

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE REDES DE**  
**COMUNICAÇÃO**

**TRANSMISSÃO DE DADOS SOBRE SISTEMAS DE**  
**COMUNICAÇÕES CRÍTICAS APCO 25**

**FELIPE FRAGOSO DE ALMEIDA**  
**LEANDRO DA CRUZ OLIVEIRA**

**ORIENTADOR: PLÍNIO RICARDO GANIME ALVES**

**DISSERTAÇÃO DE GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA DE REDES DE COMUNICAÇÃO**

**Brasília, DEZEMBRO/2003**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**TRANSMISSÃO DE DADOS SOBRE SISTEMAS DE  
COMUNICAÇÕES CRÍTICAS APCO 25**

**FELIPE FRAGOSO DE ALMEIDA  
LEANDRO DA CRUZ OLIVEIRA**

**DISSERTAÇÃO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA DE REDES DE COMUNICAÇÃO.**

**APROVADA POR:**

---

**PLINIO RICARDO GANIME ALVES, Doutor, UnB  
(ORIENTADOR)**

---

**Luis Fernando Ramos Molinaro, Doutor, UnB**

---

**Antônio José Martins Soares, Doutor, UnB**

BRASILIA, DF, 12 de dezembro de 2003.

ALMEIDA, FELIPE FRAGOSO DE

OLIVEIRA, LEANDRO DA CRUZ

Transmissão de Dados sobre sistemas de comunicações críticas  
APCO 25 [Distrito Federal], 2003

VIII, 96 p., 297 mm (ENE/FT/UnB, bacharel, Engenharia de redes de  
comunicação, 2003)

Dissertação de graduação – Universidade de Brasília, Faculdade de  
Tecnologia, Departamento de Engenharia de redes de comunicação.

APCO 25	Comutação de Pacotes
Comutação de Circuitos	Comunicações Críticas
I. ENE/FT/UnB	II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Almeida, Felipe Fragoso de; Oliveira, Leandro da Cruz. Transmissão de Dados sobre Sistemas de Comunicações Críticas APCO 25. Dissertação de graduação, Departamento de Engenharia de Redes de Comunicação, Universidade de Brasília, Brasília – DF.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Felipe Fragoso de Almeida, Leandro da Cruz Oliveira.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Transmissão de Dados sobre sistemas de comunicações críticas APCO 25

GRAU/ANO: Engenheiro/2003

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de graduação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Felipe Fragoso de Almeida  
SCES Trecho 2 Lote 2/41 Bloco B Apto 218  
CEP: 70200-002, Brasília - DF  
Tel. +55 61 81150523  
felipe@cdt.unb.br

---

Leandro da Cruz Oliveira  
SQN 409, Bloco F Apto 103  
CEP: 70856-060, Asa Norte, Brasília - DF  
Tel. +55 64 4113057  
modao@bol.com.br

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e em especial à Aryadne.

Felipe Fragoso de Almeida

Dedico este trabalho a minha mãe, que muito me ajuda e que me dá forças para seguir minha vida e a minha companheira Nívia que soube entender os momentos que nos foram suprimidos.

Leandro da Cruz Oliveira

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Professor Plínio pela dedicação, confiança e motivação despejada por ele durante o desenvolvimento de todas as atividades realizadas no Labtecc.

Os agradecimentos se estendem à Renata Janine, responsável pela aquisição da bibliografia estudada e esclarecimento de dúvidas.

## RESUMO

A transferência de dados sobre sistemas de comunicações críticas APCO 25 define indicadores e parâmetros para as aplicações que trabalhem sobre o sistema. O trabalho detalha os parâmetros da transmissão de dados sobre circuitos orientados a conexão e transmissões comutadas a pacotes sobre o sistema APCO 25.

## **ABSTRACT**

The data transmission over critical communication systems defines indicators and parameters for applications that need to run over the APCO 25 system. The text presented here deals with the parameters related to circuit switched services and packet switched services.

## ÍNDICE

1. Introdução	9
1.1 - O que é a APCO?	9
1.2 - APCO 16, Um padrão para as comunicações críticas	9
1.3 - PROJECT 25, Uma nova padronização	10
1.3.1 - Subsistema RF	12
1.3.2 - Interface aérea comum (CAI)	13
1.3.3 - Interface dos periféricos de dados	13
1.3.4 - Interface de Intersistema	13
1.3.5 - Interface de interconexão com a RTPC	14
1.3.6 - Interface de Gerenciamento da Rede	14
1.3.7 - Interface entre rede e “hosts”	14
1.4 Objetivo	14
1.5 Motivação da Equipe	14
2 - Serviços comutados a Circuitos	15
2.1 - Descrição geral	15
2.1.1 - Terminologia específica	15
2.2 – Descrição dos serviços comutados a circuitos	16
2.2.1 - Conexões entre rádios móveis sobre uma rede sem fio com controle	16
2.2.1.1 - Procedimentos de chamada	18
2.2.2 - Conexões entre rádios móveis sobre uma rede sem fio com controle através da repetidora	19
2.2.3 - Conexões entre rádios móveis passando por repetidoras sem controle	20
2.2.4 - Conexões entre rádios móveis sem repetidora	22
2.3 – Sinalização de controle	23
2.3.1- Configuração do gateway móvel (MRC - Mobile Radio Controller / MR - Mobile Radio)	23
2.3.2 - Modos de operação da Interface “A”	25
2.4 - Interface MDP/MRC	25
2.4.1 - Camada 1	25
2.4.2 - Camada 2 e superiores	27
2.4.2.1 - Sinalização de Controle	27

2.4.3 - Transferência das informações dos usuários	30
2.5 - MRC/RFG (Circuit Switched Data)	31
2.5.1 - Mapeamento camada 2	31
2.5.1.1 - Mensagens de Controle de Chamada	32
2.5.2 - Formato dos pacotes de dados na CAI	33
2.5.2.1 - Estrutura do bloco de cabeçalho	33
2.5.2.2 - Estrutura do bloco de dados	34
2.6 – Conteúdo do pacote ARP	42
2.7 – Interface Host (E)	43
2.7.1 - Camada 1	44
2.7.2 - Camada 2 e superiores	44
3 - Comutação de pacotes no PROJECT 25	45
3.1 – Descrição geral	45
3.2 – Terminologia específica	45
3.3 – Atributos	45
3.3.1 - Especificações dos atributos de transferência	45
3.3.2 - Atributos de acesso	46
3.3.3 - Atributos Gerais	46
3.4. Descrição das configurações de serviços comutação de pacotes	47
3.4.1 - Endereçamento IP	47
3.4.2 Comunicação entre móvel e rede fixa (modo FNE)	49
3.4.2.1 - Configurações dos Serviços	50
3.4.2.2 - Configuração do Host móvel	50
3.4.2.3 - Configuração do Gateway RF	51
3.4.2.4 - Transferência de dados	51
3.4.3 - Transmissão de dados de Móvel para móvel (modo repetidor)	52
3.4.3.1 - Configuração dos Serviços	53
3.4.3.2 - Transferência de dados	54
3.4.4 - Comunicação de móvel para móvel em modo direto	54
3.4.4.1 - Configuração dos serviços	55
3.4.4.2 - Transferência de dados	55
3.4.5 - Sinalização de controle	56
3.4.5.1 - Mensagens ICMP	57

3.4.5.2 - Mensagens RCP	59
3.4.6 - Interface - MDP/MRC	60
3.4.6.1 - Camada 1	60
3.4.6.2 - Camada 2	62
3.4.6.3 - Camada 3 e outras acima	62
3.4.6.4 - Transferência de informação	62
3.4.6.5 - Sinalização de controle	62
3.4.6.6 - Campos do Cabeçalho IP	63
3.4.6.7 - Campos do Cabeçalho UDP	63
3.4.6.8 - Mensagens RCP	64
3.4.7 - Interface Aérea (Um)	64
3.4.7.1 - Mapeamento da Camada 2	64
3.4.7.1.1 - Mapeamento de dados do FNE	66
3.4.7.2 - Mapeamento do modo Repetidor e do modo Direto de dados	67
3.4.7.1.3 - Mapeamento do datagrama IP	68
3.4.7.1.4 - Mapeamento do pacote ARP	69
3.4.7.1.4.1 - Mapeamento do ARP Request	69
3.4.7.1.4.2 - Mapeamento do ARP Reply	69
3.4.7.2 - Conteúdo do Pacote ARP	70
3.4.8 – Interface RFG/ES (Ed) – Comutação de pacotes de dados	72
3.4.8.1 – Camadas 1 e 2	72
3.4.8.2 – Camada 3 e acima	72
4. Estudo dirigido ao LABTECC: Laboratório de Aplicações de Tecnologias de Comunicações Críticas	73
5- Conclusão	75
Anexos	
6.1 – Fluxograma do ensaio	76
6.2 – Código fonte do Ensaio em C	77
6.3 – Interfaces Abertas	87

## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Conexões entre rádios móveis e um host fixo	17
Figura 2.2 - Conexões entre rádios móveis passando por repetidoras	21
Figura 2.3 - Conexões entre rádios móveis sem repetidora	22
Figura 2.4 - Conexão entre Móveis: conexão direta	24
Figura 2.5 - Fragmentação da Mensagem de dados em blocos	33
Figura 2.6 - Bloco de cabeçalho (Endereçamento não aprimorado)	35
Figura 2.7- Formato do Bloco de Dados com requisição de confirmação	37
Figura 2.8 - Formato do Bloco de Dados com requisição de confirmação com o “Serial Number”	38
Figura 2.9 - Formato do Pacote de Resposta	38
Figura 2.10 - Formato do bloco de cabeçalho (não confirmados)	39
Figura 2.11 - Formato do último bloco de dados	40
Figura 2.12 - Formato do cabeçalho (endereçamento aprimorado e sem confirmação)	41
Figura 2.13 - Formato do bloco de Cabeçalho (“enhanced” e com requisição de confirmação)	42
Figura 2.14 - Pilhas do Protocolo ARP e a Interface Aérea	42
Figura 2.15 - Conteúdo dos Pacotes ARP	43
Figura 2.16 - Conexão entre MRC e um host fixo	44
Figura 3.1 – Configuração de comunicação do tipo móvel–rede fixa (modo FNE)	48
Figura 3.2 – Protocolos envolvidos na configuração da comunicação do tipo móvel – rede fixa (modo FNE)	49
Figura 3.3 – Transmissão de dados de móvel para móvel, no modo de transmissão de dados	53
Figura 3.4 - Comunicação entre móvel e móvel no modo de dados direto	55
Figura 3.5 – Protocolos envolvidos na sinalização e na troca de informação entre o MRC e o MDP	57
Figura 6 – Interface MDP/MRC	59
Figura 3.7 – Formato do Cabeçalho do pacote IP	62
Figura 3.8 - Formato do Cabeçalho do pacote UDP	62
Figura 3.9 – Formato das unidades de serviço de dados do RCP.	63

Figura 3.10 – Formato do cabeçalho do frame CAI no endereçamento não Aprimorado	65
Figura 3.11 – Formato do cabeçalho do pacote RESPONSE	66
Figura 3.12 – Formato do cabeçalho no endereçamento aprimorado	67
Figura 3.13 – Formato do pacote RESPONSE	68
Figura 3.14 – Interface Um (Common Air Interface reference point)	71

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Conjuntos de mensagem de sinalização	26
Tabela 2.2 - Mensagens de Sinalização Opcionais	26
Tabela 2.3 - Comandos AT definidos pelos documentos TIA/EIA-602 e CDPD Part 1001	28
Tabela 2.4 - Extensões dos comandos AT definidos pela CDPD Part 1001	29
Tabela 2.5 - Registradores dos "Mobile Gateways	29
Tabela 2.6 - Mensagens de Controle de Chamadas	32
Tabela 2.7 - Mensagens de Dados FNE e parâmetros do Bloco de Cabeçalho	37
Tabela 3.1 – Especificações dos atributos de transferência.	46
Tabela 3.2 – Atributos de acesso	46
Tabela 3.3 – Atributos Gerais	47

## **Lista de Símbolos, Nomenclatura e Abreviações.**

A	mobile radio reference point
ARP	Address Resolution Protocol
ARQ	Automatic Retry Request ata packets
BA	Base Audio
BER	Bit Error Rate
BR	Base Radio, a reference designating a base station
BRC	Base Radio Controller
BSS	Base Station System
CAI	Common Air Interface
CCITT	Comité Consultatif International de Telegraphique et Telephonique
CDPD	Cellular Digital Packet Data
CTS	Clear to Send signal
DCE	Data Circuit Terminating Equipment
E	Ponto de referência do Sistema
FNE	Fixed Network Equipment
ICMP	Internet Control Message Protocol
IP	Internet Protocol
IPCP	Internet Protocol Control Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
LCP	Link Control Protocol
LLC	Logical Link Control, subcamada da camada de enlace do mod. OSI
MAC	Media Access Control, subcamada da camada de enlace do mod. OSI
MG	Mobile Gateway
MTU	Maximum Transfer Unit
MDP	Mobile Data Peripheral
MR	Mobile Radio
MRC	Mobile Radio Controller
OSI	Open System Interconnect reference model
PSTN	Public Switched Telephone Network
RCP	Radio Control Protocol
RF	Radio Frequency
RFC	Radio Frequency Control facilities

RFG	Radio Frequency Gateway facilities
RFR	Ready For Receive
RFS	Radio Frequency Switching facilities
RFG	Radio Frequency Gateway
RTPC	Rede de Telefonia Pública Comutada
SAP	Service Access Point identifier, um endereço para um serviço que utiliza dados
SDUs	Service Data Units
SLIP	Serial Link Internet Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TIA/EIA-602	Protocolo de controle e discagem automática para conexões seriais assíncronas
UDP	User Datagram Protocol
Um	Common Air Interface: Ponto de referência
X-on /X-off	Método de controle de fluxo

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 - O QUE É A APCO?**

A APCO (Association of Public Safety Communications Officials-International) é a maior e mais antiga organização profissional sem fins lucrativos dedicado as comunicações de segurança pública.

