www.ProjetodeRedes.kit.net

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE INFORMÁTICA

INF01024 – Trabalho de diplomação em Redes

Trabalho: Análise da performance do protocolo de airlink do CDPD - Cellular Digital Packet Data por método analítico

Orientador: Juergen Rochol

Aluno: Cesar Fonseca Ramalho

Porto Alegre, RS, 17 de fevereiro de 1999

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Profa. Wrana Panizzi

Pró-Reitor de graduação: Prof. José Carlos Ferraz Henemann

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Zita Prates de Oliveira

Agradecimentos:

Agradeço a todos os colegas e aos professores do Instituto de Informática que nestes cinco anos de convivência alegre e produtiva contribuíram decisivamente para que se chegasse a este sonho realizado.

Ao prof. Juergen Rochol pelo exemplo, incentivo e paciência.

À minha querida esposa, Sirlei, pelo companheirismo , força e compreensão. Igualmente aos meus filhos César e Renan, meus pais Ubiratan e Célia e minhas irmãs e demais familiares pela paciência e compreensão.

Aos meus amigos, Eduardo Londero, Thor Leiria, Marcelo Aso e Altair Borges pelas muitas noites e tardes de estudo alegre e criativo.

Sumário

CDPD

(págs)

Agradecimentos.....3
Lista de Abreviaturas.....4
Lista de Figuras.e tabelas.....5
Resumo 6
Abstract.....8
1 - Introdução.....7
2 - Sistema de Telefonia Celular.....7
3 - A arquitetura CDPD 19
4 - Modelo de referência de Protocolos.....22
5 - Análise da performance analítica do protocolo MAC no Airlink.....27
6 - Conclusão.....37

Glossário.....38

Bibliografia.....41

Lista de Abreviaturas:

AMPS - Advanced Mobile Phone System
CDMA - Code Division Multiple Access
CDPD - Cellular Digital Packet Data
CLNP - ConectionLess Network Protocol
CSMA-CD - Carrier Sense Multiple Access with Carrier Detection
DSMA-CD - Digital Sense Multiple Access with Collision Detection
EUA - Estados Unidos da América
FES - Fixed End Station
FIFO - First In First Off
GPSS - General Porpose Simulation System
GSM - Groupe Special Mobile
GSMK - Gaussian Minimum Shift Keying
IP - Internet Protocol
IS - Intermediate System
LAPD - Link Access Procedure -d
MAC - Medium Access Control
MDBS - Bobile Data Base Stations
MD-IS - Mobile Data - Intermediate System
MDLP - Mobile Data Link Protocol
M-ES - Mobile End System
OSI - Open System Interconection
PC _ Personal Computer
RF - Radio freqüência
SNDCP - Subnetwork Dependent Convergence Protocol
TDMA - Time Division Multiple Access

Lista de Figuras:

FIGURA 1.1 - Estrutura da rede Celular AMPS.....7
FIGURA 1.2 - Rede celular com reuso de freqüência.....9
FIGURA 2.1 - Código Reed-Solomon.....12
FIGURA 2.2 - CDPD nos EUA.....16
FIGURA 2.3 - CDPD em 1996.....17
FIGURA 2.4 - CDPD , previsão para o ano 2000.....17
FIGURA 3.1 - Elementos da rede CDPD.....19
FIGURA 3.2 - Modelos de Interfaces do CDPD.....20
FIGURA 4.1 - Protocolos Utilizados.....22
FIGURA 4.2 - Relacionamento nível MAC e limítrofes.....23
FIGURA 4.3 - Máquina de estados do MDBS - Busy/Idle.....24
FIGURA 4.4 - Máquina de Estados do MDBS - decode.....25
FIGURA 5.1 - Eficiência no Airlink.....28
FIGURA 5.2 - Estrutura de rajada de transmissão no canal reverso.....29
FIGURA 5.3 - Ligação dos M-ES ao MDBS.....30
FIGURA 5.4 - Relação de tempo entre canais.....30
FIGURA 5.5 - Tempo total no sistema fila.....36

Lista de tabelas

TABELA 1.1 - Freqüências usadas no AMPS.....7
TABELA 1.2 - Sistema de telefonia celular.....9
TABELA 2.1 - Comparativo entre sistemas wireless para WANs.....15
TABELA 4.1 - Codificação Busy / Idle Flags.....24
TABELA 4.2 - Codificação Decode Status Flag.....26

Resumo:

O CDPD é uma especificação para o trânsito de pacotes de dados pela rede de telefonia celular usando os espaços não usados pelos canais de voz.

Este trabalho visa apresentar a tecnologia e analisar o desempenho do protocolo DSMA-CD com a utilização de técnicas analíticas. Espera-se que seja um primeiro passo para uma futura análise por simulação que precederia a instalação da tecnologia

Nas diversas seções deste trabalho serão examinadas diversos aspectos da tecnologia, bem como os protocolos que fazem parte da interface aérea. Por fim será analisado o desempenho do protocolo DSMA-CD.

Palavras-chave: CDPD , Mobile Data Network.

Abstract

The CDPD is a data packet‘s transport specification by Network Celular System using the spaces not in use by voice channels.

This work aims to present the technology and to analyse the DSMA-CD protocol performance with analytical techniques. We expect to facilitate a future simulation analysis for an technology instalation.

In the next sections some aspects of the technology and his aerial interface protocols will be examinated. Finally , the DSMA-CD protocol performance will be examinated.

Keywords: CDPD, Mobile Data Network

1 - Introdução

Em 1995 foi introduzida nos Estados Unidos da América a especificação CDPD - Cellular Digital Packet Data, que definia o transporte de dados pelo sistema Celular AMPS usando a parte não utilizada dos canais, quando não havia conversação.

A tecnologia rapidamente se espalhou por todo o país, a partir das áreas metropolitanas, chegando também ao Canadá no mesmo ano, apoiada por diversos fornecedores de equipamentos e companhias provedoras de serviço.

Os pontos fortes se encarregaram-se de realizar a promoção muito rápida :

- arquitetura aberta;
- protocolos constituintes são conhecidos;
- múltiplos fornecedores de equipamentos;
- múltiplos provedores de serviço;
- throughput mais alto do que a concorrência;
- dados compactados e encriptados.

1.1 - Objetivos propostos:

Os objetivos propostos são de apresentar a tecnologia e centrar o estudo nos protocolos que fazem parte do Airlink, que será analisado com maior profundidade , bem como realizar a análise por métodos analíticos do desempenho do protocolo de acesso ao meio, o DSMA-CD - Digital Sense Multiple Access with Colllision Detection. Através deste trabalho deve-se poder:

- - ter uma idéia geral da especificação;
- conhecer mais a fundo o protocolo DSMA-CD;
- ter uma análise da eficiência do uso do canal AMPS utilizado.

1.2 - Divisão do Trabalho:

No capítulo 2 será feita uma introdução aos sistemas de telefonia celular existentes no mundo, no capítulo seguinte será estudada a tecnologia CDPD em seus pontos principais, no capítulo 4 será estudado o modelo de referência de protocolos, dando especial ênfase ao protocolo DSMA-CD. A seguir será feito o estudo de desempenho do Airlink. No capítulo 7 será apresentada a conclusão e sugustões para posterior estudo.

2 - Sistemas de Telefonia Celular

2.1. - Tecnologia AMPS para comunicações usando aparelhos Celulares :

O mais antigo e mais difundido sistema celular analógico nos EUA é o - *Advanced Mobile Phone System* (AMPS), desenvolvido pelos Laboratórios da Bell nos primeiros anos das década de 80. O AMPS usa canais de voz de 3 kHz modulados em portadoras FM de 30 kHz. Esse sistema também pode ser utilizado para transmissão de dados, mas com performance geralmente descrita como marginal, sendo muito menor do que em canais discados convencionais, normalmente limita a 10 kbps. Se existirem sombras de rádio no percurso, causadas por grandes edifícios ou elevações, a performance pode cair até 1 kbps. Cada estação rádio-base é conectada ao - *Mobile Telephone Switching Office* (MTSO) local. MTSOs estão interligados entre si e a rede telefônica convencional. Quando um assinante móvel move-se de uma célula para outra, o controle fica a cargo do MTSO.

A freqüência usada :

Tabela 2.1 - freqüências usadas no AMPS

Carrier	Reverse	Forward
A (inicial)	825-835 MHz	870-880 MHz
A (extendido)	845-846,5 , 824-825 MHz	890-891,5 , 869-870 MHz
B (inicial)	835-845 MHz	880-890 MHz
B (extendido)	846,5-849 MHz	891.5-894 MHz

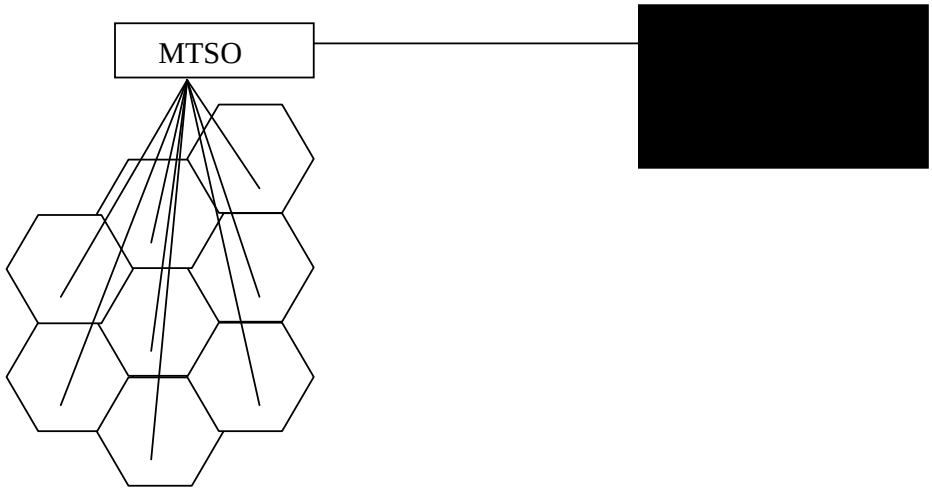


Figura 2.1 - estrutura AMPS - MTSO - Mobile Telephone Switching Office

A figura 2.1 mostra como as células são ligadas ao MTSO e este ao sistema público normal de telefonia,

2.2 - Tecnologia Time Division Multiple Access - TDMA

A tecnologia TDMA utiliza, como o nome sugere, a divisão de tempo para dividir um mesmo canal para vários usos simultâneos.

