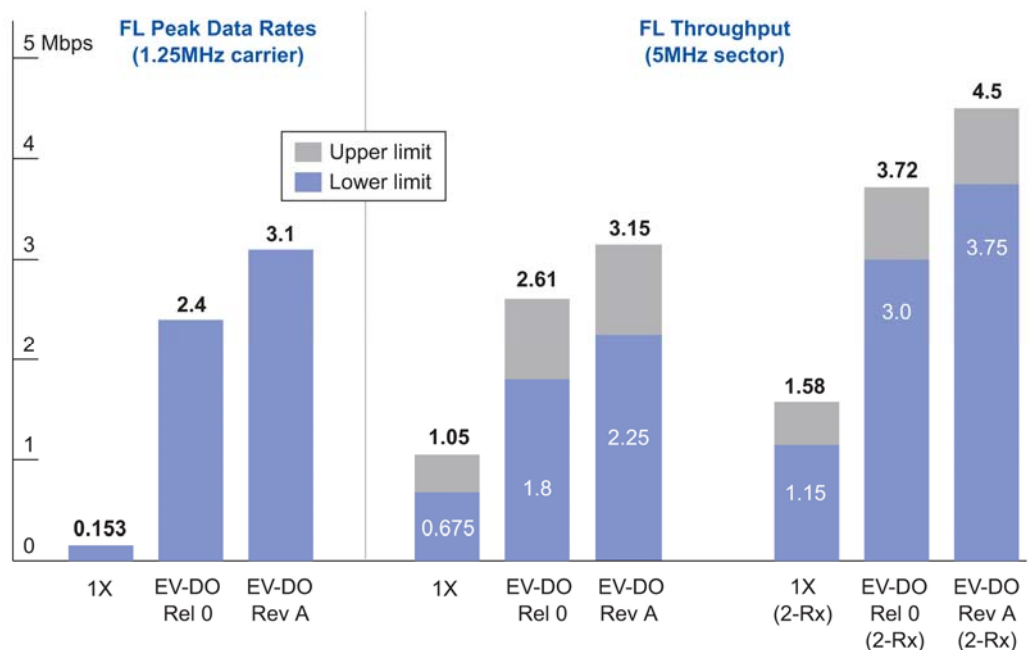
Evolução em 3G

Levando CDMA2000 para a Próxima Década

CDMA Development Group

Outubro de 2005

impacta o desempenho do link progressivo, reduzindo o tempo de resposta para reconhecer os pacotes enviados pelo link progressivo. Os limites superior e inferior indicados na Figura 7 e em outras figuras que seguem se baseiam em dados recebidos de associadas do CDG.



Source: CDG

Figura 7. Comparação do 1X e EV-DO (Link Progressivo)