Com mais de 16.000 membros no mundo, a APCO International foi criada para gerenciar, operar, manter e fornecer os sistemas de comunicações usados para proteger as vidas e propriedades dos cidadãos em toda parte.

## **1.2 - APCO 16, UM PADRÃO PARA AS COMUNICAÇÕES CRÍTICAS.**

O FCC reservou, em 1974, 30MHz na faixa de 800/900 MHz, para todos os rádios móveis terrestres, incluindo segurança pública. Duzentos dos novos canais foram reservados para sistemas trunking. Até então, não havia um padrão para os rádios troncalizados de segurança pública. Assim, em fevereiro de 1977, a APCO começou o Project 16 com financiamento de uma doação da Law Enforcement Assistance Administration (LEAA).

O Project 16 construiu-se em cima de um padrão já existente para sistemas comerciais e sistemas SMR (Shared Mobile Radio). O comitê adicionou características especificamente para a indústria da segurança pública, sendo tal esforço completado em 1979. O Project 16 (também conhecido como APCO 16) especificou as exigências funcionais do sistema, mas não cobriu o caso da interoperabilidade ou da migração dos sistemas existentes.

A Motorola foi a primeira empresa a introduzir um sistema complacente ao APCO 16, introduzindo em 1984 o sistema trunking chamado SMARTNETTM. Foram três anos até um que um outro fabricante introduziu também a solução APCO 16. Dez anos mais tarde, outros fabricantes como a Ericsson/GE, E.F. Johnson e Coded Communications, implementaram o APCO 16. À medida que estes novos fabricantes colocavam seus produtos no mercado, surgia um problema: cada sistema era proprietário e poderia não trabalhar com sistemas de outros fabricantes.

Isto significou que os clientes que compraram um sistema de um determinado fabricante, não se comunicavam com os sistemas de outros fabricantes e tiveram

que adquirir todo o equipamento futuro da mesma fonte. Uma vez que essa seleção inicial do vendedor foi feita, os clientes não tiveram nenhuma outra opção.

Para consertar este problema, uma organização chamada OARPS (Open Architecture Rádios for Public Safety) tentou padronizar os sistemas rádios troncalizados analógicos em meados de 1980. Entretanto, depois de muito se debater, foi concluído que era muito tarde para se realizar uma padronização dos sistemas analógicos. Assim sendo, o comitê de direção começou a dar foco no Project 25.

### **1.3 - PROJECT 25, UMA NOVA PADRONIZAÇÃO**

Sabe-se que os sistemas sem fio (Wireless) foram projetados para trabalharem bem quando usados para operar com o mesmo fabricante.

Por isso, o Project 25, também desenvolvido pela APCO, surgiu de format a especificar uma Common Air Interface (CAI) que permite a interoperabilidade entre sistemas diferentes. Assim, foi possível a partir deste momento, a interação entre os diversos tipos de aparelhos voltados para comunicações, sejam estes de qualquer fabricante.

Os quatro objetivos chaves que levaram o Comitê de Direção ao desenvolvimento do Project 25 foram:

- Obter a máxima eficiência no espectro de rádio-freqüência;
- Garantir competição durante o tempo de vida do sistema;
- Permitir comunicações efetiva, eficiente e confiável intra-agência e inter-agência;
- Prover equipamentos de fácil utilização.

Qualquer solução que segue o padrão Project 25 encontrará os seguintes objetivos e fornecerá os seguintes benefícios:

- Uso eficiente de seu valioso espectro de freqüência de rádio para suportar maior número de chamadas e usuários sem ter que adquirir mais freqüências.

- Liberdade para escolher o fabricante e solução para minimizar custos e maximizar opções favoritas.
- Capacidade para fazer a interoperabilidade com outros sistemas que usam o Project 25 para uma comunicação mais fácil entre grupos diferentes de sua agência, e com outras agências (locais, estaduais e federais).
- Facilidade em usar, custo mínimo com treinamento e rápida aprendizagem, onde os usuários podem tirar vantagens de todas as características do sistema, melhorando sua produtividade.

A tecnologia que segue o P25 (*Project 25*) está sendo desdobrada em diferentes fases, baseado no trabalho da TIA *Engineering Committee* e pelas últimas publicações feitas pela mesma associação.

A fase I, que está sendo utilizada comercialmente, mostra especificações de serviço de padronização e facilidades, assegurando que rádios de qualquer fabricante tenha acesso aos serviços descritos em tais especificações. Além disso, provê capacidade de compatibilidade com sistemas antigos e interoperabilidade com outros sistemas, através de sistemas de fronteiras, sem levar em consideração a infra-estrutura do sistema.

A implementação da Fase II envolve esquemas de modulação no tempo e na frequência (por exemplo, TDMA e FDMA), com o objetivo de um melhor aproveitamento do espectro. Uma atenção significativa é dada à interoperabilidade com equipamentos legados, fazendo a interface entre repetidores e outros subsistemas, capacidade de roaming e eficiência de espectro ou reuso do canal. Além disso, o trabalho da Fase II envolve uma interface de consoles entre repetidores e outros subsistemas e uma interface homem-máquina para operadores das consoles que facilitaria o treinamento centralizado, transição de equipamentos e movimentação de funcionários.

Reconhecendo a necessidade de uma alta velocidade de dados para que se use na segurança pública, como manifestado pelo PSWAC (Public Safety Wireless Advisory Committee), o comitê do padrão P25 construiu o Comitê P25/34 para discutir a implementação da Fase III. As atividades da Fase III serão direcionadas a operação e funcionalidade de novos padrões para os rádios digitais de segurança pública de banda larga voltados à aeronáutica e rádios terrestres sem fio que

poderiam ser usados para transmissão e recepção de voz, vídeo e dados em alta velocidade em qualquer lugar, grandes áreas, redes de múltiplas agências. Devido à necessidade comum, a ETSI (European Telecommunication Standards Institute) e a TTA fecharam um acordo onde elas trabalharão juntas para a produção da próxima geração de especificações de móveis que utilizam banda larga para os usuários da segurança pública. Hoje, esta colaboração é conhecida como Project MESA (Mobility for Emergency and Safety Applications).

Dessa forma, o APCO Project 25 introduz ao mercado uma nova definição de sistema de rádio. Este projeto propõe definições específicas para interfaces de sistemas críticos que permitirá a compatibilidade de hardware e software de diferentes fabricantes, devido ao fato do mesmo possuir várias interfaces de comunicação abertas.

Tal sistema é composto de vários subconjuntos, sendo estes: Subsistema RF, Interface Comum Aérea, Interface dos Periféricos de dados, Interface de Intersistema, Interface de Interconexão com RTPC (Rede de Telefonia Pública Comutada), Interface de Gerenciamento da Rede e Interfaces entre a Rede e "Hosts". As interfaces acima especificadas serão detalhadas a seguir.

### **1.3.1 - Subsistema RF**

O Subsistema RF é composto por uma infra-estrutura limitada por cinco interfaces abertas do APCO Project 25 e um serviço de interfaces de rede padronizado pelo mesmo. Tal sistema deve suportar a Interface Comum Aérea (CAI) e deve conter todos os controles lógicos necessários para suportar o processo de chamada e as interfaces abertas do sistema. Tais interfaces podem ser observadas na Figura 1.1.

Deve-se salientar, que o gateway deste sistema deve converter os protocolos usados em camadas mais baixas de uma rede para um protocolo específico, tais como SNA ou X.25 em IP e Ethernet. Tal padronização permite que os dispositivos consigam se interconectar à rede.

### **1.3.2 - Interface Aérea Comum (CAI)**

Esta interface é utilizada para estabelecer a comunicação entre os equipamentos móveis e portáteis que devem estar de acordo com as especificações da APCO Project 25. Deve ser ressaltado ainda que os fabricantes do Subsistema RF devem colocar nos seus dispositivos meios para que ocorram inclusões de novas especificações.

Aparentemente, não ocorrerá nenhuma mudança nas especificações técnicas dos equipamentos baseados nos sistemas do APCO Project 25, que são conhecidos como convencional e “trunking”. A única diferença entre o sistema convencional e “trunking” será no suporte de determinadas características e no método de acesso e não nos equipamentos do móvel ou portátil.

### **1.3.3 - Interface dos Periféricos de Dados**

Tanto o móvel quanto o portátil devem possuir portas para conexão em laptops, terminais ou unidades periféricas, no intuito de se poderem realizar configurações nos mesmos. É requerido também que os protocolos do móvel e do portátil sejam suportados por esta interface de dados e tenha transparência em relação aos protocolos X.25, SNA ou TCP/IP que são os protocolos utilizados pelo APCO Project 25. Maiores detalhes sobre estes protocolos são encontrados em documentações específicas.

### **1.3.4 - Interface de Intersistema**

Tal interface permite que o Subsistema RF possa se interconectar com as redes de comunicação. Além disso, essa interface deve permitir uma interoperabilidade entre os sistemas de comunicação de diferentes tecnologias, tais com o FDMA, micro-célula e TDMA, e também entre diferentes fabricantes e bandas de RF diferentes.

Outro ponto a ser enfatizado é que tanto o portátil quanto o móvel devem realizar “roaming” entre os sistemas que seguirem como padrão de comunicação aérea digital o APCO Project 25.

### **1.3.5 - Interface de interconexão com a RTPC**

Aqui, tem-se que todo Subsistema RF deve suportar a conexão com a Rede Telefônica Pública Comutada. Deve haver suporte tanto para o sistema analógico como para a interface RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados).

### **1.3.6 - Interface de Gerenciamento da Rede**

O APCO Project 25 adota um gerenciamento uniforme da rede para os Subsistemas RF. Tal interface deve permitir que ocorra o gerenciamento dos Subsistemas RF frente aos equipamentos disponíveis de gerência atuais.

### **1.3.7 - Interface entre Rede e “Hosts”**

Esta talvez seja a mais complexa das interfaces, pois esta indica as regras a serem seguidas na conexão dos computadores utilizados à rede. Diferentes tipos de conectividade de dados são citados no APCO Project 25. As especificações de conectividade indicam que nesta interface deve estar inclusa uma forma de conectar os “hosts” com a rede de forma que os mesmos possam suportar as tecnologias já existentes. Esta interface será o alvo de discussão neste trabalho.

## **1.4 Objetivo**

Avaliar o dimensionamento do Padrão APCO 25 e verificar a relação dos equipamentos testados com requisitos determinados pela padronização do projeto 25, além de averiguar a implementação de aplicações que necessitem de transferência de dados sobre a rede RF do sistema.

## **1.5 Motivação da Equipe**

Aprender a trabalhar com sistemas de rádios digitais e verificar as principais vantagens sobre os sistemas analógicos. Os sistemas digitais oferecem um leque de aplicações limitado apenas pela as taxas de transmissão do sistema, estudar o relacionamento dessas aplicações com essas taxas são os focos de estudo.

## **2 - SERVIÇOS COMUTADOS A CIRCUITO**

### **2.1 - DESCRIÇÃO GERAL**

Este serviço permite que dois terminais troquem informação (dados) em uma conexão ponto a ponto. O tipo de rádio na qual esses terminais estão conectados não deve interferir na comunicação, tornando a conexão sobre o sistema APCO 25 flexível a rádios móveis ou portáteis.

O ponto de acesso dos equipamentos (“hosts”, terminais finais) à rede suporta fluxo de informação assíncrona. Essa informação é transportada de uma maneira não transparente. Em certos pontos do sistema por onde a conexão ponto a ponto se estabelece, os dados transferidos são repassados para a camada 2 onde ocorre um controle de sinal estabelecido por essa camada (RFR: “ready for receive”; CTS: “clear to send signal”) ou um controle de caracteres. A correção e detecção de erros (e opcionalmente criptografia) são efetuadas na interface aérea dos rádios.

As informações de controle e sinalização são acomodadas sobre a mesma interface e canal que as informações de conteúdo. Isto é classificado como transmissão “in-band”.

#### **2.1.1 - Terminologia Específica**

Os pontos de acesso à rede sem fio (sistema de comunicação móvel via rádio padrão APCO 25) estão onde os pontos finais do sistema se conectam a rede. O serviço de transmissão de dados pode ser estabelecido tanto entre hosts móveis, como entre equipamentos móveis e fixos, onde os equipamentos fixos são comumente conectados ao sistema através um gateway com interface para rede de telefonia pública comutada.

A transparência no transporte de dados implica que os pacotes de dados entreguem a rede não são modificados intencionalmente durante a transmissão. Em um caso ideal, tem-se que os pacotes entregados pela origem à rede serão idênticos aos pacotes recebidos pelo destinatário, com apenas um atraso de propagação. Mas na realidade, existe uma situação onde o sistema possui uma BER (“Bit Error Rate”). Os erros não são desejados e o sistema possui mecanismo de correção:

dimensionado para trabalhar de forma não transparente. Os sistemas transparentes não garantem a identidade dos dados recebidos com os dados enviados.