Surgiu nos EUA em 1992 e usa as mesmas freqüências do AMPS, sendo atualmente definida pelas normas IS-13X do EIA / TIA . Por causa de ser o primeiro padrão digital a ser empregado nos EUA é também conhecido como *Cellular Digital AMPS* ou D-AMPS. No início, o crescimento foi lento, mas em fins de 1994 já contava com meio milhão de usuários, com um crescimento explosivo desde então.

TDMA subdivide cada canal AMPS em três canais TDMA, onde utiliza frames de 40 μs com 972 simbolos de dois bits, este conjunto constitui 6 timeslots. Cada canal TDMA consiste de dois destes timeslots [TAY 97]. Existem estudos para dobrar esta capacidade com uso de compressão, de modo que podemos estimar o ganho de capacidade em relação ao AMPS entre 3,5 e 6,5 vezes.

Da mesma forma que o AMPS, alguns dos canais são designados para controle: são os *digital control channels* (DCCH).

TDMA permite o uso de aparelhos móveis *half-duplex*, reduzindo o peso e o preço dos mesmos, bem como também o consumo de energia.

A tecnologia usa modulação π/4 - DQPSK com uma taxa de canal de 24.3 Kbauds, resultando numa taxa de 48,6 Kbps para os seis time-slots,

2.3 - CDMA - Code Division Multiple Access

Esta tecnologia foi introduzida em 1989 (!) pela companhia QUALCOMM Inc. Utiliza uma tecnologia chamada *Spread Spectrum* descoberta durante a II Guerra Mundial A tecnologia foi aceita como alternativa (IS-95) pelo TIA em 1992, mas até o final de 1995 não havia sido empregada comercialmente [TAY 97].

O *Spread Spectrum* "espalha" a freqüência por toda a banda disponível , de modo que não sofre com uma única freqüência que poderia interferir com o sinal, mas , em contrapartida, sofre com a média de interferência em um canal de 1,25 Mhz. Estimar a capacidade do CDMA é difícil pelo número de requerimentos exigidos pelo sistema. QUALCOMM estima em 14 vezes , mas o autor Mark Taylor [TAY 97] estima na metade deste valor.

2.4 - GSM - Groupe Special Mobile

A definição deste tipo de tecnologia Celular começou na Europa em 1982, pelo *Committee of European Posts and Telecomunications*, agora chamado *Global System for Mobile Communications*, com a meta de unificar os sistemas europeus. No meio de 1995 já existiam 11 milhões de usuários em todo o mundo; para 1996 eram previstos 86 países participantes do sistema.

GSM é um sistema TDMA que usa 8 timeslots em um canal de 200 Khz, que também permite o uso de aparelhos móveis *half-duplex*. Com vantagens de custo, peso e consumo de bateria. Usa uma forma de *slow frequence hoping*, para evitar erros de *multipath burst*. O sistema usa também modulação GMSK e LAPD modificado, chamado LAPDm no *data link layer*.

Tabela 2.2 - Sistema de Telefonia Celular fonte: [TAY 97]

Característica	AMPS	GSM	TDMA	CDMA
Bit Rate	N/A	270.8 Kbits/s	48,6 Kbits/s	1,2288 Mbits/s
Carrier Spacing	30 Khz	200 Khz	30 Khz	1250 Khz
Canais/Carrier	1	8 (16 half-rate)	3 (6 half-rate)	85
Canais	832	1000(2000)	2496(4992)	12
Time Slot	N/A	0.577 ms	6,7 ms	N/A
Eficiência do Time Slot	N/A	73 %	80%	N/A
Modulação	FM	GMSK	π/4 - DQPSK	QPSK/OQPSK

A figura 2.2 mostra como as freqüências podem ser reusadas em células não limítrofes.

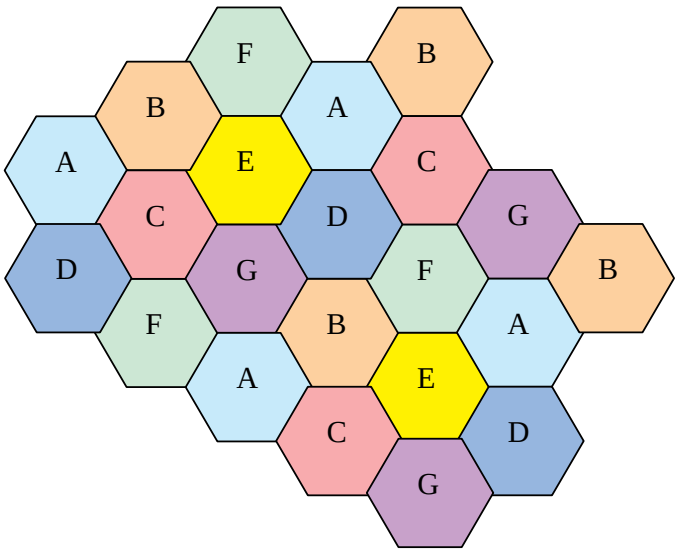


Figura 2.2 - Rede Celular com reuso de freqüênciaem esquema 1 X 7

3 - Fundamentos do CDPD:

Cellular Digital Packet Data (CDPD –é uma especificação de *Wide Area Network* (WAN), baseada no protocolo IP, para suportar acesso *wireless* para a Internet e outras redes. CDPD usa a parte não usada da banda do telefone celular entre as conversações para mandar seus pacotes de dados.

3.1 - Metas e considerações feitas no projeto da tecnologia CDPD

A tecnologia pretende ser independente da localização do usuário ou do provedor. Onde quer que o usuário esteja e seja qual for o seu provedor da área, tem de ser mínimo o impacto na aplicação ou de tempo de usuário.

As aplicações não devem ser modificadas para o uso do CDPD. A intenção é usar interfaces padrão (API).

CDPD foi projetado para poder suportar mais de um protocolo nível 3 sem conecção. O Protocolo CLNP (OSI) desde o início foi suportado pelo CDPD , permitindo o uso de X700 e X400 para troca de informações entre provedores de serviço. CLNP é uma peça chave no esquema de mobilidade atual do CDPD.

Visando à redução de custos, as especificações do CDPD permitem a interoperabilidade entre equipamentos de vários fabricantes, bem como de seus softwares. A intenção é de apenas combinar as tecnologias existentes , evitando o risco para os fabricantes de surgimento de uma nova e melhor tecnologia.

Como se sabe, o espectro RF é escasso, qualquer tecnologia que o use deve Ter uma preocupação chave neste aspecto, com o uso de compactação (V42), e correção FEC de erros pelo uso da técnica *Reed-Solomon*.

Outra preocupação é com o uso de modulação eficiente e de baixo custo, por isso foi usado o GMSK, existente nos sistemas GSM de alcance mundial.

Uma das preocupações da equipe que desenhou o CDPD foi permitir que a tecnologia evoluísse. Foi limitado o escopo da especificação somente até o nível 3 OSI e abaixo.

A especificação CDPD envolve tecnologias de amplo conhecimento e é totalmente (exceto o mecanismo de autenticação de segurança) aberta aos fabricantes. Veja o exemplo da compactação (V 42), os blocos FEC (*Reed-Solomon*) , a criptografia RC4 e a modulação (GSMK), todas tecnologias de largo emprego no mundo e vários fabricantes.

CDPD emprega recursos que não são menos seguros do que uma WAN tradicional. A segurança do CDPD é integrada ao sistema e limitada ao Airlink, com uso de chaves duplas de autenticação. Os dados são encriptados segundo o algoritmo RC4 com duas chaves de encriptação, uma para cada canal: Forward e Reverse, mas somente no airlink.

. O sistema ainda verifica e corrige erros de transmissão, solicitando a retransmissão somente de pacotes eventualmente extraviados, usando a técnica *Reed-Solomon*, ainda no nível MAC.

O uso de tecnologias bem conhecidas e a rapidez com que o CDPD foi tomando o mercado americano demonstram a preocupação e acerto da equipe de especificação.

Toda a especificação se preocupou em não prejudicar o tráfego de voz (voice is king) , nem em capacidade nem em qualidade.

3.1.1 – Vantagens e Desvantagens

Este é um tipo de análise de aproveitamento relativo, pois os autores ou defensores da tecnologia não se esforçam em demonstrar suas deficiências por óbvio.

Entretanto os competidores também não são fonte confiável, pois fazem uma análise óbviamente tendenciosa e, portanto, de pouca utilidade, em favor de suas tecnologias, como já vi em artigos da internet favorecendo abertamente a tecnologia RAM, que é bem inferior à do CDPD, comforme pode ser visto na tabela 2.1.

Vantagens:

Suporte para vários protocolos standard de rede

O CDPD só especifica até o nível 3, onde fica um protocolo que faz a ligação entre o protocolo MDLP e o IP ou o CLNP

Segurança -

Existe toda uma preocupação com o Airlink. Para entrar no CDPD é necessário se autenticar o usuário no seu MD-IS de origem, ainda assim, toda a comunicação é encriptada por duas chaves autônomas , uma em cada canal (RC4). Quanto à segurança contra erros, existe o código Reed-Solomon, tipo FEC, que corrige até 8 erros de bit por bloco, e ainda assim é feita uma correção de erros no próprio nível MAC com confirmação bloco a bloco.

Alto troughput,

comparado com outras tecnologias wireless, conforma mostra a tabela 2.1

Confiável –

Existe uma correção FEC, já listada acima e ainda a confirmação bloco por bloco da transmissão.