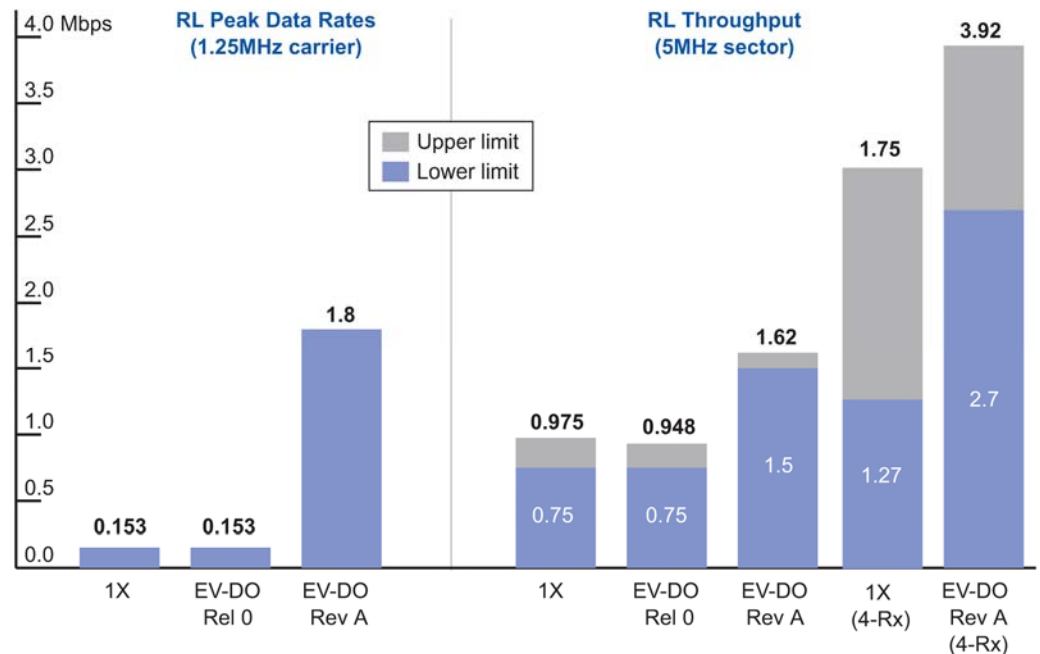
6.3.2 O Link reverso do EV-DO Versão A

A Versão A é melhor em termos de fluxo setorial, taxas de dados médios e de pico no link reverso. Com base em modelos aprovados pelas associadas do 3GPP2, a Versão A aumenta a taxa de transmissão de dados em momentos de pico no link reverso de 153kbps para 1,8Mbps, e aumenta o fluxo setorial de 0,948Mbps para 1,62Mbps em 5MHz. Com diversidade 4-Rx, que exige quatro cadeias Rx e as antenas associadas na central de base, o fluxo setorial do link reverso poderá chegar a 3,92Mbps. Diversidade 4-Rx não está especificamente associada à Versão A, mas está sendo implementada pela primeira vez com essa Versão.

O equivalente tecnológico na rota evolutiva do WCDMA seria o HSUPA. Dependendo da infra-estrutura e disponibilidade de aparelhos/*chipsets*, essa tecnologia poderia estar disponível já em 2008.

As melhorias no link reverso dependem do uso de esquemas de modulação mais altos e pacotes maiores, de diversidade de recepção de 4-ramos, ARQ híbrido, pacotes menores, PIC (Cancelamento de Interferência Piloto) e possivelmente TIC

(Cancelamento de Interferência de Tráfego).



Source: CDG

Figura 8. Comparação do 1X e EV-DO (Link Reverso)

Esquemas de Modulação mais Altos – A Versão A apresenta esquemas de modulação QPSK (Chave de Desvio de Fase de Quadratura ou Quadrature Phase Shift Key) e 8-PSK (Chave de Desvio de Oito Fases ou Eight Phase Shift Key) no link reverso. Anteriormente esse link usava somente BPSK. Esses novos esquemas de modulação já existiam no link progressivo da Versão 0 e podem ser encontrados em outros padrões de tecnologia sem fio como o EDGE, portanto não são exclusivos de sistemas CDMA.

Como qualquer outra tecnologia, o desafio é como sustentar esses esquemas de modulação mais altos. Se o *air link* não for de qualidade adequada, não agüentará o número de bits maior sem a necessidade de retransmissão ou de usar bits de correção de erros. Isso aumenta os overheads e reduz as taxas reais de transmissão de dados percebidas pelos usuários. Em outras palavras, a não ser que sejam introduzidas mudanças, o uso de esquemas de modulação mais altos por si só terá um impacto modesto no desempenho da rede. As mudanças no *air link* necessárias para melhorar o link reverso, e portanto a capacidade da rede de suportar esquemas de modulação mais altos, são discutidos na próxima seção, com outras melhorias no link reverso.

Diversidade de Recepção – Centrais de base da Versão A suportam diversidade de recepção 4X no link reverso. Diversidade 4X ou de quatro ramos exige quatro cadeias e as antenas associadas por setor em 1,25MHz, embora o uso de antenas inter-



polarizadas reduz para duas o número de antenas necessárias, ainda serão necessários quatro cabos de antena. Como existem quatro antenas recebendo o sinal, a capacidade do sistema de selecionar o sinal e rejeitar o ruído aumenta, especialmente na presença de evanescimento ou multipath. Como isso melhora a taxa C/I (portadora/interferência) e o fluxo setorial do link reverso dobra.

ARQ Híbrido – A Versão A usa ARQ híbrido no link progressivo e reverso (veja a seção anterior). Os mesmos princípios se aplicam ao HARQ no link reverso. A tecnologia HSUP também usa HARQ.

Quantificação de Pacotes – A Versão A usa doze diferentes tipos de pacotes no link reverso, cada pacote caracterizado pela carga (número de bits de dados) e o esquema de modulação aplicado. Dessa forma, o sistema permite diferentes opções em termos de velocidade de transmissão de dados (4,8kbps a 1,8Mbps), garantindo a disponibilidade de velocidade maior para uma dada qualidade de air link (C/I). A Versão 0 permitia somente 5 velocidades de transmissão de dados (9.6kbps a 153.6kbps).