## **2.2 - DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS COMUTADOS A CIRCUITOS**

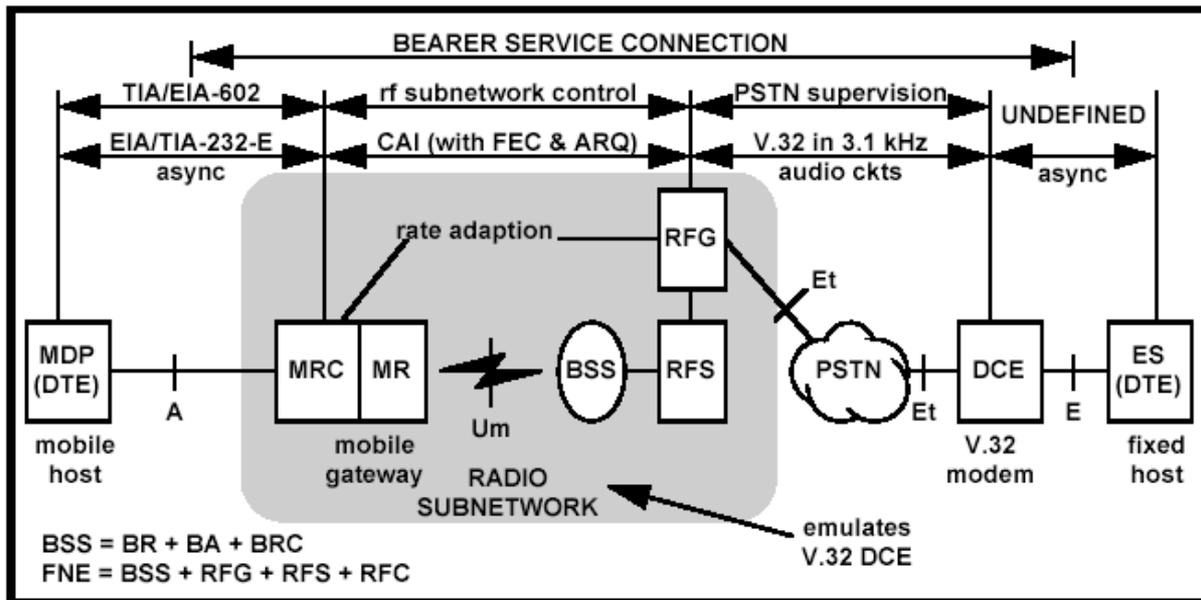
**i) Conexões entre rádio móvel e uma rede fixa sobre uma rede sem fio com controle:** a conexão é estabelecida entre um rádio móvel e outro equipamento (esse ponto da conexão pode ser um equipamento ligado a um dispositivo móvel ou fixo). Para esse tipo de conexão o sistema possui controle extensivo de erro, fluxo, comutação e disponibilidade de serviços através de um gateway.

**ii) Conexões entre rádios móveis passando por repetidoras sem controle:** este é o caso onde todo e qualquer rádio móvel pode originar fluxo de dados (esses dados podem ser tanto de equipamentos ligados aos rádios, como dados originados pelo próprio rádio). Nesse tipo de conexão, a rede APCO 25 se compromete apenas com a repetição do sinal e possui funções de controles mínimas.

**iii) Conexões entre rádios móveis sem repetidora:** é uma conexão ponto a ponto entre rádios móveis do sistema sem a interferência de nenhum outro equipamento que ofereça controle de erro, repetição do sinal ou controle de fluxo. Todos os parâmetros da conexão são determinados e estabelecidos pelos próprios rádios que são os únicos equipamentos com interface aérea da conexão.

### **2.2.1 - Conexões entre rádio móvel e uma rede fixa sobre uma rede sem fio com controle**

Para ilustrar o detalhamento desse modelo, a figura 2.1 mostra genericamente os equipamentos envolvidos no estabelecimento das conexões entre rádio móvel e a uma rede fixa FNE (Fixed Network Equipment) sobre uma rede sem fio com controle.



**Figura 2.1 - Conexões entre rádios móveis e um host fixo.**

Tal figura mostra os parâmetros (protocolos dos respectivos enlaces, dispositivos, documentos de especificação para partes específicas, etc) de uma conexão que se estabelece entre um “host” conectado a um rádio móvel e outro “host” fixo, tendo essa conexão um dos pontos de acesso ligados através da rede de telefonia pública comutada. A RTPC é integrada ao sistema através do RFG (“Radio Frequency Gateway”).

Os pontos de acesso à rede são os pontos “A” e “E” da figura. O protocolo utilizado no ponto “E” não é restrito e nem definido pelo padrão APCO 25. A única restrição é que ele deve ser comprometido com o sistema para transmissões assíncronas.

O rádio móvel é a interface entre o dispositivo que utiliza o serviço de rede e a rede de rádio que oferece o serviço. Essa conexão se estende pela rede de rádio até o “gateway”. O “gateway” é um equipamento de rede que trabalha com a função de integrar arquiteturas de redes diferentes. Um bom exemplo é a conexão entre redes comutadas a pacotes (as redes locais com tecnologia “Ethernet”) e redes comutadas a circuitos (redes ATM: “assynchronous transfer mode”). A função do “gateway” RFG (Radio Frequency Gateway) nos sistemas APCO 25 é de integrar a rede móvel com as redes de comunicação que utilizam outras tecnologias, tais como a rede do tipo “ethernet” e a rede de telefonia pública comutada (RTPC).

O link sem fio dessa conexão se estabelece entre o rádio móvel (os rádios fixos também podem fazer a função de interface entre o dispositivo e a rede sem fio) e uma das estações base (repetidoras do sistema “wireless”), podendo também envolver mais de uma estação base no processo de repetição do sinal até a estação radio base onde o “gateway” esteja conectado. Os equipamentos envolvidos no estabelecimento desse link trabalham oferecendo serviços de controle de erro, comutação de rotas entre as repetidoras envolvidas e funções de interconexão providas pelo “gateway”. É nele que a transação dos dados da rede sem fio para a rede de telefonia pública comutada ocorre.

É através do “gateway” que “hosts” externos podem alcançar dispositivos ligados aos rádios (móveis ou fixos). Isso oferece ao sistema a capacidade de se integralizar a sistemas externos através de modems, como por exemplo, Internet.

#### **2.2.1.1 - Procedimentos de chamada**

As chamadas ou conexões comutadas a circuitos possuem três fases distintas em termos de procedimentos, mas dependentes para sua correta função: a primeira é o estabelecimento da conexão; a segunda fase é a fase de transferência da informação e a última em oposição a primeira é a fase de término da conexão.

A fase de estabelecimento é iniciada pelo periférico ligado diretamente ao rádio através de um comando de discagem repassado ao rádio, nesse caso tratado como a interface do periférico com a rede sem fio. Essa mensagem possui o número de endereço do “host” de destino. Assim que recebida essa mensagem vinda o periférico, o rádio repassa a mensagem para o “gateway”. O “gateway” em conjunto com os equipamentos que controlam a comutação de circuitos no sistema (o RFS - Radio Frequency Switching Facilities e o RFC - Radio Frequency Control Facilities) ficam responsáveis por levantar o link com a rede externa, no caso da figura 2.1, a rede de telefonia pública comutada. Com a fase de estabelecimento em andamento, esses dispositivos informam qualquer situação anormal (tronco ocupado, destinatário ocupado, destinatário não responde, etc) ao equipamento que requisitou a conexão.

Assim que o “gateway” detecta o sinal da portadora, ele informa ao MDP (Mobile Data Peripheral) que requisitou a conexão através de uma mensagem de

indicação de conexão. A partir desse ponto ocorre o término da fase de estabelecimento e se inicia a fase de transferência de informação.

As mesmas requisições feitas pelo periférico conectado ao rádio móvel devem ser feitas com a mesma formalidade para que a conexão também possa ser iniciada por um “host” fixo ligado ao sistema através de uma rede externa. Neste caso, o “host” fixo inicia a fase de estabelecimento com uma mensagem que informa o endereço do destinatário na rede sem fio. Essa mensagem é entregue pelo “gateway” ao RFS (o equipamento que controla as rotas dos circuitos), que localiza e manda uma requisição de conexão ao rádio móvel (tratado também como “gateway” móvel), repassando tal requisição ao periférico (MDP). O MDP, após a detecção da mensagem, repassa ao rádio móvel os parâmetros de configuração, que, logo após, são enviados para os equipamentos de controle de rota e integração (RFS e RFG). O RFS encaminha para o RFG os parâmetros que definem a resposta dada pelo MDP ao “host” que requisitou a conexão, no formato de “auto-answer”. A partir do recebimento dessa mensagem, o modem do dispositivo ou máquina que requisitou a conexão coloca em linha a portadora que estabelece o início da fase de sincronismo com o modem do RFG e assim, o início da fase de transferência da informação.

Após o início da transferência de informação, a conexão se torna “full duplex” e sem restrições a tipos de dados transferidos, a não ser no caso de interrupção da conexão ou métodos de controle de fluxo definidos por ambos os dispositivos durante a fase 1 (estabelecimento da conexão).

A conexão permanece na fase (2) de conexão até que um dos envolvidos na conexão ponto a ponto requisite o final da conexão. Esse pedido pode ser feito a qualquer momento sem nenhuma restrição. O controle de fluxo utilizado ou é X-on\X-off ou CTS\RFR para sinais de modems. Vale ressaltar que o X-on\X-off apresenta problemas com a transparência de arquivos binários.

### **2.2.2 - Conexões entre rádios móveis sobre uma rede sem fio com controle através da repetidora**

O sistema suporta conexões entre duas interfaces móveis, como por exemplo, dois rádios móveis. Isso garante que a comunicação entre dois periféricos conectados a esses rádios móveis possa ser estabelecida.

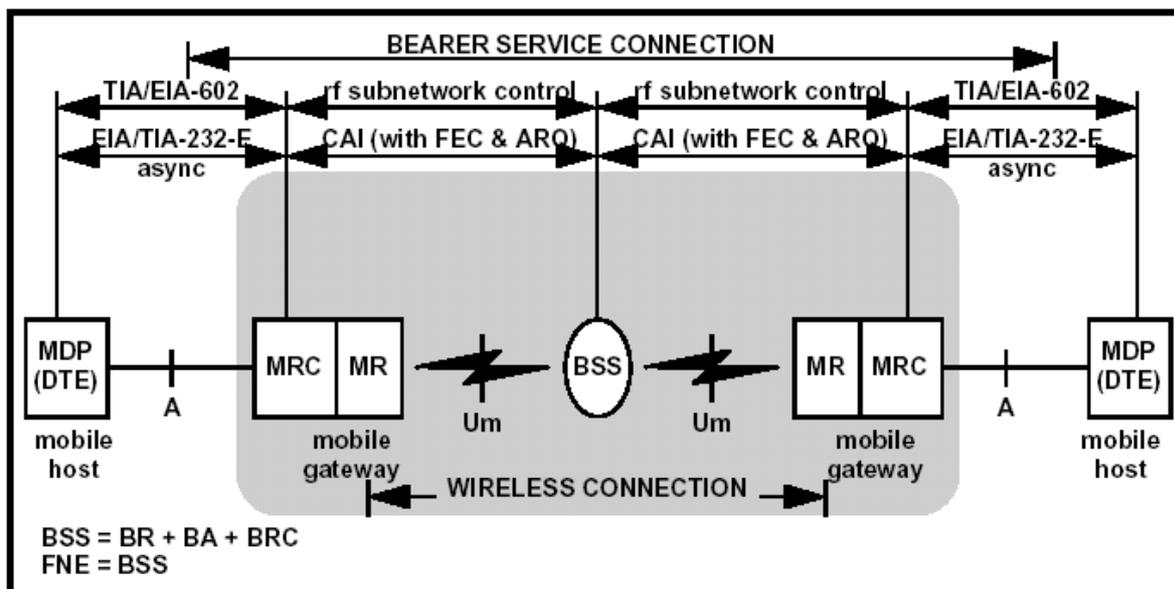
O tráfego de dados originado em um dos MDP ligados a um rádio é repassado através da rede de rádio para uma estação rádio base. Essa estação consulta RFS que reconhece o endereço de destino, localiza o rádio destinatário e estabelece uma rota de chegada até o destino pela rede sem fio. A diferença entre esse tipo de conexão e a mostrada na figura 2.1, é que como os dois pontos envolvidos na conexão estão dentro da rede de rádio, os equipamentos que possuem a sua função ligada diretamente à rede de telefonia pública comutada não operam. Isso garante, por exemplo, que os procedimentos de chamada para esse tipo de conexão sejam idênticos aos descritos anteriormente, ao menos sem a interligação com os dispositivos envolvidos com a RTPC.

Para distinguir os usuários (dispositivos, hosts, MDP) conectados diretamente ao sistema daqueles que possuem como interface o sistema da rede de telefonia pública comutada, o número de identificação é formatado de forma simples para auxiliar na localização. Os equipamentos ligados diretamente à rede de rádio possuem o número de diretório (número de identificação) sem nenhum caractere especial. Já os que estão interligados através do RFG (através da RTPC) possuem o caractere “#” antecedendo (prefixo) o número de identificação.

Quando um rádio requisita uma conexão, ele o faz através do “alias” do destinatário. Para que a localização do rádio possa ocorrer, um equipamento fixo de rede específico resolve o “alias” do destinatário e devolve o endereço camada 2 da interface aérea comum do dispositivo na qual ele está conectado.

### **2.2.3 - Conexões entre rádios móveis passando por repetidoras sem controle**

A figura 2.2 detalha uma conexão entre rádios móveis através de uma rede APCO 25 que se compromete apenas com a repetição do sinal e possui funções de controles mínimas.