Setup em poucos segundos

Desvantagens:

- Qualidade do link varia muito
- Erros de sincronização
- Interferência tipo “multipath” – diversidade espacial – muitas antenas
- Atenuação
- EMI interferência

- Fading – longas mensagens ficam mais expostas ao fading, cuja duração é inversamente proporcional à velocidade, mas sua ocorrência é proporcional à velocidade, o que determina uma "Optimum Mobile Unit Velocity Zone"

3.1.3 - Aplicações da tecnologia

Conforme o *Wireless Data Forum*, o CDPD tem aplicações nas áreas:

- Financeira: terminais de cash em zonas de difícil acesso.
  acesso a informações e índices financeiros em lap-tops e palm-tops

- Segurança Pública : colocação de note-books em viaturas policiais

- Mobile Office - para uso por empresas e executivos, acesso à internet, bolsa e índices financeiros.

- Transportes - colocação de computador móvel em caminhões , frotas de entregadores e táxis, permitindo o pagamento por cartão de crédito ou *smartcard*

- Serviço de Campo - O CDPD já é oferecido em equipamentos *hand-held* permitindo também o pagamento com cartão de crédito ou smartcard, para revendedores, representantes ou serviços bancários.
- Midleware

3.1.4 - Abrangência

A cada quatro meses, o Wireless Data Forum atualiza os chamados "coverage maps". No último disponível, o CDPD abrange 55 %^da população dos EUA, a maior parte da área habitada do Canadá, México (Cidade do México), Equador (Quito e algumas cidades), Indonésia (Jacarta) e está em testes de implantação na Nova Zelândia pela companhia Ericsson, a mesma que fornece quase todo o equipamento da nossa companhia telefônica - a CRT - Companhia Riograndense de Telecomunicações.

CDPD nos EUA – 1996 – 4.000 cidades abrangidas-

Disseminação do CDPD nos EEUU em 1996 – mais de 4000 cidades abrangidas

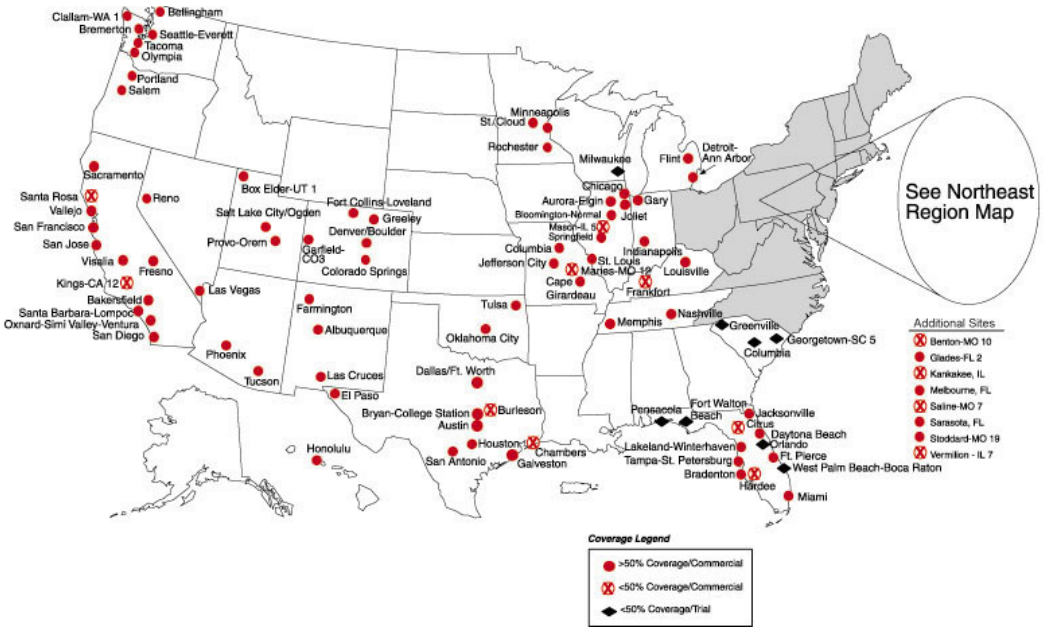


Figura 3.1 - CDPD nos EUA (1996)

Fica claro a partir destes gráficos a importância cada vez mais crescente do serviço CDPD como solução para mobilidade e transmissão sem fio de dados de usuário. Podemos considerar, salvo motivos políticos que nos EUA não devem ser tão imperativos como no Brasil, que a tecnologia tem méritos óbvios, pois o mercado americano está com um crescimento quase esplosivo da tecnologia. O que deve demonstrar claramente sua vantagem em relação às outras tecnologias atualmente disponíveis no mercado.

3.1.5 - Modem

O Modem utilizado no sistema CDPD é especial, não servem os tradicionais, muito embora tenha sido escolhido um tipo compatível com a modulação GSM européia, visando a diminuir o custo dos mesmos.

O nível físico, embora importante, não será estudado neste trabalho pois foge ao escopo. Serão apresentadas, contudo, as características deste componente:

freqüências: como é usado o sistema AMPS – 824-849 Mhz TX e 869-894 RX

Velocidade: nominal 19200 bps e real de 9600 bps

O modem tem de ser especial para CDPD, com preços variando de 450 a 1450 dólares americanos.

Marcas: Uniden data 1000, Compaq SpeedPaq, IBM wirelessModem for Cellular/CDPD, Inet Spider CDPD Modem, Sierra Wireless AirCard

Tarifação: uma faceta interessante do CDPD: é por kilobytes transmitidos no mês.

entre duas transmissões sucessivas do mesmo MES.

3.2 – Características Funcionais

CDPD é secundário em relação à transmissão de voz, pacotes só são enviados no intervalo de conversações.

Digital Sense Multiple Acess with Collision Detection no Link aéreo, Full-Duplex, escuta antes de enviar. A comunicação é bidirecional, com dois canais distintos, o Forward sempre On.

Cada célula tem aproximadamente 57 canais e pode usar somente 1/7 das freqüências alocadas, células adjacentes usam outro conjunto de freqüências .

CDPD transmite durante os intervalos de transmissão de voz. Se outros canais ficam em estado de espera (idle, sem transmissão de voz), a transmissão de dados passa a ser feita nos outros canais.

3.2.1 -Estrutura do pacote:

Header: flag ‘01111110’ , address field, control field
User Data: information field, data
Trailer: Frame check (CRC)

Erros de pacotes:

ARQ seletivo, transmite somente aqueles pacotes específicos que foram perdidos.

3.2.2 - Controle de erros:

Reed-Solomon code blocks, 63 blocos de 6 bits cada, 47 de informações e 16 de paridade. Consegue corrigir até 8 erros nos símbolos de 6 bits.

3.2.3 - Segurança

- Cada estação móvel tem de contactar o Servidor de Autenticação no seu *home domain*
- Protocolo *Diffie-Hellman*
- M-ES e MD-IS compartilham uma chave secreta
- Protocolo EKE – *Encrypted Key Exchange*

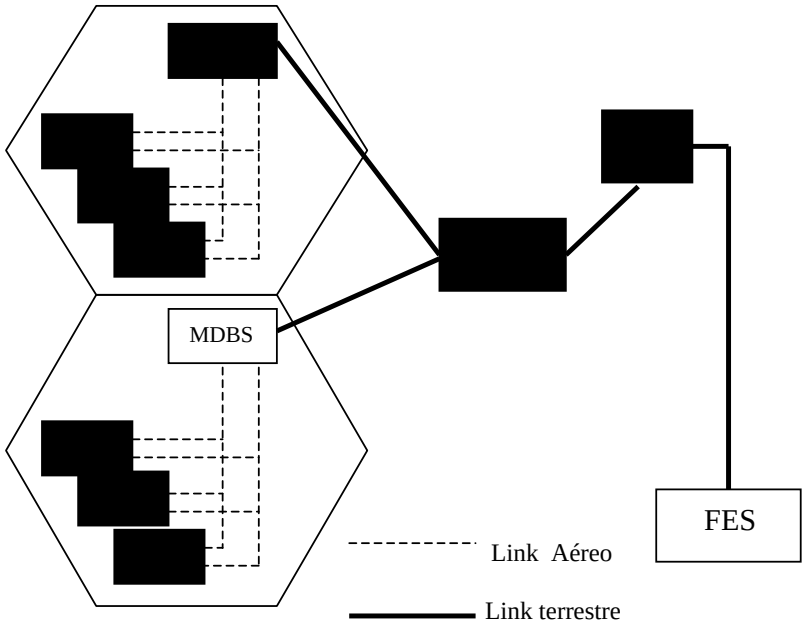
O algoritmo de encriptação foi desenvolvido pela RSA Data Security Inc, com 32 bits e chaves separadas para o canal *Forward* e *Reverse*, sendo embutida no hardware, portanto, não pode ser desabilitada

Tabela 3.1 Comparação do CDPD com outras tecnologias

Característica	CDPD	RAM	ARDIS
Tecnologia Aberta	Sim	Não	Não
Múltiplos vendedores de equipamentos de Infraestrutura	Sim	Não	Não
Múltiplos vendedores de equipamentos para o assinante	Sim	Sim	Sim
Serviço de Broadcast	Sim	?	Sim
Serviço de Multicast	Sim	Sim	Sim
Autenticação	Sim	Sim	Sim
Encriptação	RC-$ no Airlink e End-to End	End-to-End	Proprietário no Airlink e End to End
Economia de energia para o assinante	Sim	Sim	Sim
Full/Half Duplex	Full	Half	Half
Compressão de dados na rede	Sim-V-42	Não	Não

3.3 - A arquitetura CDPD

Existem 4 elementos básicos da arquitetura CDPD que estão organizados e interligados conforme pode ser visto na figura 3.5.