Cancelamento de Interferência Piloto (PIC) – Sempre que houver um número grande de usuários numa rede CDMA (incluindo WCDMA), o sinal piloto de cada assinante contribui para gerar interferência, reduzindo a capacidade da rede. O PIC reduz a interferência do sinal piloto do aparelho móvel e chega a aumentar a capacidade da rede em 20%. Interferência piloto é o resultado do número de usuários e não do volume de tráfego, portanto sua eficácia é maior quando um grande número de usuários está transmitindo volumes pequenos de dados (por exemplo VoIP).

6.3.3 Mecanismos QoS

6.3.3.1 Priorização de Pacotes

A Versão A permite que a rede priorize o tráfego (pacotes de dados), com base no perfil do usuário e/ou no tipo de pacote. Por exemplo, seria possível para grandes usuários de dados pagar uma taxa adicional e receber um tratamento diferenciado, preenchendo assim suas necessidades e, ao mesmo tempo, gerando uma renda adicional para a operadora. Pacotes também podem ser priorizados com base no aplicativo. Por exemplo pacotes que contêm bits sensíveis a latência, como VoIP receberiam tratamento prioritário sobre pacotes não críticos, como um pacote que contém um pedaço de uma mensagem MMS. Esse grau de QoS já é possível na Versão 0 mediante upgrade de software.

Qualidade de serviço para usuários e aplicativos é importante, QoS em termos de fluxo, que prioriza pacotes dentro de um aplicativo específico, é ainda mais importante. Por exemplo, QoS de fluxo permite alocar diferentes prioridades a pacotes de áudio e de vídeo, com preferência pelos pacotes de áudio pois aplicativos de vídeo podem usar *buffering* para pouco erratismo (jittering) ou atrasos módicos. Esse talvez seja um dos aspectos mais importantes da Versão A, pois permite serviços multimídia como vídeo-telefonia, oferecendo a maior eficiência possível e maior flexibilidade de controle sobre como os pacotes transitam na rede, maximizando

Mecanismos de QoS com menor latência e QoS de fluxo são alguns dos aspectos mais importantes do EV-DO Versão A.



6.3.3.2 Menor Latência

Na Versão 0 a latência, medida como o tempo para ir do aparelho ao PDSN e voltar, é maior do que 100ms; a latência medida para sites externos é ainda maior, pois entram na equação atrasos de transporte e roteador. Para aplicativos que não rodam em tempo real, essa latência é aceitável, mas esse não é o caso para serviços em tempo real como VoIP e vídeo-conferências. A latência também impacta a experiência do usuário em aplicativos como uso da Internet, que não são considerados de tempo real. Por outro lado, a latência entre um celular operando comutação e um telefone fixo (incluindo o tempo de transporte e comutação) é algo ao redor de 125ms.

A Versão A reduz a latência introduzindo melhorias no link reverso. Especificamente, o uso de pacotes menores (menos *time slots* por pacote), junto com HARQ, reduz o tempo de transmissão de cada pacote. Isso significa que a latência no link reverso chega a ser metade em algumas circunstâncias, mas a capacidade permanece a mesma que a Versão 0. A latência do link reverso diminui significativamente se forem usados somente pacotes menores (por exemplo VoIP), mas em compensação a capacidade da rede cai.

Com a tecnologia HSDPA, a latência também diminui relativo ao WCDMA. Nesse caso, as melhorias são porque o programador de pacotes, antes localizado no interior da rede core, foi removido para a central de base. O programador de pacotes define como e quando enviar pacotes aos usuários, portando um programador perto da interface de ar melhora o tempo de resposta.

6.3.3.3 Multi Flow Packet Application

Multi Flow Packet Application, ou Aplicativo de Pacotes Multi Fluxo, é a capacidade de suportar diferentes seções de dados, usando diferentes aplicativos, em um só dispositivo. Por exemplo, se um usuário estiver fazendo o download de seu e-mail usando Outlook, não precisa terminar a conexão para atender uma ligação VoIP. Outro exemplo seria uma ligação de vídeo-telefonía onde voz e dados recebem tratamentos diferentes, com a maior QoS oferecida aos pacotes de voz, que são mais exigentes pois os pacotes de vídeo podem fazer uso de buffering para compensar pequenos atrasos.