**Figura 2.2 - Conexões entre rádios móveis passando por repetidoras**

O tráfego de dados vindo dos MDPs é repassado para o “gateway” móvel (o rádio móvel que é a interface entre o MDP e a rede sem fio) ao qual esse MDP está diretamente conectado. O “gateway” móvel repassa a “stream” de dados para um equipamento fixo de rede, neste caso, uma repetidora.

A repetidora recebe os pacotes, decodifica, filtra, modifica a informação do cabeçalho referente à interface aérea comum do destinatário, faz uma recodificação dos dados, e então, transmite a informação através do canal de saída específico.

A partir do ponto de vista do usuário, o procedimento de chamada para esse tipo de conexão é idêntico àquele usado em conexões entre rádios móveis sobre uma rede sem fio com controle. O “host” que requisita a conexão pode utilizar tanto o “alias” do destinatário, como o número de identificação (número de diretório) do destinatário na RTPC com o prefixo “#”.

Para esse tipo de conexão, a rede não oferece nenhuma função de protocolos. Com isso, para que o “alias” do destinatário possa ser resolvido, o “gateway” móvel (rádio móvel) ligado ao dispositivo (MDP) de origem da chamada deve utilizar o ARP (Address Resolution Protocol), que é uma adaptação do ARP das redes ethernet para as redes sem fio.

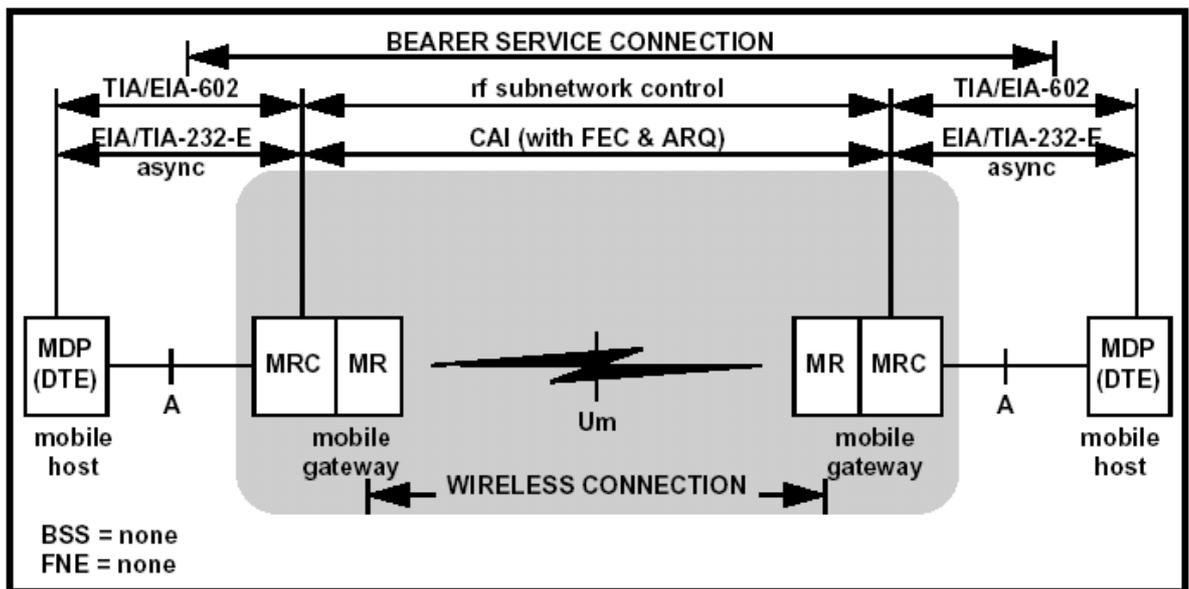
Neste caso, o protocolo envia uma mensagem de “broadcast” a toda a rede com o “alias” do destinatário. A partir do momento que os rádios receberem essa

mensagem, somente o rádio proprietário daquele “alias” responderá enviando de volta o endereço camada 2 de sua interface aérea comum (CAI). Após recebida essa resposta, o rádio armazenará em uma tabela as informações relacionando o “alias” àquele endereço, evitando uma nova requisição ARP com apenas uma checagem na tabela interna criada.

## 2.2.4 - Conexões entre rádios móveis sem repetidora

Neste tipo de conexão, a repetidora não existe e a conexão é estabelecida diretamente entre os rádios móveis. O ponto de acesso à rede continuam sendo o “gateway” móvel.

Os dados são enviados de um “gateway” móvel (rádio móvel) para outro “gateway” móvel sem a utilização da rede de rádio móvel. A figura 2.3 permite visualizar esse esquema de conexão:



**Figura 2.3 - Conexões entre rádios móveis sem repetidora**

Do ponto de vista do usuário, o procedimento de chamada para esse tipo de conexão é idêntico àquele usado em conexões entre rádios móveis sobre uma rede sem fio com controle. O “host” que requisita a conexão pode utilizar tanto o “alias” do

destinatário, como o número de identificação (número de diretório) do destinatário na RTPC com o prefixo “#”.

A resolução dos “alias” dos rádios nesse esquema de transmissão é idêntica ao sistema de conexões entre rádios móveis passando por repetidoras. Para que o “alias” do destinatário possa ser resolvido, o “gateway” móvel (rádio móvel) ligado ao dispositivo (MDP) de origem da chamada deve utilizar ARP (Address Resolution Protocol). O protocolo envia uma mensagem de broadcast a toda a rede com o “alias” do destinatário. A partir do momento que os rádios receberem essa mensagem, somente o rádio proprietário daquele “alias” responderá enviando de volta o endereço camada 2 de sua interface aérea comum (CAI). Após recebida essa resposta, o rádio armazenará em uma tabela as informações relacionando o “alias” àquele endereço, evitando uma nova requisição ARP com apenas uma checagem na tabela interna.

## **2.3 - SINALIZAÇÃO DE CONTROLE**

A sinalização de controle tem como objetivo configurar três parâmetros para que a conexão possa ser estabelecida em qualquer um dos sistemas citados acima: estabelecer a configuração do “gateway” móvel (MRC - Mobile Radio Controller / MR - Mobile Radio) para habilitar a compatibilidade da comunicação entre o periférico (mobile host) e o rádio móvel (mobile gateway); realizar a configuração na fase de estabelecimento e de término da chamada e, ainda, requisitar informações do “mobile gateway” que relatem a sua configuração, seu estado e informações estatísticas coletadas por ele próprio.

### **2.3.1- Configuração do gateway móvel (MRC - Mobile Radio Controller / MR - Mobile Radio)**

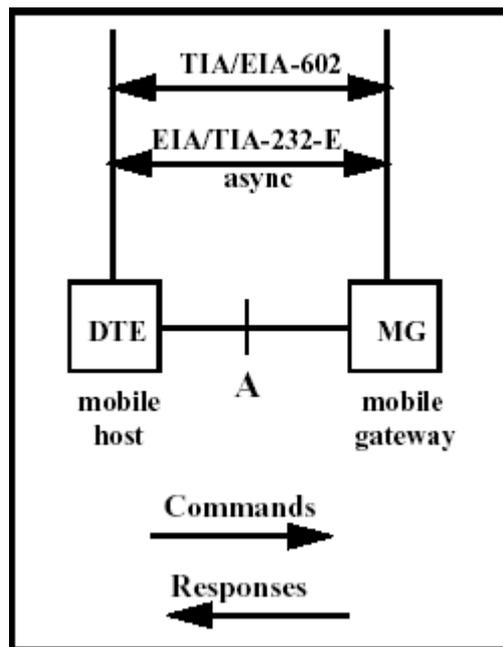
O rádio móvel, do ponto de vista do periférico como “gateway” móvel, possui um conjunto de parâmetros de configurações na qual controlam a sua funcionalidade e conseqüentemente o seu modelo de operação. Cada “gateway” móvel sai de fábrica com um conjunto de operações definidas.

Antes que uma conexão possa ser estabelecida, é necessário checar a configuração e compará-la com a necessária. Caso seja necessário, a alteração dos

parâmetros de fábrica deve ser feita por uma aplicação residente no “host mobile” (MDP). A TIA/EIA-602 define o padrão que deve ser utilizado para o conjunto de comandos utilizados para a checagem e alteração da configuração.

A figura 2.4 mostra o protocolo de configuração para a interface “A”, que é uma interface que liga o MDP ou “host” móvel ao “gateway” móvel (rádio móvel). O “gateway” móvel reconhece o conjunto de comandos especificados pela TIA/EIA-602 em qualquer uma das taxas de configurações de paridades pré-determinadas e envia uma resposta indicando o recebimento e reconhecimento do conteúdo da mensagem.

O “gateway” móvel possui um limite de memória de “buffer”, onde o estouro do mesmo pode ocasionar o descarte de mensagem sem notificação. Se o controle de fluxo de dados estiver desativado, o MDP pode gerar tráfego de informação superior à capacidade de “buffer” do equipamento e ocorrer o descarte.



**Figura 2.4 - Conexão entre Móveis: conexão direta.**

### **2.3.2 - Modos de operação da Interface “A”**

Três modos de comunicação são definidos para descrever os estados da ligação entre o “host mobile” (MDP) e “gateway mobile” (rádio móvel), que são: “command mode”, “online data mode”, “online command mode”. A TIA/EIA-602 e CDPD part 1001 Serial AT são os documentos que definem o formato das mensagens de comando de configuração e os modos de comunicação entre o “host mobile” e o “gateway mobile”.

O modo de comando (“command mode”) permanece em “standby” durante o tempo em que o canal está desocupado (não ativo). Neste estado, o rádio que opera (“gateway móvel”), recebe e absorve todas as mensagens vindas do “host” móvel. A interpretação dessas mensagens é tida como mensagem de configuração ou mensagem de estabelecimento de chamada. A resposta que confirma o recebimento da mensagem é enviada ao “host” móvel (MDP).

A entrada no modo dados “online” (“online data mode”) se dá com o término do “command mode”. Neste ponto, toda a informação recebida pelo “gateway” móvel é encaminhada para o outro “host” móvel envolvido na conexão ponto a ponto. Nenhuma tentativa de interpretação da mensagem é feita pelo “gateway” móvel. É neste estado, “online data mode”, que a conexão “host” para “host” (ponto-a-ponto) se efetua.

A partir do “online data mode”, o “host” pode fazer uma transição para “online command mode”, onde o “host” pode alterar a configuração da conexão existente ou mesmo requisitar o término da conexão e o retorno para o “command mode”. Assim, o “gateway” móvel volta a ficar em estado de “standby”.

## **2.4 - INTERFACE MDP/MRC**

### **2.4.1 - Camada 1**

A interface “A” utiliza, na camada física (camada 1 do modelo OSI), sinais para a interface de dados DTE/DCE definidos pela EIA/TIA-232-E e CCITT V.24. Tais sinais podem ser verificados nas tabelas 2.1 e 2.2:

**Tabela 2.1 - Conjuntos de mensagem de sinalização.**

<u>V.24</u>	<u>EIA/TIA-232-E</u>	<u>Description</u>	<u>Direction</u>
102	AB	Common	Both
103	BA	Transmitted Data (TD)	DCE Input
104	BB	Received Data (RD)	DCE Output
107	CC	Data Set Ready (DSR)	DCE Output
133	CJ	Ready for Receiving (RFR)	DCE Input
106	DB	Clear to Send (CTS)	DCE Output

**Tabela 2.2 - Mensagens de Sinalização Opcionais.**

<u>V.24</u>	<u>EIA/TIA-232-E</u>	<u>Description</u>	<u>Direction</u>
108	CD	Data Terminal Ready (DTR)	DCE Input
113	DA	Transmit Data Clock (TDC)	DCE Input
115	DD	Receive Data Clock (RDC)	DCE Output

As funcionalidades dessas mensagens estão descritas brevemente abaixo:

**i) Common:** este circuito estabelece o ponto de referência de terra comum a todos os circuitos.

**ii) CTS:** os sinais nesse circuito são gerados pelo DCE para indicar que quando o DCE está preparado para transmitir ou não dados. Esta saída do DCE é utilizada para controlar o DTE. Quando ligado, ele indica para o DTE que é possível transmitir para o DCE, quando desligado, ele indica para o DTE que não é possível enviar dados ao DCE.

**iii) Transmitted Data:** os dados que passam por esse circuito saem do DTE e são transferidos para o DCE local para transmissão. O DCE envia esses dados para o DCE remoto (destinatário), ou caso não sejam dados para transmissão, eles são dados encaminhados com o intuito de dar manutenção ou controlar o DCE local.

**iv) Received Data:** sinais nesse circuito são gerados pelo DCE local em resposta aos sinais de dados recebidos do DCE remoto, ou pelo local DCE para manutenção ou controle.

v) **DSR**: sinais nesse circuito são usados para indicar quando o DCE está pronto para operar. O sinal é gerado por componentes de hardware e geralmente não pode ser controlado por software.

vi) **RFR**: sinais nesse circuito controlam a transferência de dados no circuito de recepção de dados, indicando quando o DTE está pronto para receber dados. Essa entrada do DCE é utilizada pelo DTE para controlar o DCE. Quando ligado, ele indica para o DCE que é possível transmitir para o DTE, quando desligado, ele indica para o DCE que não é possível enviar dados ao DTE.

vii) **DTR**: sinais nesse circuito são usados para indicar quando o DTE está pronto para operar.

viii) **TDC**: sinais nesse circuito são usados para informar o DCE a respeito do elemento de informação de tempo.

iv) **RDC**: sinais nesse circuito são usados para informar o DTE a respeito do elemento de informação de tempo.