MES - Mobile End System
MDBS - Mobile Data Base Stations
MD-IS - Mobile Data Intermediate System
IS - Intermediate System
FES - Fixed End Station

Figura 3.5 - Elementos da rede CDPD]

3.1.1 -M-ES (*Mobile end system*)

É uma estação que pode ser móvel, podemos considerar equipamentos de telemetria, máquinas de venda ou computadores pessoais, móveis como o Lap-Top ou não, como os PCs, como M-ES. Equipados com um modem rádio, nas mesmas freqüências do AMPS. Transmite via RF ao MDBS com largura de banda do canal em 30 Khz. Usa modem GSMK de 19,2 Kbps nominais e 9,6 Kbps reais, liga-se ao MDBS através da interface A, objeto do presente estudo.

Normalmente é *full-duplex*, mas também admite-se o *half-duplex*, com sensível redução de desempenho.

3.1.2 -MDBS – *Mobile Data Base Stations*

Está instalada nos sites de Celular – equipamento de RF para garantir a comunicação entre os M-ES e os MD-IS .Parte final da interface aérea e onde se aplica o gerenciamento MAC através de protocolo DSMA-CD, bem parecido com o que faria um HUB numa rede local do tipo *Ethernet*. Executa um importante papel na especificação pois lida com o recurso mais escasso - o link aéreo - e também o mais vulnerável a interceptação, por isso mesmo foi o alvo de todo um cuidado pela equipe que especificou o CDPD.

3.1.3 -MD-IS – *Mobile Data - Intermediate System*

Ponto central do esquema de mobilidade do CDPD. Podemos classificar os MD-IS em dois grupos: os que não pertencem ao "home" ou que executam a MSF - *Mobile Home Function* - que executam a outra ponta do MDLP (Mobile data link protocol) com as funções de Link Layer; e os MHF, home dos M-ES, para onde são enviados todos os pacotes destinados aos seus M-ES registrados, bem como onde é realizada a autenticação dos mesmos. Para exemplificar, se dois M-ES , registrados em Boston,EUA se encontram na Itália, todos os pacotes que se destinarem a qualquer um deles tem de ir a Boston e só então voltar para Roma, o que dá origem a críticas de tecnologias concorrentes, como a RAM, que justamente usou este mesmo exemplo, esquecendo-se, óbvio, das vantagens de tal prática sobre a tecnologia RAM, que foi colocada numa tabela nesta Parte.

Um exemplo de implementação usado no Canadá suporta 24000 M-ES ativos e tem uma capacidade de 800 Kbps de tráfego IP. Permite o estabelecimento de Sub nets em Ips contínguos, isolados de outros grupos.

3.1.4 - IS – *Intermediate system* –

Um nome OSI para um roteador de Rede. IS lida com o packet forwarding tanto para IP como para CLNP com os protocolos de roteamento usuais.

3.1.5 -FES – *Fixed End Station* –

É estação final da rede. Pode ser externa ao provedor de serviço CDPD, como a contra-partida do nível de transporte de um M-ES ou interna, como servidores de suporte ou de serviços de aplicação.

3.2 - Interfaces

A arquitetura interna pode ser definida em termos de Interfaces e de objetos e suas funções. Na tecnologia existem três interfaces:

- "A" , onde se define a parte aérea, a transmissão via RF
- "E" , interface externa, com outras redes;
- "I " , ligação interna a outras redes CDPD.

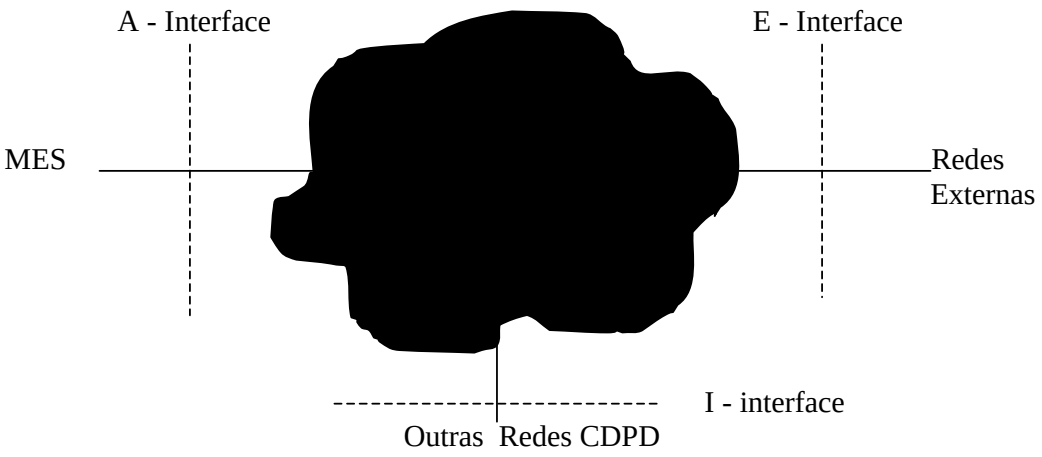


Figura 3.6 - Modelo de Interfaces do CDPD [TAY 97]

3.2.1 - Interface “A

“’E a interface que faz a ligação por Rádio entre os equipamentos móveis e a Rede CDPD. Possui uma boa parte da especificação. As especificações 400 a 409 da versão 1.1 do CDPD definem esta interface, que, apesar de ser uma parte fundamental não representa a maior parte da especificação..

3.2.2 - Interface E

Constitui a parte do CDPD que realiza a interconecção com outras redes não-CDPD, como por exemplo a Internet, ou ainda redes privadas, WANs, etc. Os protocolos usados são do tipo sem conecção, CLNP ou IP. O IPv6 está previsto para ser incluído.

Os algoritmos de roteamento são estáticos e são recomendados o BGP-4 e o IDRP.

3.2.3 - Interface I

Os EUA incentivam a pluralidade de provedores ao longo do país, o que parece também acontecer no Brasil. Devido a este fato, um provedor deve poder se comunicar com outro.

O interessante é que todos os protocolos desta interface são baseados no CLNP, mas suportam os mesmos protocolos usados na interface E, mas os pacotes na direção Forward serão obirgatóriamente encapsulados com o CLNP.

4 – Modelo de Referência de Protocolos usados no CDPD

A especificação CDPD, como uma forma de facilitar sua implementação e compatividade só abrange protocolos até o nível 3 OSI. A figura 3.7 abaixo mostra os protocolos que fazem parte da especificação. O CDPD Forum é o organismo responsável pela edição das normas e especificações do CDPD. Atualmente se está na versão 1.1.

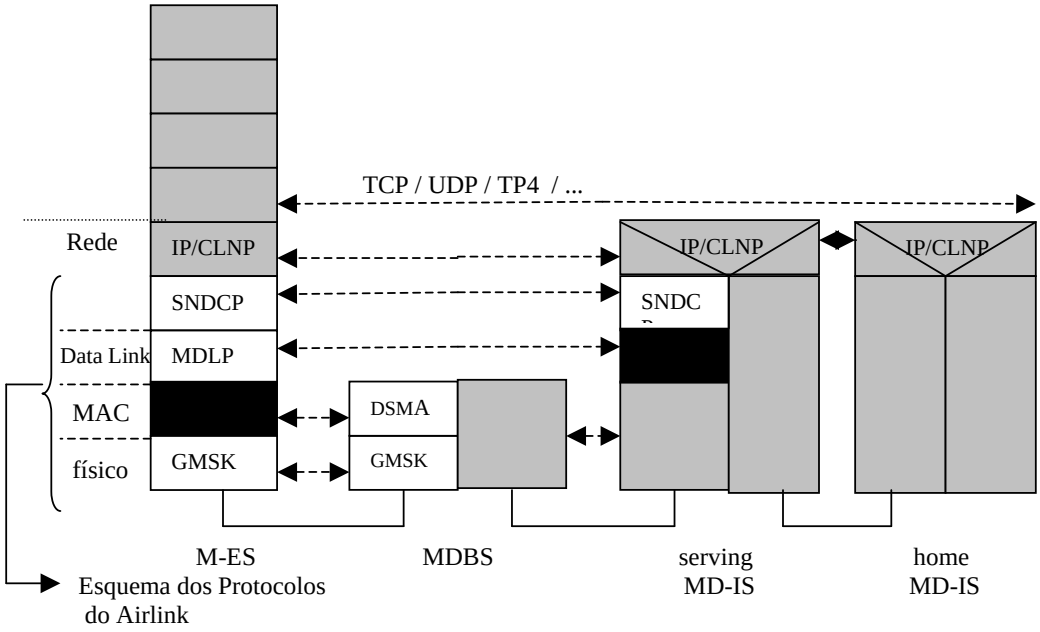


Figura 4.1 - Protocolos utilizados

SNDCP - *Subnetwork Dependent Convergence Protocol* - O Autor coloca este protocolo mais como uma função, do que como um protocolo. Sua função é mapear os serviços providenciados pelo nível MAC para os níveis de rede acima . Realiza as funções de compressão, segmentação e encriptação

MDLP - *Mobile Data Link Protocol* - Derivado do LAPD - Link Acess Procedure - D -, é o protocolo usado pelo LLC - Logical Link Control. Para cada entidade final é desigando um TEI - Temporary Equipament Identifier, um no M-ES e outro para o MD-IS. O MDLP é descrito nas especificações 400 a 403 do CDPD 1.1.

DSMA - *Digital Sense Multiple Access* -Protocolo muito semelhante ao CSMA-CD das redes Ethernet. Sua função é o controle do nível MAC ,- o airlink - e será discutido mais adiante neste trabalho

GSMK - *Gaussian Filtered Minimum Shift Keying* - Protocolo de nível físico, realiza a transmissão digital a uma taxa de 19.200 bits / segundo. O GSMK é uma forma de modulação do FSK - frequence shift Keying.

Acima do nível IP/CLNP, os protocolos que são aceitos por estes são também pelo CDPD. Além dos protocolos listados, ainda temos protocolos de , registro (MNRP - *Mobile Network Registration Protocol*), de segurança (NLSP - *Network Layer Security Protocol*).