6.3.4 Outras Funcionalidades

A Versão A apresenta outras funcionalidades que permitem que os aplicativos de dados usem a rede de forma mais eficiente, tornando esses serviços mais atraentes para o consumidor, e mais difíceis de resistir.

6.3.4.1 Apoio para Mais Usuários

Para sistemas EV-DO, o número máximo teórico de usuários se baseia no número de PCBs (power control bits) disponíveis. Na Versão 0 esse número é 59, já na Versão A é 114, cada bit associado a um usuário individual. Sob condições normais outros fatores limitantes são mais importantes, portanto o número de 114 pode não ser atingível.

6.3.4.2 Platinum Multicast – Incorporando OFDM

Platinum Multicast é uma solução “um para muitos” que permite que as operadoras entreguem diferentes fluxos de conteúdo a diversos usuários, dedicando qualquer



fração de uma portadora de 1,25 MHz a serviços multicast. O *Platinum Multicast* está agora passando pelo processo de padronização (TIA-1006-A) e aproveita a natureza TDM do EV-DO, intercalando tons OFDM em alguns *time slots* para oferecer um serviço *multicast* mais eficiente. Modelos indicam que seria possível atingir fluxos de 1,5Mbps (>98% de cobertura) no link progressivo – num serviço multicast existe muito pouco tráfego no link reverso. Do ponto de vista da operadora (eficiência de rede), um serviço multicast tem claras vantagens, pois para um dado volume de recursos (faixa de banda), não há limite no número de usuários atendidos. Sendo assim, para um determinado fluxo, multicast resulta num faturamento muito maior do que unicast. A real eficiência do sistema multicast também é função do número de usuários usando o serviço em um dado setor – quanto maior o número de usuários maior a eficiência, e vice versa.

Através de software de gestão de programas, o sistema Platinum Multicast pode usar horários fora de pico para transmitir conteúdo, especialmente conteúdo não sensível ao tempo. Isso pode ser uma vantagem muito grande, pois a variação na utilização da rede é muito grande, e normalmente o tráfego é muito baixo tarde da noite ou de madrugada.

6.3.5 Voz sobre Protocolo Internet (VoIP)

Voz sobre Protocolo Internet (VoIP) não é, especificamente, uma melhoria técnica da Versão A, mas um aplicativo permitido pelas funcionalidades dessa versão: especificamente QoS e melhorias no link reverso. Além disso, com a Versão A, o tempo necessário para completar o *handover* ou transição entre células no modo pacote é de cerca de 40ms, comparado com mais de 100 ms na Versão 0. Uma transição mais rápida é um requisito para ligações VoIP de qualidade.

As simulações indicam que a Versão A (com diversidade 2-Rx e PIC) consegue suportar até 50 ligações de voz simultâneas por setor, num canal de radio FDD de 1,25MHz, comparado com 33-40 usando 1X (sem diversidade de recepção ou PIC).

O potencial para uma capacidade de voz maior comparada com 1X interessa às operadoras, mas o VoIP na Versão A oferece outras vantagens. Em particular, voz e dados podem ser combinados para gerar uma experiência de multimídia contínua, com aplicativos que incluem vídeo telefonia e “veja o que eu vejo”, uma ferramenta muito importante para corretores de imóveis, peritos de seguradoras e turistas.

A mais longo prazo, VoIP pode ajudar uma operadora a reduzir o dispêndio de capital e custos operacionais, à medida que alavanca as vantagens de uma rede all-IP, tanto na rede RAN quanto na rede core. Por exemplo as operadoras já estão adotando *softswitches* e uma arquitetura de chaves distribuídas o que, entre outras vantagens, reduz os custos de transporte e minimiza a dependência em centrais de comutação móveis (MSCs). Essa migração será um processo demorado, principalmente porque as operadoras não estão dispostas a simplesmente eliminar circuitos comutados que custaram vários milhões de dólares.

Como VoIP é um serviço ponta-a-ponta, as operadoras CDMA terão que melhorar suas rede core antes de lançar o serviço. Além disso, o órgão de padronização ainda



precisa assegurar a plena interoperabilidade com voz em circuito comutado 1X. É provável que VoIP adequado para conversas e para substituir ligações de voz em circuito comutado 1X não será uma realidade antes de 2008, embora possa ser usado para serviços do tipo Push-To-Talk (fale com um toque) quando a Versão A estiver rodando na rede RAN.

6.4 Versão B – EV-DO de Largura de Banda Escalável

Embora a Versão A ainda não seja uma realidade comercial, o grupo 3GPP2 já está trabalhando nos padrões a serem aplicados à Versão B.