## 2.4.2 - Camada 2 e superiores

### 2.4.2.1 - Sinalização de Controle

As informações de controle que são enviadas ou transferidas nesta interface são tratadas de forma assíncrona utilizando protocolo “stop/start” orientado por caractere. A linguagem utilizada é a definida pela TIA/EIA-602 (“AT Command Set”). O processo de configuração da interface “A” descrito acima precisa definir parâmetros para o protocolo “stop/start”. Isto inclui o número de bits por caractere, o número de bits dos “stop” e “start”, e ainda, o qual o tipo de paridade suportada.

Na tabela 2.3 estão os principais comandos AT definidos pelos documentos TIA/EIA-602 e CDPD Part 1001.

Estes comandos são enviados do “mobile host” para o “mobile gateway” para inicializar as ações do “gateway”.

Na tabela 2.4, as extensões dos comandos AT definidos pela CDPD Part 1001 são mostradas. Cada “gateway” móvel administra e mantém números de registradores que também controlam a sua configuração atual. Os registradores numerados acima de S7 são definidos a partir da especificação CDPD. O que ocorre é que o DTE pode mudar estes registradores e, assim, mudar a configuração

corrente da sessão estabelecida entre o DTE e DCE. A tabela 2.5 permite verificar tais especificações.

Command	Description	Value
A	Answer Online	
A/	Repeat previous command (AT prefix not used)	
D[ds]	Originate a call to [dial string]	
En	Command Mode Echo	0 = disable, 1 = enable
Fn	Online Mode Echo	0 = disable full duplex, 1 = enable full duplex
Hn	Hangup	0 = transmit pending data, then close connection; 1 = return result code OK; 2 = discard pending data and close connection. 3 = discard pending data, close connection and de- register from network
In	Identify	0 = Identify gateway equip- ment ID; 1 = Identify firmware version number; 2 = Identify manufacturer 3 = Identify equipment model number
O	Enter Online Mode	
Qn	Quiet Mode	0 = disable, 1 = enable
?n	Read Selected Register	n = register number
Sn=d	Write Selected Register	n = register number d = write value
Vn	Verbose Result Codes	0 = use terse result codes, 1 = use verbose result codes
Xn	Extended Result Codes	0 = enable codes 0 - 4, 1 = enable all extended codes
Z	Soft Reset	
&F	Restore Factory Defaults	
&V	View Active Profile	
&W	Save Active Profile	
&Zstring &Zn=string	Save Destination Address (Dial Directory)	Save "string" as dial string 0 Save "string" as dial string <n>

**Tabela 2.3 - Comandos AT definidos pelos documentos TIA/EIA-602 e CDPD  
Part 1001.**

**Tabela 2.4 - Extensões dos comandos AT definidos pela CDPD Part 1001.**

Parameter	Description	Values
&L<list>	Set SU Line Speed and Format	<speed>, <databits>, <parity>, <stopbits>.
\A<mode>	Select Operating Mode	
\Fn	Set Data Forwarding Mode	0 = data forwarding char's are excluded from packet; 1 = data forwarding char's specified by S51 is included, but S52 is excluded; 2 = data forwarding char's specified by S52 is included, but S51 is excluded; 3 = Both data forwarding characters S51 and S52 are included in packets to the remote data service (default);.
\M	Manual Transmit Mode	0 = disable recognition of data forwarding char's, 1 = enable recognition of data forwarding char's (default)
\Qn	Set Flow Control Operation	0 = No flow control 1 = Bidirectional X-on / X-off flow control 2 = hardware flow control (default), 3 = both
\Rn	Network Registration Control	0 = deregister from the network 1 = register as an active user on the network 2 = auto register when connection originated and auto-deregister when connection is terminated.
\T	Automatic Transmit Control	0 = disable automatic timed transmission (default), 1 = enable automatic timed transmission

**Tabela 2.5 - Registradores dos “Mobile Gateways”:** os valores entre parênteses indicam o limite superior, o valor de padrão de fábrica e o limite máximo, respectivamente.

Register	Description	Value
S0	Rings to answer	(0-255) 0 = don't auto answer
S2	Escape code character	(0-43-127) ASCII '+'
S3	Carriage return character	(0-13-127) ASCII <CR>
S4	Line feed character	(0-10-127) ASCII <LF>
S5	Backspace character	(0-8-127) BS
S7	Wait for carrier	(1-30-255) seconds
S12	Escape code guard time	(20-50-255) 1/50 seconds
S14	Bitmapped	
S21	Bitmapped	
S22	Bitmapped	
S23	Bitmapped	
S50	Data Forwarding Idle Timeout	
S51	Primary data Forwarding Character	
S52	Secondary Data Forwarding Character	
S54	Pending Reverse Channel Packet Count (read only)	
S55	Pending Forward Channel Packet Count (read only)	
S56	Extended Network Error Code (read only)	
S57	Network Status bitmap (read only)	
S58	PAD status bitmap (read only)	

### 2.4.3 - Transferência das informações dos usuários

Assim que a fase de transferência de informação se inicia, a conexão ponto-a-ponto se torna disponível para transmissão de informação nos dois sentidos sem nenhuma alteração ocasionada pela rede (a não ser o atraso ocasionado pelas características do serviço). Nesta etapa, a conexão fica configurada para transferência de binários, sendo que qualquer formatação da mensagem passa a ser aos cuidados dos “mobile host” envolvidos na conexão ponto-a-ponto. O controle de fluxo pode ser CTS/RFR ou X-on/X-off, sendo que o X-on/X-off só é aconselhado para transmissões de texto.

A interface MDP/MRC não oferece nenhuma restrição ao tipo de dados que podem ou não ser transmitidos ou recebidos.

O “mobile gateway” (rádio móvel) suporta uma variedade de formatos de pacotes com o objetivo de se utilizar de forma eficiente o link de rádio e, ainda, oferecer performance aceitável para as aplicações finais que dependem da transmissão de dados. Estas opções definem quando e como o “stream” de caracteres transmitido a partir do MDP é formado em pacotes e armazenado no buffer para transmissão. Quatro métodos de formatação de pacotes são definidos:

- Os pacotes são transmitidos em tamanho máximo sem nenhuma interferência de outras condições. Os dados são armazenados no buffer até que a quantidade de dados seja suficiente para completar o tamanho determinado;
- Outro define uma condição especial de encaminhamento de dados, como, por exemplo, dados pendentes. Dados com diferentes aplicações de destino diferentes podem ser encapsulados no mesmo pacote e essas condições podem ser informadas pelos valores dos registradores;
- A terceira condição é definida em cima das condições de tempo excedido. Quando o tempo entre caracteres sucessivos recebidos do MDP excede o limite, qualquer dado pendente é encapsulado e transmitido;

- A quarta formatação é utilizada quando a fase de transmissão é cancelada por um dos MDPs. Assim que a requisição de cancelamento de conexão é recebida, os dados pendentes são encapsulados e empilhados para transmissão.

A conexão permanece no modo “online” até que o “host” móvel (“mobile host”) apresente para o “gateway” móvel (“mobile gateway”) uma mensagem de “escape” ou quando o “host” fixo envie uma mensagem de “escape” ao modem DCE.

## **2.5 - MRC/RFG (Circuit Switched Data)**

Durante a transmissão de dados entre dois pontos distintos na rede de rádio, um mapeamento entre os formatos de mensagens utilizados nos serviços comutados a circuitos utilizados entre o MRC e o MDP, e os formatos de mensagens utilizados pela CAI é realizado. A CAI trabalha com dados nas camadas 1, 2 e 3, o que determina que o seu relacionamento é direto com várias funções de controle de informação que necessitam serem transferidas da CAI para os circuito de dados, tais como pacotes ARP e informações transferidas pelas aplicações finais.

Para a o envio de informação, a CAI ainda oferece serviço de transferência com confirmação de entrega para aplicações finais que necessitem de tais indicações. No caso de aplicações cifradas, o identificador de ponto de acesso de serviço precisa ser utilizado (SAP).

### **2.5.1 - Mapeamento Camada 2**

A CAI define dois tipos de endereçamento: aprimorado e não-aprimorado (“enhanced” e “non-enhanced”).

No endereçamento não aprimorado, apenas o endereço do dispositivo de rádio (origem) está explícito no cabeçalho do frame encapsulado na camada 2 pela CAI. Informações a respeito do sistema de rádio estão implícitas no cabeçalho do frame gerado pela CAI. O mesmo é utilizado para conexões que envolvam algum dispositivo FNE (que se localize fora da rede de rádio e se conecte através RFG).

No endereçamento aprimorado, tanto o endereço de destino quanto o endereçamento de origem estão explícitos no cabeçalho do frame encapsulado pela

CAI. O endereçamento aprimorado é utilizado quando os envolvidos têm que enviar dados pela rede de rádio diretamente, sem necessariamente encaminhar os dados a algum equipamento fixo de rede (FNE). Além disso, é utilizado em conexões entre rádios móveis sobre uma rede sem fio com controle e para conexões entre rádios móveis sem repetidora.

### 2.5.1.1 - Mensagens de Controle de Chamada

O sistema de controle das conexões é orientado por mensagens predefinidas. Estas mensagens são identificadas por códigos que definem o tipo de mensagem. As mensagens de controle definem e determinam o início e o término de todas as conexões estabelecidas sobre a rede de rádio. A tabela 2.6 relaciona o nome, a função, a direção e código de cada tipo de mensagem:

Message Name	Message Type Code	Applicable Data Call Mode	Message Direction
Answer Call	\$01	FNE Repeat, Direct	MG -> IWF MG -> MG
ARP Request	\$02	Repeat, Direct	MG -> MG
ARP Response	\$03	Repeat, Direct	MG -> MG
Basic Parameters	\$04	FNE Repeat, Direct	MG -> IWF MG -> MG
Call Supervision	\$05	<reserved>	<reserved>
Connect	\$06	FNE	IWF -> MG MG -> MG
Originate Call	\$08	FNE	MG -> IWF
Ring	\$09	FNE Repeat, Direct	IWF -> MG MG -> MG
S-Registers	\$0A	FNE Repeat, Direct	MG -> IWF MG -> MG
Terminate Call	\$07	FNE FNE Repeat, Direct	IWF -> MG MG -> IWF MG -> MG

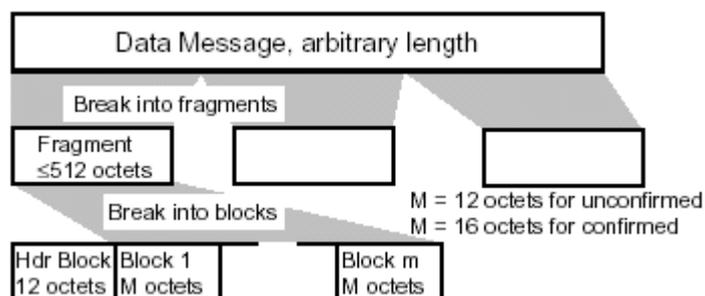
**Tabela 2.6 - Mensagens de Controle de Chamadas.**

Na coluna “Message Direction”, a direção de envio da mensagem é especificada, sendo a origem especificada pelo início da seta e o destino o alvo da mesma.

## 2.5.2 - Formato dos pacotes de dados na CAI

Os dados que são transmitidos sobre a rede de dados são encaminhados pelas aplicações para as camadas inferiores com restrições referentes à quantidade de dados que elas podem enviar pela rede. Certamente, as mensagens de dados chegam para as camadas inferiores às aplicações com tamanho superior ao máximo permitido para transmissão.

Essas mensagens são então subdivididas. A fragmentação de pacotes tem a sua necessidade determinada de acordo com as configurações da conexão e da quantidade de dados enviadas pelas aplicações. Cada fragmento dessa divisão se torna o conteúdo de informação de pacotes enviados pela rede de rádio, onde a quantidades de fragmentos é ilimitada. Cada um dos pacotes enviados recebe um código treliça e, assim, a seqüência de fragmentos é transmitida em pacotes individuais, que podem ser remontados na ordem correta e entregue à aplicação destinatária. A figura 2.5 exemplifica a fragmentação dos dados.



**Figura 2.5 - Fragmentação da Mensagem de dados em blocos.**

Dentro dos pacotes transmitidos pela CAI, existe “the header block” que é o cabeçalho da mensagem. São os primeiros dados do pacote a serem transmitidos.

### 2.5.2.1 - Estrutura do bloco de cabeçalho

O bloco de cabeçalho possui 10 octetos de informações de endereço e de controle, seguido por mais 2 octetos de CRC, para a checagem de erro específica do cabeçalho.

O CRC é calculado a partir de códigos cíclicos (CRC-CCITT) tendo como parâmetro de entrada os 10 octetos que contém informação sobre endereços e controle.

### **2.5.2.2 - Estrutura do bloco de dados**

Os pacotes de dados podem ser transmitidos utilizando duas estruturas diferentes para dois tipos de dados. Os dados podem ser entregues com requisição de confirmação ou sem confirmação. A diferença entre esses dois tipos de pacotes (com confirmação e sem confirmação) é significativa no bloco do cabeçalho.