4,2 - Máquinas de estado do protocolo nível 2 Digital Sense Multiple Access (DSMA) do MDBS :

O MDBS é a base do presente estudo e como tal deve ser bem estudado. Adiante estarão figuras que mostram o funcionamento deste componente do CDPD, como são informados os M-ES sobre o estado do link e se houve ou não colisão.

A camada MAC possui as seguintes primitivas e relacionamento com os níveis imediatamente acima e abaixo:

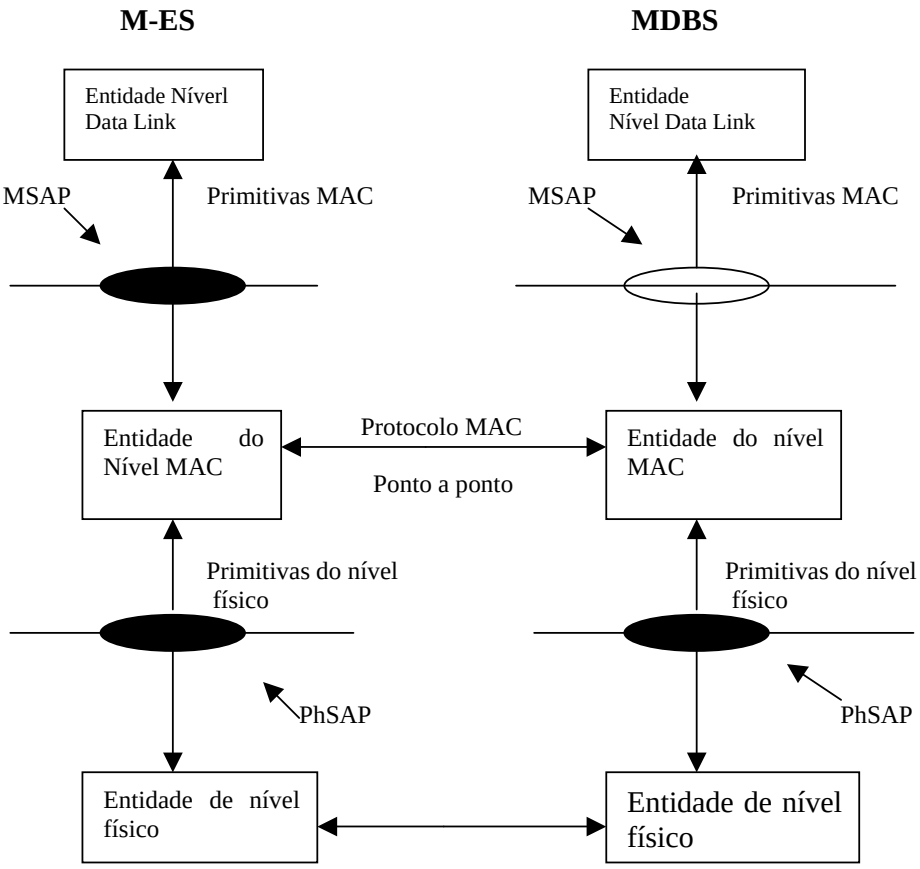


Figura 4.2 - Relacionamento Nível MAC e limítrofes SAP - Service Access Point [CDP 95]

A figura 4.2 mostra como o nível MAC se relaciona com os níveis imediatamente abaixo (físico) e acima (*Data Link*):

Abaixo, tem-se a figura 4.3, que mostra como o MDBS funciona para colocar os bits de idle (livre) ou busy (ocupado) no canal forward que é ouvido pelos M-ES em intervalos de um Time-Slot (3,125 ms) de forma a configurar um protocolo Sloted.

Cada vez que um M-ES pretende transmitir este recebe os bits busy/idle. Se é encotrado em estado ocupado o canal, o M-ES só voltará a tentar a transmissão após um intervalo múltiplo de microslots, que é definido para cada M-ES, sendo que este intervalo dobra a cada tentativa de transmissão, configurando , pois, um protocolo do tipo não persistente..

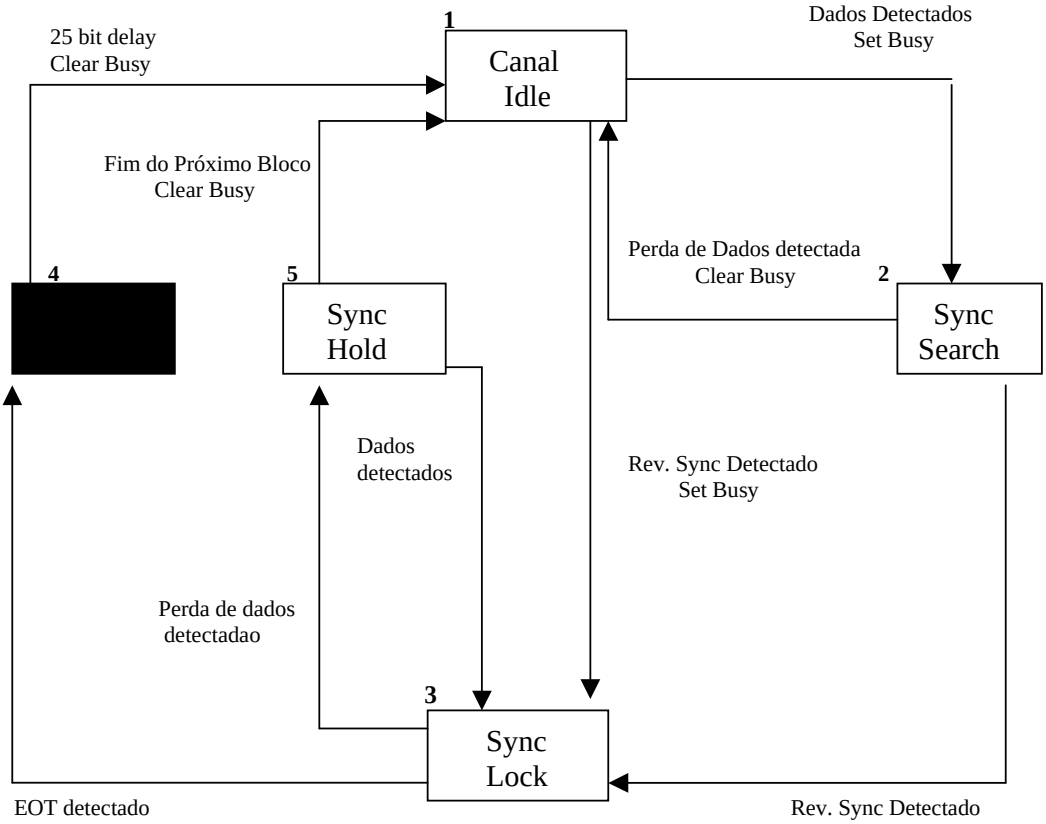


Figura 4.3 - Máquina de estados de Busy/Idle do MDBS [CDP 95]

A figura 4.3 mostra a máquina de estados do MDBS para setagem dos parâmetros de Busy ou Idle, que irão permitir aos outros MDBS conectados a transmissão (Bloco Idle) ou impedir a transmissão, indicando que um MES específico está usando o canal (Bloco Busy).

Tabela 4.1 - Busy / Idle flags [CDP 95]

Estado	Valor em código binário
Canal Busy	00000
Canal Idle	11111

A tabela 4.1 mostra os valores a serem transmitidos, pela máquina descrita na figura 4.3, 1 bit a cada timeslot, (3,125 ms) , que é a unidade básica de tempo do CDPD, os MES voltam a tentar transmitir a cada múltiplo deste tempo, sendo que só recebem o símbolo completo após cinco timeslots. (cada timeslot tem 60 bit times: 1 / 19200 = 0,000052083 s ou 52, 083 μs)

A seguir tem-se a máquina de estados do MDBS que mostra como os blocos são decodificados para identificar a necessidade de retransmissão do ou dos blocos pelo M-ES que está transmitindo. Outra finalidade deste mecanismo é a identificação de colisões pelo excesso de erros. Assim que um bloco é declarado errado pelos bits de decode enviados pelo MDBS, os M-ES cessam a transmissão, mas não sabem se houve colisão ou falha de transmissão. O reenvio dos dados será no intervalo de *microslot* a ser definido pelo mecanismo DSMA-CD existente no M-ES, semelhante ao mecanismo do CSMA-CD, dobrando o número de microslots a cada tentativa.