A Versão B poderia ser adotada como padrão no primeiro trimestre de 2006, e estar disponível no mercado no final de 2007, parte das eficiências da Versão A e introduz o conceito de largura de banda dinamicamente escalável. Largura de banda escalável consegue combinar até quinze portadoras de 1,25MHz (20MHz) no link progressivo e / ou reverso para aumentar a largura de banda disponível. Por exemplo, se três portadoras de 1,25MHz forem combinadas, a taxa de transmissão máxima teórica seria três vezes a capacidade disponível com a Versão A, ou 9,3Mbps. Se todas as quinze portadoras forem usadas, a capacidade máxima seria 46,5Mbps (RL = 27Mbps). Recentemente foi feita uma proposta de se introduzir 64-QAM no padrão. Caso isso venha a ocorrer, a taxa máxima por portadora de 1,25MHz seria 4,9Mbps, ou 14,7Mbps com três portadoras e 73,5Mbps com quinze. Um sistema baseado em 64-QAM iria exigir uma atualização no equipamento.

É importante notar que essas portadoras não estão fisicamente combinadas (em outras palavras o sinal não se espalha em uma portadora de 20 MHz), mas cada portadora de 1,25MHz permanece uma unidade estanque, portanto não há perda de eficiência espectral. Isso também significa que as portadoras não precisam estar lado a lado no espectro, conferindo maior flexibilidade para as operadoras. Latência e QoS podem melhorar também, pois o sistema pode dinamicamente alternar entre portadoras EV-DO, com base na qualidade do canal e no tráfego. Em outras palavras, pacotes podem ir e vir usando, por exemplo, três portadoras, ou podem ir e vir usando uma só, mas a portadora ativa muda constantemente para maximizar o fluxo e diminuir a latência.

As portadoras não se combinam fisicamente e como, comparado com a Versão A, não existem modificações nas camadas OSI mais baixas, a Versão B é completamente compatível com a Versão A (e a Versão 0). Portanto nenhuma modificação de hardware ou software precisa ser feito para que aparelhos Versão A funcionem numa rede Versão B, lembrando apenas que terão somente as funcionalidades da Versão A. A infra-estrutura de rede também só exige alterações de software, pois as placas (channel cards) são reaproveitadas. Novos *chipsets* com múltiplas cadeias RF, capazes de simultaneamente transmitir e /ou receber em diferentes portadoras RF seriam necessários. Do ponto de vista de dispositivos Versão B, não é prático ter quinze cadeias de transmissão e recepção em função de custo, tamanho e vida útil da bateria. A Versão B não precisa alocar portadoras simetricamente no link progressivo e reverso. É mais provável que os aparelhos Versão B trabalhem com duas ou três portadoras EV-DO, e PDAs e cartões de dados com um número um pouco maior. Telematics ou substituição de DSL sem fio são exemplos de aplicativos potenciais onde taxas maiores de transmissão de dados (>10Mbps) seriam desejáveis e onde o