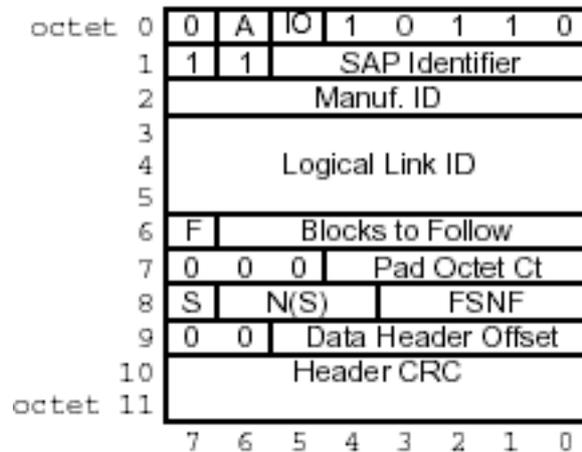
Nas transmissões de pacotes sem confirmação, um CRC de 32 bits é acrescentado no final do pacote que contém o último bloco da mensagem fragmentada, sendo este CRC colocado antes do CRC do cabeçalho. Já nos pacotes com confirmação de recebimento, um CRC de 2 octetos é acrescentado no final de cada bloco de informação, onde cada bloco possui 16 octetos de informação. Além de CRC individuais para cada um dos blocos, um CRC gerado a partir da mensagem antes da fragmentação é colocado no pacote que contém o último bloco que compõem a mensagem.

A partir do CRC, o destinatário da mensagem pode fazer uma checagem de erro nos dados recebidos, e caso um erro seja detectado, o sistema destinatário pode fazer uma requisição seletiva: requisição do reenvio do bloco corrompido (ARQ - Automatic Retransmission Request).

Nas conexões envolvendo FNE, o cabeçalho das mensagens utilizado é sempre o cabeçalho não aprimorado (“non-enhanced”). Neste tipo de conexão, a resolução dos “aliases” dos rádios para endereço da camada 2 da CAI não é realizado, porque o destinatário não possui um “alias” dentro da rede de rádio. Desta forma, as informações dentro do frame são informações sobre o usuário ligado ao “gateway” móvel e informações de controle de mensagem.

Neste tipo de conexão, as mensagens levam informação das aplicações e de controle da conexão. Cada mensagem tem o seu recebimento confirmado através de uma outra mensagem enviada ao MRC fonte (Echo!). Essa resposta recebida

possui o mesmo “Logical Link ID” da mensagem original enviada. A figura 2.6 ilustra o bloco de cabeçalho da mensagem na CAI utilizando endereçamento não-aprimorado:



**Figura 2.6 - Bloco de cabeçalho (Endereçamento não-aprimorado)**

O tamanho desses pacotes é limitado pela capacidade dos MRs (“mobile radios”) e pela capacidade do RFG envolvidos no estabelecimento da conexão ponto-a-ponto. A quantidade máxima de dados que cada pacote transporta é de 512 bytes de informação, ou seja, 512 bytes de dados originados das aplicações finais, isso independentemente do cabeçalho. Mais do 512 bytes ocorre a fragmentação do pacote.

Abaixo, pode-se observar os parâmetros do bloco de cabeçalho:

**i) A/N; bit 6 do octeto 0:** 1 para indicar que há necessidade de confirmação do pacote.

**ii) IO; bit 5 do octeto 0:** 1 para indicar mensagem de saída, 0 para indicar mensagem de entrada.

**iii) Format - bits 4,3,2,1,0 do octeto 0:** 10110 para identificar que o pacote é com endereçamento do tipo não-aprimorado.

**iv) SAP Identifier:** Identifica o ponto de acesso de serviço para qual o pacote é direcionado.

**v) Manuf.ID (Manufacturer’s ID):** identificação do fabricante para funções não padrões.

**vi) Logical Link ID:** identifica os dois MR (“mobile radio”) envio no estabelecimento da conexão (o que envia e o que recebe a mensagem).

**vii) F (FMF) - bit 7 do octeto 6:** “Full Message Flag”. O FMF é igual a 1 na primeira tentativa de completar o pacote. Nas tentativas subseqüentes seu valor é igual a 0. É utilizado no receptor do pacote para indicar que os parâmetros **Blocks to Follow** e **Pad Octet Count** contém informações sobre a quantidade de dados que é transportada pela mensagem completa.

**viii) Blocks to Follow:** indica a quantidade de blocos que o pacote contém sem incluir o bloco do cabeçalho.

**iv) Pad Octet Count:** indica a quantidade de octetos que foi incluído no pacote para se obter um número de blocos inteiro.

**x) Syn: bit 7 do octeto 8:** utilizado para re-sincronizar a seqüência de mensagens. Quando ele está igual a 1, o receptor do pacote recebe qualquer pacote mesmo que ele os bits N(S) e FSNF estejam ativados. Ele elimina a prioridade de rejeição para mensagens duplicadas.

**xi) N(S):** é o número do pacote na seqüência que a mensagem foi fragmentada. Através dele o receptor da mensagem pode desfragmentar os dados enviados, além de verificar a ausência ou duplicação de algum pacote.

**xii) FSNF:** este parâmetro define o número de seqüência do fragmento que compõem uma mensagem. O bit mais significativo do campo (bit 4 do octeto 8) quando igual a 1, indica que este é o último fragmento da mensagem, em todos os outros fragmentos da mensagem ele deve estar igual a 0. Os outros três bits menos significativos servem para indicar a ordem da seqüência dos fragmentos. O fragmento inicial é iniciado com o número 000, o segundo 001, o terceiro 010, e assim respectivamente. Quando o overflow ocorrer na contagem, 111+1, o próximo número deve ser 001, o retorno para 000 não deve ocorrer. Caso a mensagem seja composta de um único fragmento este campo deve assumir o valor 1000.

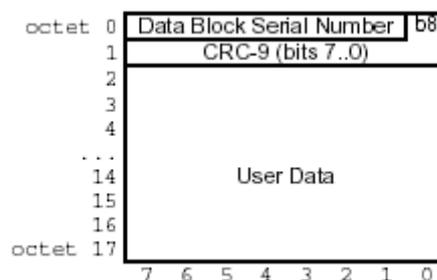
**xiii) Header CRC:** é o código CRC do bloco de cabeçalho.

O cabeçalho que CAI inclui nos pacotes é composto de cinco campos: A, “SAP identifier” (“Service Access Point identifier”), “Logical Link ID”, “Blocks to Follow” e “Data Header Offset”. Os valores desses campos podem ser checados na tabela 2.7:

Message Name	A	SAP Identifier	Logical Link ID	Blocks to Follow	Data Header Offset
Answer Call	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	1	0
Basic Parameters	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	Note 1	0
Call Supervision					
Connect	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	1	0
Originate Call	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	1	0
Ring	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	1	0
S-Registers	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	Note 1	0
Terminate Call	%1	CAI_SAP_CKT_CTRL	CAI address of MRC	1	0
User Information	%1	CAI_SAP_CKT_INFO	CAI address of MRC	Note 1	0

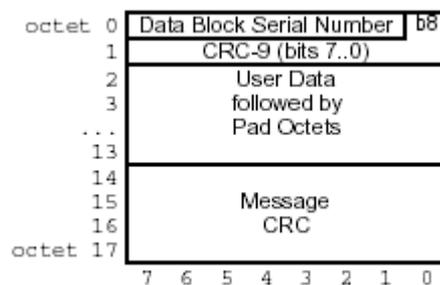
**Tabela 2.7 - Mensagens de Dados FNE e parâmetros do Bloco de Cabeçalho.**

Os pacotes enviados com confirmação de recebimento possuem vários blocos de dados encapsulados por único pacote. O formato desse bloco de dados é composto pelo número serial do bloco e pelo CRC do bloco que ocupam 2 dos 18 octetos do bloco. Os 16 octetos restantes podem conter informações das aplicações finais, ou ainda se este bloco for o último, eles podem estar preenchidos por **Pad Octet Count** e um CRC de 4 bytes. Se os **Pad Octet Count** forem superiores a 12 bytes, a quantidade excedente deve ser incluída no penúltimo bloco, não concentrando assim todos os **Pad Octet Count** em um único bloco. O formato do bloco de dados pode ser visualizado na figura 2.7:



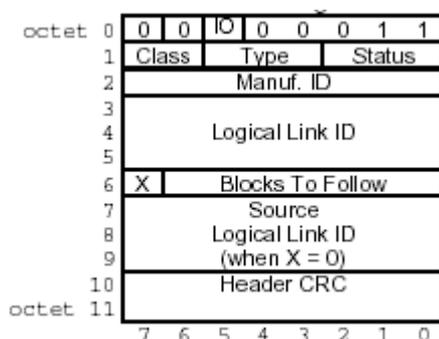
**Figura 2.7- Formato do Bloco de Dados com requisição de confirmação.**

O “**Serial Number**” é o número do bloco dentro do pacote. Este número se inicia com 0 e prossegue em incremento até chegar ao N -1, onde N é o número de blocos que o pacote contém, ou seja, é igual a **Block To Follow** definido no bloco do cabeçalho do pacote. O posicionamento do “Serial Number” no cabeçalho pode ser visualizado na figura 2.8:



**Figura 2.8 - Formato do Bloco de Dados com requisição de confirmação com o “Serial Number”.**

O formato que padroniza o cabeçalho dos pacotes de confirmação pode ser visualizado na figura 2.9. A requisição da confirmação do pacote é indicada pelo campo **A/N**.



**Figura 2.9 - Formato do Pacote de Resposta.**

Parâmetros do cabeçalho dos pacotes de confirmação:

**i) A/N - bit 6 do octeto 0:** como o pacote é uma confirmação de entrega é atribuído 0. Caso contrário, o pacote entra em “loop” infinito.

**ii) IO - bit 5 do octeto 0:** utilizado para mencionar a direção da transmissão da confirmação, e não do pacote que requisitou a confirmação: 1 para indicar mensagem de saída e 0 para indicar mensagem de entrada.

**iii) Format - bits 4,3,2,1,0 do octeto 0:** 00011 para indicar que o pacote como sendo uma confirmação.

**iv) Class, Type, Status:** especifica o significado da mensagem. A tabela 2.7 relaciona essas funções.

v) **Manuf.ID (Manufacturer's ID)**: identificação do fabricante para funções não padrões.

vi) **Logical Link ID**: identifica os dois MR (mobile radio) envolvidos no estabelecimento da conexão (o que envia e o que recebe a mensagem). No caso do endereçamento aprimorado, este campo possui o número do **Destination Logical Link ID**.

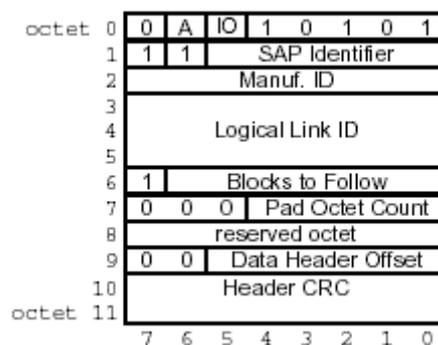
vii) **X**: igual a 1 para pacotes de confirmação enviados em resposta para pacotes de dados. Igual a 0 quando o pacote é uma resposta para pacotes com endereçamento aprimorado.

viii) **Blocks to Follow**: indica a quantidade de blocos que o pacote contém sem incluir o bloco do cabeçalho.

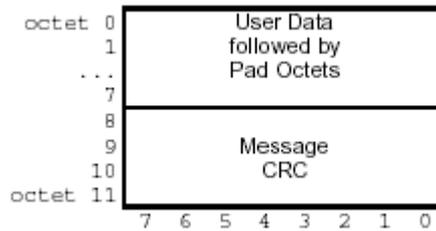
iv) **Source Logical Link ID**: é igual a 0, quando **X** é 1; é igual ao endereço de resposta do MR (ou BR) quando **X** é 0.

x) **Header CRC**: é o código CRC do bloco de cabeçalho.

A diferença entre o bloco de cabeçalho dos pacotes com requisição de confirmação e sem requisição de confirmação se dá nos parâmetros **Syn**, **N(S)** e **FSNF** que são nulos, e **A/N** que é igual a 0. Na figura 2.10 e 2.11, tem-se o modelo do bloco de cabeçalho e o modelo do último bloco de dados dos pacotes sem requisição de confirmação (com **A/N** igual a 0), respectivamente.



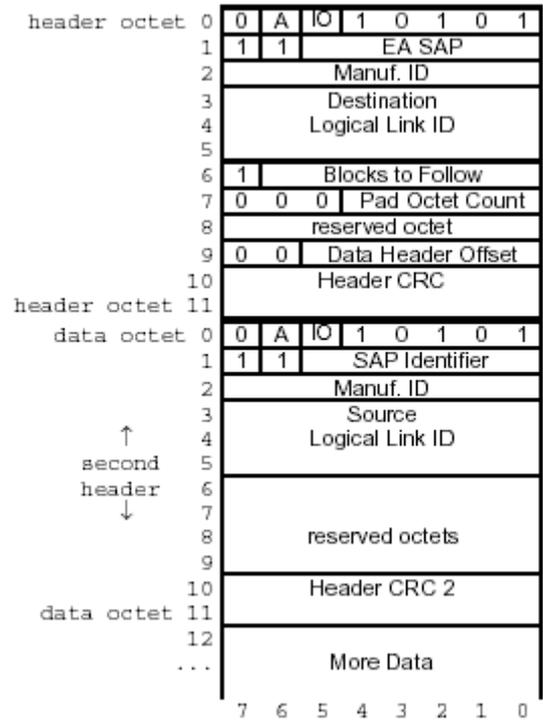
**Figura 2.10 - Formato do bloco de cabeçalho (não confirmados).**



**Figura 2.11 - Formato do último bloco de dados.**

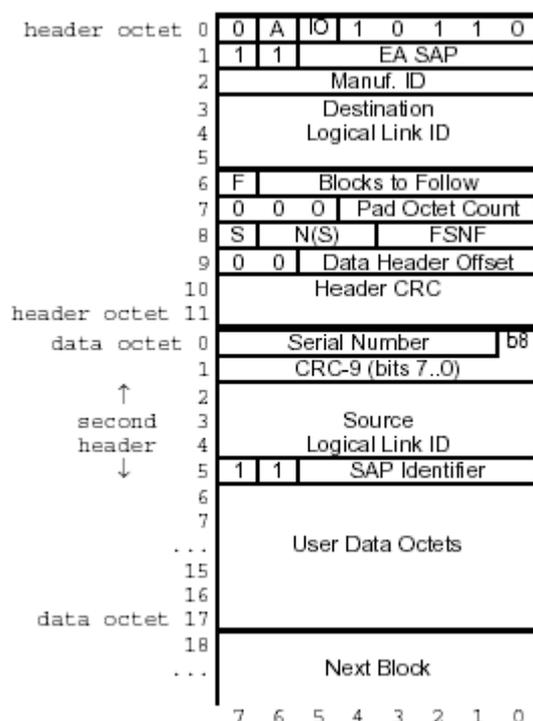
O endereçamento aprimorado requisita que os endereços de origem e destino estejam em todos os pacotes. No bloco de cabeçalho dos pacotes com este endereçamento, existe um campo chamado “**special SAP identifier**” (**EA SAP**). Para que este endereço seja entendido como endereço de destino, o **I/O** deve ser igual a 1. Ele é utilizado para armazenar o segundo endereço e está localizado antes dos blocos de dados. O bit **A/N** é independente do tipo de do pacote ser do tipo aprimorado ou não aprimorado: relaciona apenas a necessidade de confirmação do pacote.