Máquina de estados do Decode no MDBS:

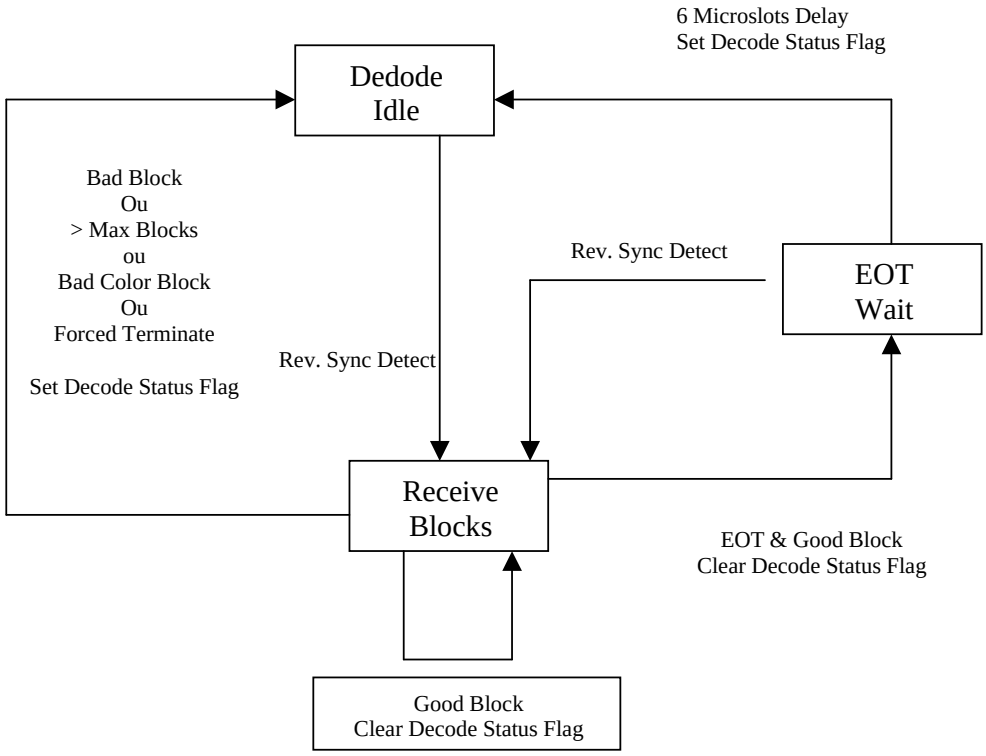


Figura 4.4 - Máquina de estados do MDBS - decode [CDP 95]

Tabela 4.2 - Codificação do Decode Status Flag

Estado	Valor em Código Binário
Decode Sucess	00000
Decode Faillure	11111

Na tabela 4.2 temos a codificação dos bits de decode utilizados.

www.ProjetodeRedes.kit.net

5 - Análise de performance do protocolo MAC do Airlink do CDPD

5.1 - Introdução:

O CDPD é uma tecnologia já consagrada nos EUA , onde existe desde 1995 e hoje apresenta mais de 9 milhões de usuários, mas ainda inexistente no Brasil. Evidentemente que tal situação não irá perdurar e os grupos econômicos que adquiriram as companhias de celulares já estão se preparando para retirar esta desvantagem tecnológica brasileira.

O coração do sistema, a parte mais delicada, é o protocolo de airlink dado que o espectro de RF é um recurso limitado e o responsável pela largura de banda do sistema, 19,2 Kbps nominais e 9,6 Kbps real, que na verdade fica bem maior, pois os dados já estão sempre compactados nesta velocidade.

Para fazer a análise de performance de um sistema, podemos considerar os seguintes enfoques:

1 - Fazer uma análise após a operação do sistema baseado em parâmetros reais coletados durante a operação.

Deficiência: Não faz projeções pois depende do que irá acontecer.

2- Fazer uma simples projeção da realidade atual para a futura.

Deficiência: O sistema pode parecer linear na resposta, mas no caso real é exponencial.

3- Programar e processar um modelo de simulação.

Deficiência: Muito demorado e oneroso, porém é o método com maior precisão, se o modelo for suficientemente próximo do caso real (este é o problema).

4- Desenvolver um modelo analítico baseado em teoria de filas e teoria de probabilidades.

Vantagem: podem ser obtidos resultados muito próximos da realidade a partir das fórmulas mais simples do que os métodos de simulação.

Deficiência: Análise apenas de casos médios ,ficam de fora da análise os casos extremos.[ROC 94]

5 .2 - CDPD - Análise Matemática da eficiência do Airlink:

5.2.1 - Eficiência do Canal:

Podemos definir a eficiência na transmissão conforme a fórmula abaixo:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Tempo na transmissão de um bloco de informação}}{\text{Tempo total gasto na transmissão}}$$

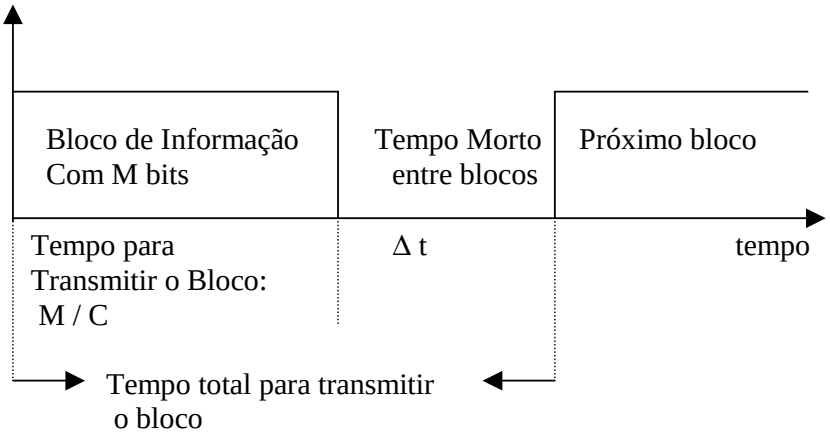


figura 5.1 - eficiência no airlink [ROC 95]

C: taxa de transmissão

Sempre que queremos obter a eficiência de utilização efetiva de um meio podemos considerar um valor médio M (em bits) dos blocos de informação, que será transmitido em um tempo M / C e I / C corresponde ao tempo médio para transmitir um bit, dividido pelo tempo total gasto.

Eficiência na transmissão:

$$E = \frac{M / C}{M/C + \Delta t}$$

Fonte: [ROC 95]

No caso do CDPD, temos que o MDBS recebe os pacotes á velocidade de 19.200 bits por segundo.
Logo, C = 19.200 bits / segundo

M médio: a ser calculado no item 5.2.1
Δt médio: a ser calculado no item 5.2.2

5.2.1 - Cálculo do M médio

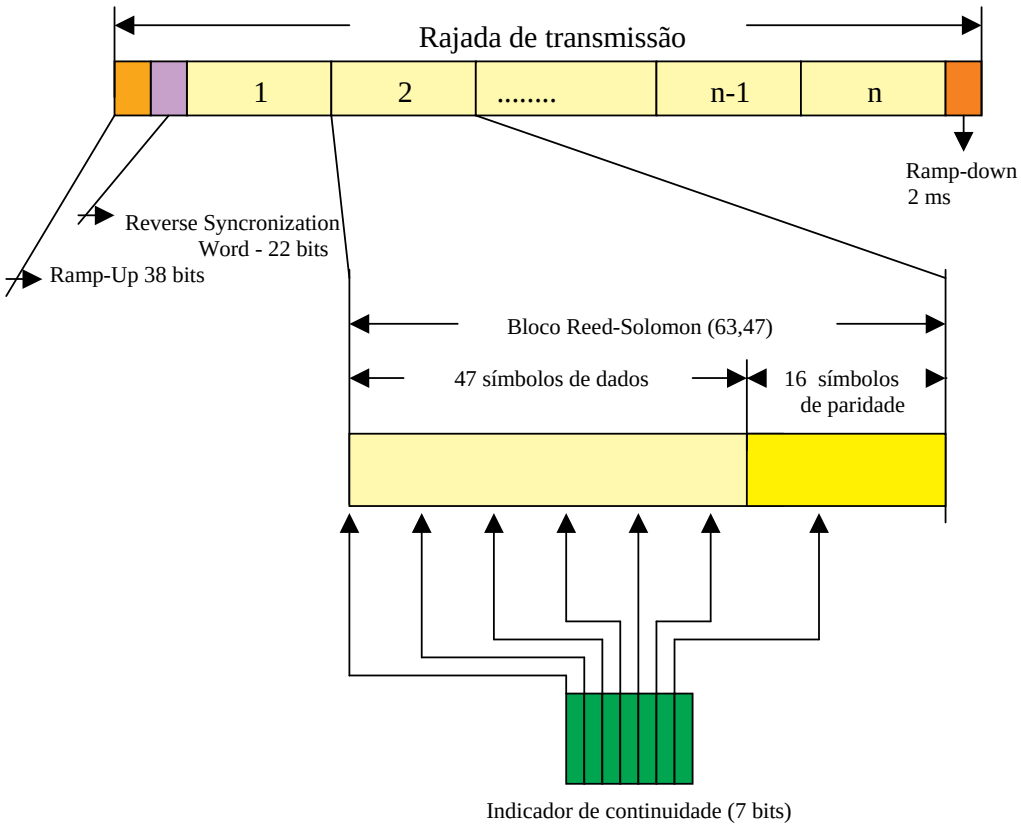


Figura 5.2 -Estrutura da Rajada (Burst) de transmissão do Canal Reverso (M-ES -> MDBS)

Na figura 5.2 temos a estrutura de uma rajada de transmissão, com a seguinte composição:

- 1 bloco *Reed-Solomon* = 385 bits
- n pode variar de 1 a 64 , no máximo
- *rampdown*: 2 ms = 2 x 10^{-3} x 19.200 = 38,4 ~ 38 bits
- *dotting sequence* = 38 bits
- *reverse syncronization* = 22 bits

Rajada máxima = 64 x 385 + 38 + 38 + 22 = 24.640 + 38 + 38 + 22 = 24.738 bits
Rajada mínima = 385 + 38 + 38 + 22 = 483 bits

Rajada média = 24.738 + 483 / 2 = 12.610,5 ~= 12.610 bits

Logo, M médio = 12.610 bits

5.2.2 - Cálculo do Δt médio:

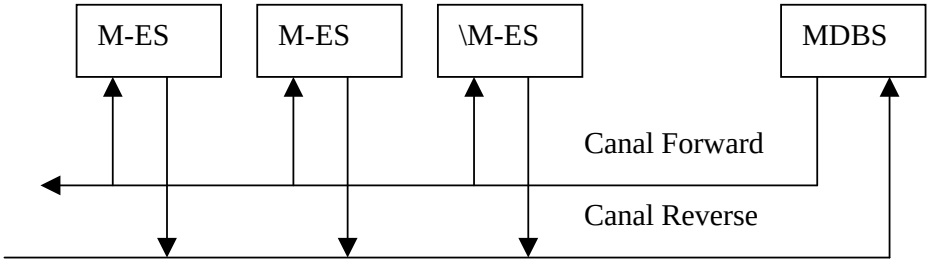


Figura 5.3 - Ligação dos M-ES ao MDBS [TAY 97]