Evolução em 3G

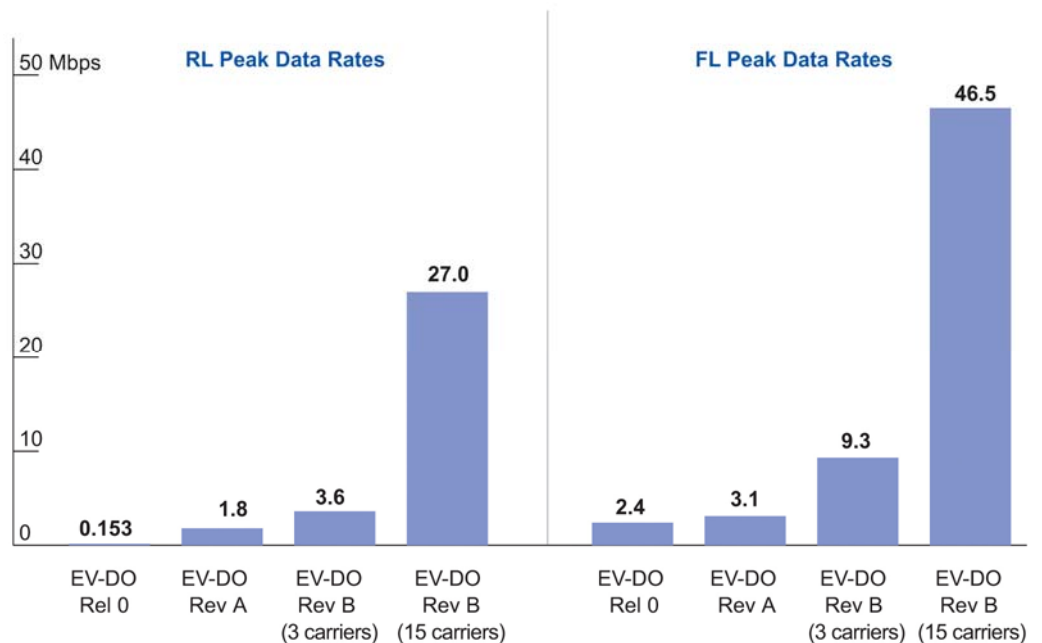
Levando CDMA2000 para a Próxima Década

CDMA Development Group

Outubro de 2005

custo e a vida útil da bateria são menos importantes. Porém as operadoras precisariam equilibrar a capacidade de entregar esses serviços com fatores econômicos relacionados com esses aplicativos que consomem muita largura de banda.

Figura 9. Comparação das Tecnologias EV-DO



Source: Signals Research Group, LLC

6.5 Versão C

Os detalhes da Versão C ainda estão sendo discutidos, mas é provável que incluirá tecnologia de “antena inteligente” (SDMA ou MIMO). Também existe discussão sobre fisicamente combinar portadoras para criar larguras de banda maior que 1,25MHz. Num cenário como esse, um super canal de 5, 10 ou mesmo 20 MHz seria possível. A Versão C seria a primeira oportunidade para um uso mais agressivo do OFDM em 3GPP2. Dependendo de análises o uso de OFDM poderia ser limitado ao link progressivo, com CDMA no link reverso, ou poderia ser usado de forma bi-direcional – esse aspecto ainda está aberto. Não restam dúvidas, porém, que Versão C e as que vierem pela frente irão levar CDMA2000 e EVDO para dentro da próxima década.



7.0 Conclusões

CDMA2000 1X e EV-DO combinam a tecnologia 3G mais eficiente em termos do uso do espectro para voz, com uma solução otimizada para dados, permitindo acesso em banda larga num ambiente móvel.

As operadoras precisam levar em conta uma série de fatores ao escolher tecnologia wireless, da mesma forma que os consumidores levam em conta fatores quando selecionam o fornecedor de serviços e o aparelho para acessar serviços móveis. Porém, dados e fatos históricos, características de desempenho e a evolução esperada para a família de tecnologias CDMA2000 são argumentos importantes e dignos de serem levados em consideração.

O sucesso do 1X e do EV-DO nos últimos anos não foi obra do acaso, mas é o resultado principalmente da facilidade e tranquilidade associada com um processo de migração de 2G para 3G que não exige que as operadoras comprem mais espectro ou renovem toda sua rede RAN. Igualmente importante, a integração retroativa e futura é uma característica inerente ao sistema, portando as operadoras CDMA não precisam se preocupar sobre o impacto que as mudanças terão na sua rede ou nos seus assinantes.

A migração relativamente tranqüila do IS-95 para 1X e EV-DO deu para as operadoras CDMA2000 uma vantagem em termos do tempo necessário para chegar ao mercado, tempo esse que as operadoras puderam usar para capturar vantagens.

Do ponto de vista de tecnologia, 1X, EV-DO Versão 0 e Versões futuras estão um ou dois anos à frente de tecnologias concorrentes no caminho evolucionário do 3GPP. Embora o EV-DO Versão A só será uma realidade comercial em meados de 2006, a elaboração dos padrões para a versão seguinte está quase no final, e será um *upgrade* de software capaz de dobrar ou triplicar a velocidade de transmissão de dados, depende no numero de portadoras (duas portadoras dobram a velocidade, etc.)

Operadoras CDMA que lançaram serviços EV-DO já observaram melhorias no seu ARPU, tanto devido a um aumento no faturamento resultando de serviços de dados, quanto no aumento no uso dos serviços de voz. Embora difícil de quantificar, essas operadoras estão atraindo e retendo mais assinantes em função dos produtos oferecidos, incluindo acesso banda larga sem fio e serviços multimídia. A introdução de mecanismos QoS que suportam a priorização de pacotes individuais, e uma dramática redução na latência, combinado com um potencial de taxas médias na ordem de muitos megabits por segundo, a família de produtos CDMA2000 está bem posicionada para levar o setor para dentro da próxima década.