Nos pacotes do tipo aprimorado onde o **A/N** é igual a 0, o primeiro bloco de dados funciona como um segundo cabeçalho. O **I/O** bit é igual a 0 (bit 5 no octeto 0 do segundo bloco) indicando que o endereço do cabeçalho é endereço fonte. O “**SAP identifier**” está presente no octeto 1. Os demais octetos não são utilizados e o CRC é calculado e enviado na posição dos octetos 10 e 11 do primeiro bloco de dados (segundo bloco de cabeçalho). O formato do cabeçalho do endereçamento aprimorado e sem confirmação é mostrado na figura 2.13:



**Figura 2.12 - Formato do cabeçalho (endereçamento aprimorado e sem confirmação)**

O formato dos pacotes com **A/N** igual a 1 e com endereçamento aprimorado pode ser verificado na figura 2.13. Nestes pacotes, o primeiro bloco de dados contém uma reserva de 4 octetos para gravar o endereço fonte, como também o **SAP identifier** para os dados do usuário.



**Figura 2.13 Formato do bloco de Cabeçalho (endereçamento aprimorado e com requisição de confirmação).**

## 2.6 - CONTEÚDO DO PACOTE ARP

O ARP (Address Resolution Protocol) é utilizado para resolver “aliasas” numéricos para endereços CAI. O ARP é um protocolo criado para trabalhar fazendo a resolução de qualquer camada de rede para qualquer camada de enlace. Ele é definido pela [RFC826]. A resolução de endereço é o processo pela qual o endereço da camada de rede (3) é mapeado para o endereço da camada de enlace (2). No caso do sistema APCO 25, a resolução é o mapeamento dos “aliasas” numéricos em endereço da CAI (Common Air Interface).

O MRC precisa fazer a resolução através do ARP tanto no modo de transmissão através da repetidora, quanto também em modo direto.

Um MDP gera um “stream” de dados e passa a transmiti-lo para o MRC. O MDP envia junto com os dados da mensagem os “aliasas” do destinatário e da fonte. Antes que o MRC possa fazer a fragmentação, é necessário o encapsulamento dos dados para que a transmissão comece. Ele precisa enviar uma requisição em “broadcast” sobre o ar de resolução de endereço de rede para endereço da camada

de enlace, ou seja, uma requisição ARP. Esta requisição visa descobrir o endereço da CAI do MRC de destino. Na verdade, o endereço é do MRC no qual o MDP de destino está conectado. Ele contém o endereço “alias” do destino.

Caso o destinatário pretendido receba a mensagem, ele manda uma resposta enviando o endereço da CAI do MRC que o MDP de destino está conectado. Caso nenhuma resposta seja recebida, o MRC de origem precisa retorna uma informação apropriada para o MDP que lhe requisitou a transmissão.

As figuras 2.14 e 2.15 apresentam as características e os conteúdos dos pacotes ARP, além de uma ilustração de dependência entre o cliente e o ponto de acesso ao ar livre (CAI).

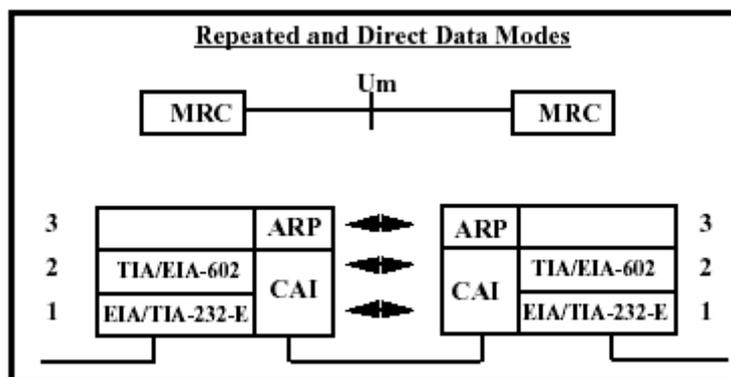


Figura 2.14 - Pilhas do Protocolo ARP e a Interface Aérea.

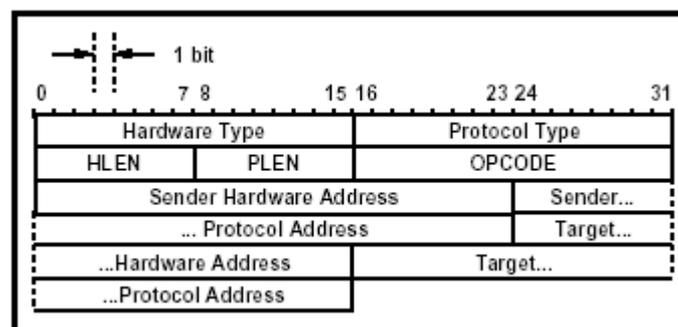
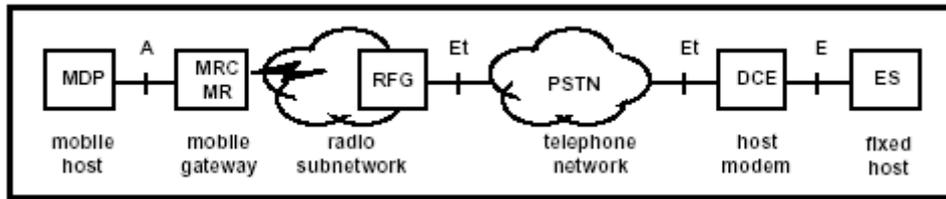


Figura 2.15 - Conteúdo dos Pacotes ARP.

## 2.7 - INTERFACE DO HOST (E)

A conexão entre um dispositivo ligado a um MRC e um host fixo é mostrado na figura 2.16:



**Figura 2.16 - Conexão entre MRC e um host fixo.**

Algumas tecnologias de redes de telefonia como PSTN, “Digital Dial-up Service”, e RDSI podem ser utilizadas para se conectar diretamente ao “gateway”. Cada uma dessas tecnologias produz um impacto diferente na utilização do equipamento, criando a necessidade de alterar o modem de interface entre o “gateway” e a rede externa. As interfaces PSTN são suportadas por “modems” V.32, já DDS necessita de “modems” V.35 e o RDSI requer outro. Este equipamento deve ser dimensionado de forma correta, evitando assim, problemas com o funcionamento do sistema integrado com os hosts fixos.

### **2.7.1 - Camada 1**

A camada física da interface “E” normalmente corresponde a algum subconjunto da EIA/TIA-232-E ou V.24.

### **2.7.2 - Camada 2 e superiores**

As informações de controle que circulam pela interface “E” são normalmente assíncronas e utilizam o protocolo “stop/start” orientado por caractere e linguagem de comando definida pela TIA/EIA-602. O processo de configuração da interface “A” precisa determinar os parâmetros: bits por caractere, números de “stop” e “start” e a paridade suportada.

Uma vez a conexão estabelecida, os “modems” fazem a transição do estado de comando para o estado de transmissão ou “on-line state”. Nesse momento, a conexão está configurada para transmitir qualquer tipo de dados, inclusive binários.

## **3 - COMUTAÇÃO DE PACOTES NO PROJECT APCO 25**

### **3.1 - DESCRIÇÃO GERAL**

A especificação deste serviço visa definir de forma detalhada as interfaces, os protocolos e os procedimentos envolvidos na padronização do Project Apco 25 para dados entre estações móveis, fixas e centrais. Este serviço está descrito para 3(três) tipos de configurações: móvel-rede fixa (modo FNE – Fixed Network Equipment), móvel-servidor móvel de dados no modo repetidor e móvel-servidor móvel de dados no modo direto. Vale ressaltar que quando aqui se menciona rede fixa, refere-se à rede final do tipo wireline.

A padronização APCO 25 permite que dois ou mais rádios fixos ou móveis possam se comunicar via uma rede do tipo wireless e/ou do tipo Ethernet. Este serviço é caracterizado pelo IP (Internet Protocol) que provê a entrega de datagramas entre pontos de acesso. Além disso, ainda provê a detecção e a correção de erros e serviços de criptografia sobre a interface aérea, utilizando os elementos da rede de rádio-comunicação.

O protocolo IP é usado para transportar não somente informação fim a fim entre pontos de acesso, mas também é usado para transportar sinais de controle entre terminais móveis ou fixos e consoles.

### **3.2 - TERMINOLOGIAS ESPECÍFICAS**

Os pontos de acesso são onde os sistemas móveis e/ou fixos são conectados à rede. Referindo-se à versão detalhada do modelo do Project Apco 25, estes pontos de acessos podem ser realizados entre hosts móveis, terminais fixos e consoles. Vale ressaltar que os terminais fixos e as consoles são conectados a rede wireless através da Ethernet.

### **3.3 - ATRIBUTOS**

#### **3.3.1 - Especificações dos atributos de transferência**

As especificações podem ser visualizadas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 – Especificações dos atributos de transferência.**

<b>Atributos</b>	<b>Especificação</b>
Modo de transferência de dados	Comutação de pacotes
Taxa de transferência	Taxa de bit variável (no máx, 6008 kbps)
Capacidade de transferência	Dados de forma digital
Modo de transmissão	Half-duplex controlada pela rede
Estrutura	Serviço de integridade dos dados
Estabelecimento da comunicação	Sem conexão
Simetria	Simetria bidirecional
Configuração da comunicação	Ponto-a-ponto

### 3.3.2 - Atributos de acesso

Os atributos de acesso podem ser observados na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2 – Atributos de acesso**

Informações do usuário	9600 bps assíncrono (config. A) e Ethernet (config B)
Controle de sinalização	9600 bps assíncrono (config. A) e Ethernet (config B)
Protocolos de controle	Os mesmos atributos dos protocolos de transferência
Camada 1	(A) Padrão do EIA/TIA-232-E ;(B) Ethernet
Camada 2	(A) SLIP; (B) Ethernet LAN (802.2,802.3)
Camada 3	(A) IP; (B) IP

### 3.3.3 - Atributos Gerais

Os atributos gerais estão especificados conforme a Tabela 2.3.

**Tabela 2.3 – Atributos Gerais**

<b>Qualidade de serviço</b>	<b>Especificações</b>
Credibilidade da entrega dos pacotes	Baseado na regra de "best effort"
Qualidade da entrega dos pacotes	Taxa de perda dos pacotes < 2%

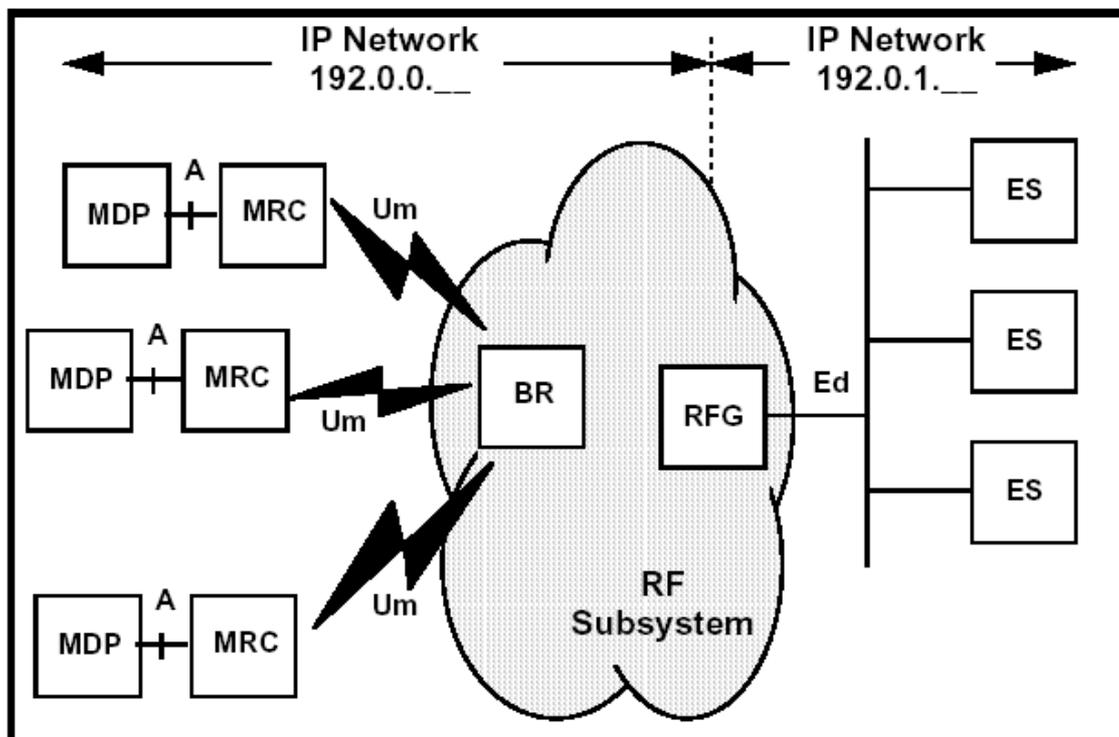
### 3.4. Descrição das configurações de serviços comutação de pacotes

Os três tipos de comutação de pacotes existentes neste serviço são:

- 1) **Móvel - Rede fixa (modo FNE)** – Este serviço permite uma conexão do serviço de RF do móvel, utilizando o subsistema de RF e a rede Ethernet;
- 2) **Móvel - Servidor de dados no modo repetidor** – Este é um serviço onde todas as transmissões de dados originadas pelos móveis são recebidas e retransmitidas por uma estação base. Neste caso, o Subsistema RF cumpre apenas o papel de repetidor e não realiza controle, comutação ou roteamento.
- 3) **Móvel - Servidor de dados no modo direto** – Serviço em que ocorre a comunicação entre os móveis sem as facilidades da rede wireline ou wireless.