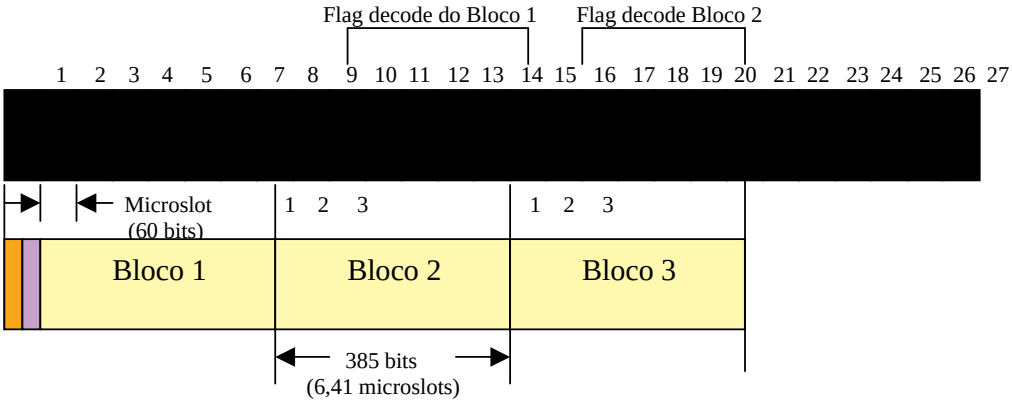
5.2.2.1 - Protocolo DSMA-CD- Funcionamento

A figura 5.3 ilustra a ligação dos M-ES ao MDBS. Todas as estações M-ES ficam escutando o canal Forward para definir se podem elas transmitir, devido ao estado idle deste. Como no protocolo CSMA-CD, duas ou mais estações podem começar a transmitir ao mesmo tempo, ocasionando uma colisão. Ao contrário do *Ethernet*, a colisão não é detectada de imediato pelos M-ES, mas sim através dos erros detectados pelo MDBS, que envia no caso *decodes fails* via canal *forward* após o processamento dos sinais enviados. Torna-se claro que isto leva mais tempo do que no *Ethernet*, onde as colisões ou são detectadas pela tensão maior do sinal (10base2 ou 5) ou por um sinal enviado pelo HUB (10baseT), mas sem o tempo de processamento dos pacotes pelo servidor ou estação de destino.

No CDPD um M-ES espera apenas 8 *bit-times* após o canal ser verificado como idle,para iniciar sua transmissão que justamente deve ser o tempo máximo de percurso de um sinal na célula, também como no caso do *delay* da *Ethernet*.

O sinal enviado leva até dois *microslots* ou seja, 3,125 ms cada um, para ser processado pelo MDBS.

Canal *Forward*



Canal *Reverse*

Fig. 5.4 - Relação de tempo entre canais

Após duas ou mais estações M-ES colidirem, teremos uma espera aleatória definida pela fórmula:

$$Tn = Ts \times (2^{count} - 1)$$

Tn = tempo de nova tentativa
Ts = tempo de um timeslot = 60 bit times = 1/19200 X 60 = 3,125 ms
Count = Parâmetro que normalmente varia entre 4 e 8

O protocolo é do tipo sloted, ou seja, os M-ES estão sempre sincronizados e tentarão transmitir sempre no mesmo timeslot.

O parâmetro count é definido por dois limites: Min_Count, que, por default é igual a 4, e Max_Count, cujo valor default do sistema é 8. Portanto teremos um mínimo que irá variar de 0 a 15 timeslots para voltar à tentativa de transmissão. Na próxima tentativa fracassada de transmissão se irá dobrar este tempo, o intervalo variará entre 0 e 31 e assim sucessivamente até que o limite Max_Count (8) seja atingido. Na Quinta vez a tentativa de retransmissão se dará num tempo aleatório entre 0 e 256 (2^8 - 1), e ainda tentará por mais 8 vezes , num total de treze tentativas de retransmissão até informar ao nível mais alto a impossibilidade de transmissão [AGO 96].

Supondo que a possibilidade de transmissão de qualquer um dos terminais em um timeslot seja igual a “p”. Cada um dos demais k - 1 terminais terá, pois, (p-1) possibilidades de transmitir. A possibilidade de que uma das k estações transmita no timeslot será dada por:

$$p(1-p)^{k-1}$$

Chamando de A a probablidade de que qualquer uma das k estações transmita no timeslot será dado por:

$$A = kp(1-p)^{k-1}$$

Esta expressão será maximizada (carga pesada) na hipótese de “p” ser equiprovável e portanto $p = 1 / k$. Substituindo na expressão de A, obtemos:

$$A \text{ ótimo} = \left[\frac{(k-1)}{k} \right]^{k-1}$$

Se fizermos $k \rightarrow \infty$, (número muito grande de terminais) pode-se mostrar que:

$$A \rightarrow 1/e$$

A probabilidade de que o intervalo de contenção Δt tenha j time slots será dado por:

$$p_j = A(1-A)^{j-1}$$

O valor médio de timeslots por intervalo de contenção Δt pode ser obtido então por:

$$\sum_{j=0}^{\alpha} jA(1 - A)^{j-1} = 1 / A$$ [Fonte: Apostila de Info1054 -Redes]

Como tínhamos que $A \rightarrow 1/e$, $1/ A = e = 2,71828$

O resultado leva a um mínimo intervalo de 2,718 microslots entre cada intervalo de transmissão. Entretanto, a especificação CDPD exige que o MDBS espere até, no mínimo 5 bit times antes do fim do período de rampdown do M-ES que acabou de transmitir para começar a enviar os bits de idle o tempo de rampdown é de 38 bit times, logo, 38 - 5 = 33. Somamos este tempo que será constante em cada intervalo Δt entre transmissões, ao valor já encontrado (2,718) como resultado da disputa entre muitas estações pela janela de transmissão.

2,718 (3,125 ms) + 33 X 52,08 μs = 0,0102125 s

Além disto, tem-se que o MDBS leva cerca de 2 microslots para fazer o processamento dos sinais recebidos do M-ES, ou seja, o canal vai ficar vazio também por este tempo após o fim das transmissões, logo, soma-se também este tempo ao resultado acima:

0,0102125 + (2 X 3.125 ms) = 0,0164625 s

Vendo agora pelo lado dos M-ES que estão aguardando para transmitir. A especificação exige que esperem até o último dos bits do flag de idle seja recebido para que possam iniciar a transmissão, são então cinco bits transmitidos um bit a cada microslot, logo, são cinco microslots, e mais 8 bit times, logo, soma-se também mais este tempo ao acumulado.

0,0164625 + ((5 X 3,125 ms) + (8 X 52,08 μs)) = 0,032504166 s

Tem-se agora que considerar o back-off exponencial que cada estação sofre a cada tentativa de transmissão

$Tn = Ts \times (2^{count} - 1)$

Ora, esta fórmula já foi computada nos 2,718 encontrados anteriormente, mas resta um detalhe: a fórmula foi desenhada para representar redes Ethernet, em que o parâmetro count iniciava de 1. O problema é que o CDPD não começa de 1. O parâmetro min_count tem como valor default o número 4. Elevando-se 2 à quarta potência nos dá o número 16 , subtraindo-se o 1 da fórmula, obtemos 15. O início das transmissões se dará não em 0 mas sim entre 0 e 15. Podemos pegar como valor médio a média aritmética, ou seja, 7,5. Somamos mais este valor ao acumulado e obtemos:

0,032504 + (7,5 X 3,125 ms) = 0,055941 s

Chegamos, enfim, a um $\Delta t = 0,055941$

5.2.3 Cálculo de eficiência - conclusão:

colocando os dados encontrados na fórmula original:

$$E = \frac{M / C}{M/C + \Delta t}$$

C = 19.200 bits / Seg
M =12.610 bits
Δt = 0,055941 Seg.

M/C = 0,65677

$$E = \frac{0,65677}{0,65677 + 0,055941}$$

E = 0,92151 ou 92,15 % de eficiência

O valor é alto em termos de eficiência do airlink, demonstrando o acerto da equipe de projetistas do CDPD, no modelo matemático estudado4.

5.2.3 - Taxa efetiva de informação associada ao nível MAC

No canal reverse, que liga os M-ES ao MDBS temos que, para cada rajada de transmissão teremos no mínimo 38 bits de dotting sequence, mais 22 bits de reverse syncornization, um ou mais blocos Reed-Solomon, de 385 bits e mais um tx-rampdown com 38 bits. Temos um overload fixo por rajada de 38 + 22 + 38 = 98 bits por rajada.

Se considerarmos que o bloco Reed-Solomon utilizado oferece uma “carga útil” de 47 bytes para cada 63 carregados, encontraremos uma eficiência de 74,60%. Entretanto 7 destes 47 bytes são de indicador de continuidade, retirando-o, resulta em 40 bytes para cada 63 transmitidos, ou seja, 63,49% por cada bloco

Pegando-se a rajada média, 12.610, subtraindo-se 98 bits, obrigatórios, se obteria:

12.610 - 98 = 12.512 bits

dividindo-se 12.512 por 385 , número de bits em cada bloco do CDPD:

12.512 / 385 = 32,4987

pega-se o número inteiro, 32. este número, multiplica-se por 385, e soma-se 98, obtendo-se o bloco médio exato, com 12.418 bits, destes, tem-se de redundância:

98 bits mais 7 bits de continuidade em cada um dos 32 blocos, logo,

32 X 7 = 224 bits, mais 16 X 6 = 96 bits usados para controle de erros em cada Bloco Reed-Solomon, obtendo-se então:

98 + 224 + 96 X 32 = 3492 bits que não contém dados em cada 12.418 totais,

Temos a relação:

12.418 / 3492 = 3,55 ou 28,12 % de redundância ou ainda 71,88 % de eficiência

5.2.4 - Cálculo do Atraso médio dos pacotes CDPD em relação á taxa de utilização

Para podermos chegar a uma análise por teoria de filas, podemos pegar o valor encontrado no estudo da eficiência no canal de transmissão como a taxa de chegada de pacotes média.

Segundo o item 5.2.3 anterior, temos uma eficiência de 92,15 % no canal. Aplicando este percentual à taxa nominal de 19.200 bits / seg, obtemos:

19.200 X 0,9215 = 17.692,8 bits / seg.

Dividindo-se a velocidade encontrada pelo tamanho médio “M” do pacote, em bits, obtemos:

17692,8/ 12.418 = 1,425 pac / seg.

Logo: λ = 1,425 pac / Seg

s = 52,083 μs X 12418 = 0,64676 s

o fator de utilização , “ρ” seria igual a

ρ = 1,425 X 0,64676 = 0,921633

Usando a notação de *Kendall* (A/B/X/Y/Z) para sistemas de fila:

A - Será usada uma distribuição de probabilidade de tempo entre as chegadas de eventos tipo *Memoryless*, exponencial negativa e independentes umas das outras, ou do número de chegadas por unidade de tempo do tipo *Poisson.*

B - A distribuição dos tempos de serviços será também *Memoryless* .

X - O número de servidores será um, uma base MDBS, que atenderá una fila de pedidos dos MES.

Y - Por simplicidade, teremos um buffer infinito, omitido na notação;

Z - A disciplina será do tipo FIFO, sendo assim, também se omite.

Voltando ao Δt mínimo, padrão e calculando os demais parâmetros de uma fila do tipo M/M/1 (distribuição de Poisson), teríamos:

Da teoria de filas, temos as seguintes fórmulas:

Número de eventos no sistema fila

$$q = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

q = número de eventos no sistema fila
ρ = utilização

Tempo de atendimento:

$$Tq = \frac{s}{1 - \rho}$$

Tq - Tempo toral no sistema fila
S - Tempo de serviço
ρ - Utilização

para o CDPD:

q = 0,922 / (1- 0,922) = 11,82 pacotes no sistema, em média

O tempo para se transmitir um bit é de 1/19200 = 0,000052083

Um bloco Reed-Solomon no canal Reverse, que é o que recebe os dados dos M-ES tem 385 bits no total, portanto leva 52,083 μs X 385 = 20,052 ms

tq = 0,020052/ (1 - 0,922) = 0,2570 seg por pacote

bem como poderíamos calcular todos os demais fatores

Onde teríamos vários tempos de serviço.

$y = s / (1-x)$

onde:
y = Tq ou tempo de serviço médio, em segundos

x = utilização ou ρ

Claramente vê-se o comportamento exponencial típico das redes locais do tipo Ethernet que também é o caso da rede em estudo.

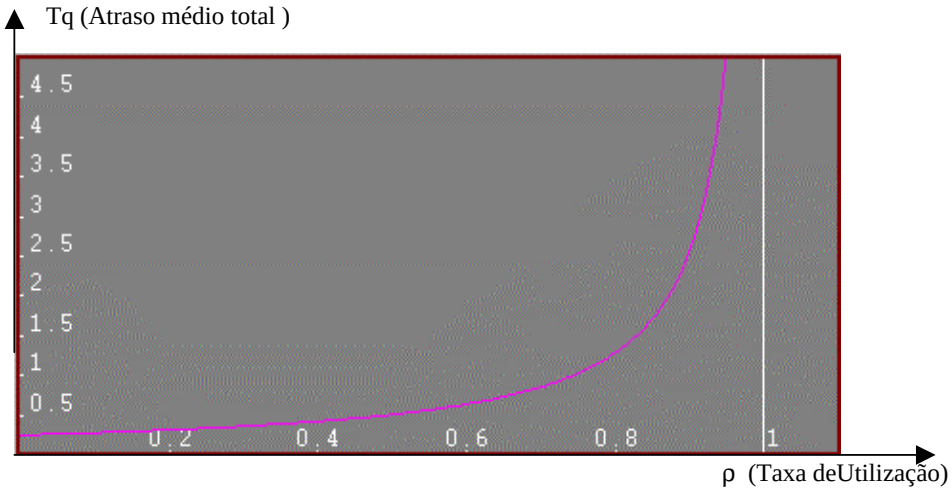


Figura 5.5 Tempo Total no sistema fila (Tq) X Taxa de utilização (ρ)

6 - Conclusão

Após ser apresentada a tecnologia, principalmente nos pontos que seriam importantes para o presente trabalho, como a interface "A" com seus protocolos e máquinas de estado, pode-se ver uma análise matemática tanto da eficiência do canal , no *Airlink* como também uma análise de eficiência do protocolo DSMA modelado em teoria de filas.

Na análise da eficiência fica clara a boa performance da técnica adotada pela equipe de projetistas. Mesmo utilizando uma carga pesada, o canal não pára de transmitir a uma taxa bastante alta, 92,2 %. A eficiência em termos de dados sobre o total transmitido, em termos do protocolo DSMA ficou em 71,88 %, que pode ser considerada muito boa em termos de enlace aéreo em que é necessária uma técnica FEC - *Forward Error Correction*, como a *Reed-Solomon.* Por último foi realizada uma análise do protocolo DSMA da especificação CDPD em termos de Atraso médio total X Taxa de Utilização (ρ) , onde ficou evidenciado que haveria um natural congestionamento na rede pois teríamos uma taxa de utilização bastante alta "ρ", de 92,2 %, devido à análise ter se dado numa carga alta.

Há que se levar em conta também a dificuldade na obtenção dos dados, exclusivamente importados dos EUA, dada a inexistência total da especificação no Brasil. A empresa "Telefonica", aqui no RS está estudando a tecnologia, mas não tem, por enquanto, planos de implantá-la. Fica claro que, devido á competição existente na área de telefonia celular, não iriam ser revelados eventuais planos de implantação

Fica o ineditismo do trabalho em termos de Brasil e a apresentação de uma tecnologia que deverá aportar no País em curto prazo, dadas as semelhanças de tecnologia celular entre os dois países e ao fato de nos EUA já contar com 9 milhões de usuários.

Num trabalho posterior, poderia ser utilizado um software de simulação como o GPSS para uma melhor avaliação e incluir também os níveis físico e de rede, num trabalho de maior envergadura, colocando características do sistema celular brasileiro. Tal análise exigiria a participação efetiva de alguma empresa provedora de serviços , que obteria desta forma uma avaliação muito próxima da realidade de como implantar um sistema real, reduzindo os custos de implantação do projeto.

Glossário:

Advanced Mobile Phone System (Amps) - Sistema de telefonia analógica criada pela Bell labs

A-Interface - Interface do link aéreo

Airlink - O par de canais de radiofreqüência usados para a ligação entre os M-ES e o MDBS

ARDIS - Um sistema wireless para aparelhos de mão (hand-held devices) poderem mandar e receber mensagens curtas, desenvolvido pela IBM e Motorola

Autenticação - O processo em que um rede certifica-se de que o usuário ou o endereço são legítimos

Bps - bits per second - bits por segundo

CDPD - Cellular Digital Packet Data - rede de dados digitais que transita nos períodos idle de uma rede AMPS.

Célula - Uma área em que uma largura de banda determinada pode ser recebida em níveis de sinal adequados

DSMA-CD - Digital Sense Multiple Access with Collision Detection - Uma técnica usada pelo CDPD para permitir o acesso de mais de um M-ES a um mesmo canal reverso

Encriptação - Um processo em que dados são codificados segundo uma chave secreta em sua origem para serem recompostos com a mesma chave em seu destino

Ethernet - Um padrão de rede local

FES - Fixed End System - estação final de destino dos pacotes CDPD

IS - Intermediate System - igual a um roteador

MDBS - Mobile Data Base Station - Fixada em uma célula, faz o controle de acesso ao meio e o controle de potência dos MES.

MES - Mobile End System - é a estação final do usuário CDPD

Bibliografia:

[TAY 97] Taylor , Mark S. . Internetwork Mobility - the CDPD approach/Mark Taylor , William Waung, Mohsen Banan . Prentice-Hall 1997, 389 p.

[CDP 95] CDPD version 1.1 - specifications , 1995

[STA 97] Stalings, William. Local and Metropolitan area Networks 5 th ed. Prentice-Hall 1997, 605 p.

[KLE 76] Kleinrock, Leonard. Queueing systems. John Wiley & Sons, 1976, 549 p.

[MOU 86] José A. B. Moura. Redes Locais de Computadores. McGraw Hill, 1986, 446 p.

[LAZ 84] Edward D. Lazowska. Quantitative System Performance / Edward D. Lazowslka, John Zahorjan, G. Scott Graham, Keneth C. Sevcik. Prentice-Hall, 1984, 417 p.

[AGO 96] Agosta, John . CDPD : Celular Digital Packet Data standards and technology. John Agosta, Travis Russell. McGraw Hill 1996 243 p

Artigos:

[ROC 94] Rochol, Juergen, Teoria de Filas Aplicado em Redes de Computadores - UFRGS - polígrafo da cadeira Redes de computadores N - INFO 1154

[ROC 95] Rochol, Juergen, Eficiência na utilização do meio em uma rede Ethernet - UFRGS - polígrafo elaborado pelo Prof. Juergen Roschol para a cadeira de Redes de computadores N - INFO1154

Teses de mestrado:

[CSI 97] Csizmar, Amy - Performance of a Cellular Digital Packet Data Network - - Northwestern University Evanston Illinois ,tese de Mestrado may, 97

Links consultados:

www.cs.brkeley.edu/ãdj/cs294-1.s98/CDPD

www.apcointl.org/bulletin/bull/november/november51.html

www.frost.com.newsletter/arechives/97-03/te5.htm

204.174.120.236/cdpd/BCTM

www2.wirelessdata.org/public/specifications

www.projetoderedes.kit.net

http://penta.ufrgs.br/tp951/america.html

http://www.wirelessdata.org/maps/index.asp. Formato PDF, 200 kbytes.

Email do autor: Cramalho@cpovo.net