### 3.4.1 - Endereçamento IP

O endereçamento IP é aplicado a todos MDPs (MDP – Mobile Data Peripherals) que fazem parte do Subsistema RF. Cada operador de um sistema de rádio que segue o padrão APCO 25 deve requerer ao INIC (Internet Network Information Center) blocos de endereços IP que possam ser utilizados em cada nó da rede. A figura 1 mostra como uma rede que segue o padrão APCO 25 é operada no modo de interligação com equipamentos fixos que estão em rede por Ethernet, ou seja, no modo FNE. Neste caso, o RFG (Radio Frequency Gateway facilities) atua como um roteador IP. Em outras configurações (repetidor e direto, que serão detalhados posteriormente), o Subsistema RF contém sua própria rede IP, cuja atribuição de endereços será discutida posteriormente.



### **Figura 3.1 – Configuração de comunicação do tipo móvel – rede fixa (modo FNE).**

A figura 3.1 mostra dois blocos de endereçamento classe C: um é utilizado no Subsistema RF e o outro é usado na rede Ethernet. A cada MDP será atribuído um endereço IP, cuja parte pertencente a rede é igual a 192.0.0.x, onde x é um número que pode variar de 0 a 255 com algumas restrições [ver RFC791], e a cada host fixo (ES) será atribuído também um endereço IP, cuja parte de rede é dada por 192.0.1.x. Por exemplo, para os três MDPs mostrados podem ser dados os IPs 192.0.0.1, 192.0.0.2 e 192.0.0.3 (um host com o endereço 192.0.0.0 não é permitido). Similarmente, aos três ESs podem ser dados os endereços IPs 192.0.1.1, 192.0.1.2 e 192.0.1.3.

Devido aos endereços IP referirem a conexões de interfaces à rede e não de hosts precisamente (pois um host pode ter duas interfaces de rede, por exemplo), deve ser dado ao RFG (Radio Frequency Gateway) dois endereços IP, ou seja, um endereço para cada rede que ele se conecta. À interface do RFG que o conecta ao Subsistema de RF poderia ser dado o endereço IP 192.0.0.253 e à outra interface que o conecta a rede Ethernet poderia ser dado o endereço 192.0.1.253 (os endereços escolhidos para o valor x foram os mesmos por questões de consistência, o que implica que os valores do mesmo poderiam ser outros dentro dos limites já especificados).

Aos MRCs (Mobile Radio Controller) devem ser dados endereços IP para se comunicar com a interface serial entre o rádio e o periférico de dados (MRC e MDP – Mobile Data Peripheral) , que é controlado pelo protocolo SLIP. Como os endereços MRC têm somente significado de conexão local ao MDP, pode-se atribuir



documento TIA/EIA-232-E, o Serial link Internet Protocol [RFC1055] e o IP [RFC791], respectivamente. A interface “Ed” é um meio de comunicação do tipo broadcast baseado em IP sobre Ethernet [IEEE8022, IEEE8023] que contém a conexão entre o RFG e os ESs.

Tal como descrito na Figura 3.2, deve-se notar que a comunicação realizada entre o periférico de dados e o terminal móvel não é mapeada via nenhuma interface aérea. As mensagens IP do periférico para o terminal são endereçadas via IP, e depois são roteadas pelo Subsistema de RF a um endereço CAI apropriado de forma que essas mensagens sejam entregues tais como se tivessem sido enviadas por uma rede fixa.

#### **3.4.2.1 - Configurações dos Serviços**

Antes de se utilizar os serviços de datagrama IP, é necessário configurar o MRC no equipamento móvel e o RFG no equipamento fixo. Especificamente, a conexão SLIP entre o MDP e o MRC deve ser aberta e o RFG deve ser capaz de realizar a associação entre os endereços IP dos MDP's com os endereços CAI (Comum Air Interface) dos MRCs.

Feita a configuração, os datagramas IP podem ser enviados em ambas direções entre MDPs e ESs. Além disso, os datagramas podem ser enviados de um MDP para outro, mas o roteamento será realizado pelo RFG. Não é necessário que se tenham as fases de início e término de conexão na camada de rede, pois o IP é um protocolo de rede não orientado a conexão.

#### **3.4.2.2 - Configuração do Host móvel**

Como já dito anteriormente, a conexão SLIP entre o MDP e o MRC deve estar aberta antes de qualquer comunicação IP entre eles. Alguns parâmetros no MDP e no MRC devem ser configurados antes de se proceder a transferência de dados. A configuração pode ser realizada de acordo com as seguintes opções:

- o MDP e o MRC devem conhecer o endereço IP um do outro de forma que eles possam trocar informações de controle;

- o software IP no MDP deve usar um MTU (Maximum Transfer Unit) igual ao do CAI (512 bytes) menos 20 bytes do cabeçalho IP. Vale ressaltar que não é permitida a modificação nesse parâmetro. Isto permite ao MRC mapear um datagrama IP em um frame CAI e vice-versa;
- o MRC deve ser colocado no modo de dados do tipo FNE. Neste modo, o MRC deve usar o endereçamento não-aprimorado (chamado pelo Project APCO 25 de non-enhanced addresses) que implicitamente indica o RFG como o endereço de destino de todos os frames. Deve-se salientar que o uso do endereçamento não-aprimorado indica que há um encapsulamento dos pacotes do MRC dentro de um frame da CAI de forma que tal frame não sabe o conteúdo do pacote, nem mesmo o endereço de destino final.

### **3.4.2.3 - Configuração do Gateway RF**

O RFG deve ter uma “lista” das relações entre os endereços IP dos MDPs e dos MRCs da CAI. Tal “lista” pode ser configurada de forma estática no RFG ou pode ser atualizada dinamicamente por um protocolo adequado que atua entre o MRC e o RFG (a escolha de qual protocolo fica fora do escopo deste trabalho). Esta “lista” permitirá que o RFG possa rotear os datagramas IP tanto do ESs e MDPs para o MDP de destino via MRC.

### **3.4.2.4 - Transferência de dados**

Feitas as configurações descritas anteriormente, os datagramas IP podem ser enviados e recebidos entre os móveis e os hosts fixos.

A informação é gerada pela camada mais alta do protocolo (tal como a camada de transporte ou a de aplicação) no MDP que invoca o software IP a montar e entregar um datagrama IP a um determinado destino. O software IP no MDP tem uma rota padrão que especifica o MRC como o nó para qual todos os datagramas de saída devem ser enviados. Esta rota também especifica o ponto de referência “A” dos MDPs como a interface pela qual pode-se alcançar o MRC. O software IP no MDP entrega, dessa forma, o datagrama para o driver SLIP para que o mesmo seja entregue ao MRC.

No MRC, o driver SLIP recebe o datagrama e o passa ao software IP. O software IP percebe que o endereço de destino descrito no cabeçalho IP não é o do seu MRC. Assim, a CAI é requerida para que se possa entregar o datagrama ao RFG via a interface aérea. O driver CAI do MRC, quando configurado no modo de dados FNE, usa o endereçamento não-aprimorado, que já foi mencionado anteriormente.

O software IP no RFG recebe o pacote a partir da interface do Subsistema de RF, examina o campo do endereço de destino no cabeçalho IP e verifica sua tabela de roteamento de forma a determinar para onde enviar o datagrama recebido. Aqui, observa-se que a função do RFG nesta situação é de um roteador IP padrão que atua conforme a [RFC1812] que mostra os requerimentos necessários para se rotear pacotes baseados em IPv4. Se o destino do pacote é um ES, o RFG requer os serviços do driver Ethernet para que o pacote seja entregue. Se o destino é outro MDP, o RFG processa a construção de um frame CAI para enviá-lo para um MRC. Quando o MRC recebe o frame CAI, o mesmo extrai o datagrama IP e o envia ao MDP via a interface “A”.

### **3.4.3 - Transmissão de dados de Móvel para móvel (modo repetidor)**

A figura 3.3 mostra um MDP comunicando-se com outro MDP via um repetidor no Subsistema RF. Aqui, ambos serviços de acesso fazem referência ao ponto “A”. O link de conexão é feito entre um MRC e um BSS (Base Station System, onde o mesmo pode ser composto por uma ou mais estação base).

A interface “A” consiste em uma interface serial entre o MDP e o MRC. Os protocolos 1, 2 e 3 da camada OSI são EIA/TIA-232-E, o SLIP [RFC1055] e o IP [RFC791], respectivamente.

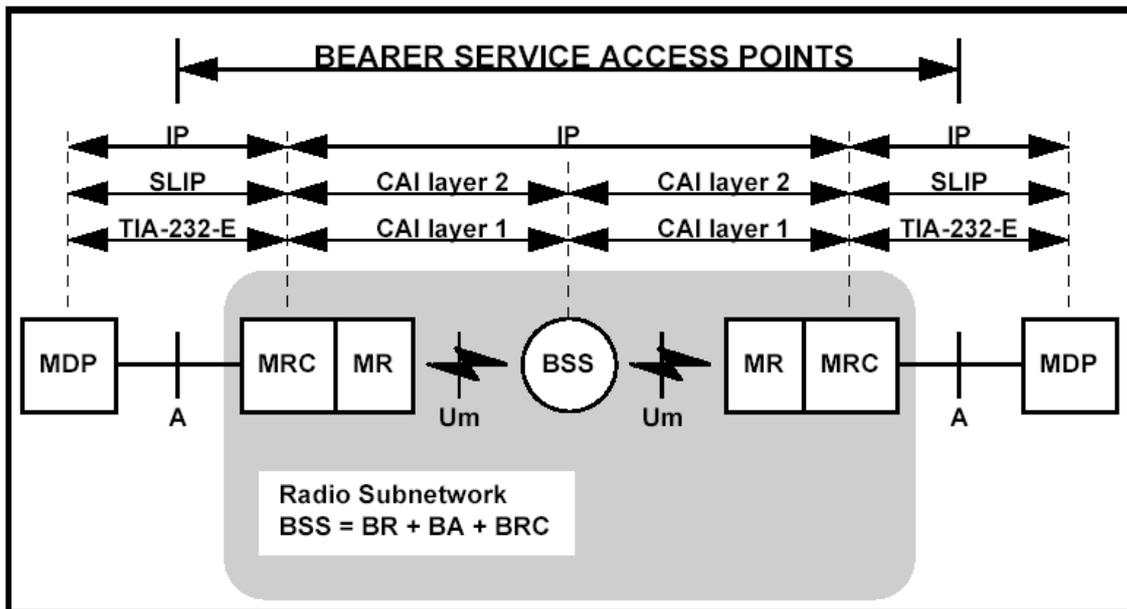


Figura 3.3 – Transmissão de dados de móvel para móvel, no modo de transmissão de dados.

### 3.4.3.1 - Configuração dos Serviços

Da mesma forma que a outra configuração já mencionada, tem-se que antes de ser realizada o envio e/ou recepção de datagramas, deve-se configurar o MDP e o MRC. Especificamente, a conexão SLIP entre o MDP e o MRC deve estar aberta e além da mesma estar configurada no modo repetidor de dados.

Uma vez realizada a configuração, os datagramas IP podem ser enviados. Não é necessário, da mesma forma que na configuração anterior, que se tenham as fases de início e término de conexão na camada de rede, pois o IP é um protocolo de rede não orientado a conexão.

A configuração do host móvel é idêntica ao descrito na seção 3.4.2.1 com exceção de que ao invés de acionar o MRC no modo de dados FNE, deve-se colocá-lo no modo repetidor de dados. Isto requer que o MRC mantenha uma "lista" que relacione os endereços IP dos MDPs e os endereços CAI dos MRCs e, além disso, deve usar o endereçamento "aprimorado" (a APCO25 denota tal endereçamento como "enhanced addressing"). Esta "lista" é obtida dinamicamente com o uso do protocolo ARP [RFC826].

### **3.4.3.2 - Transferência de dados**

A entrega dos pacotes do MDP para o MRC é realizada da mesma forma que na configuração de comunicação de móvel para rede fixa.

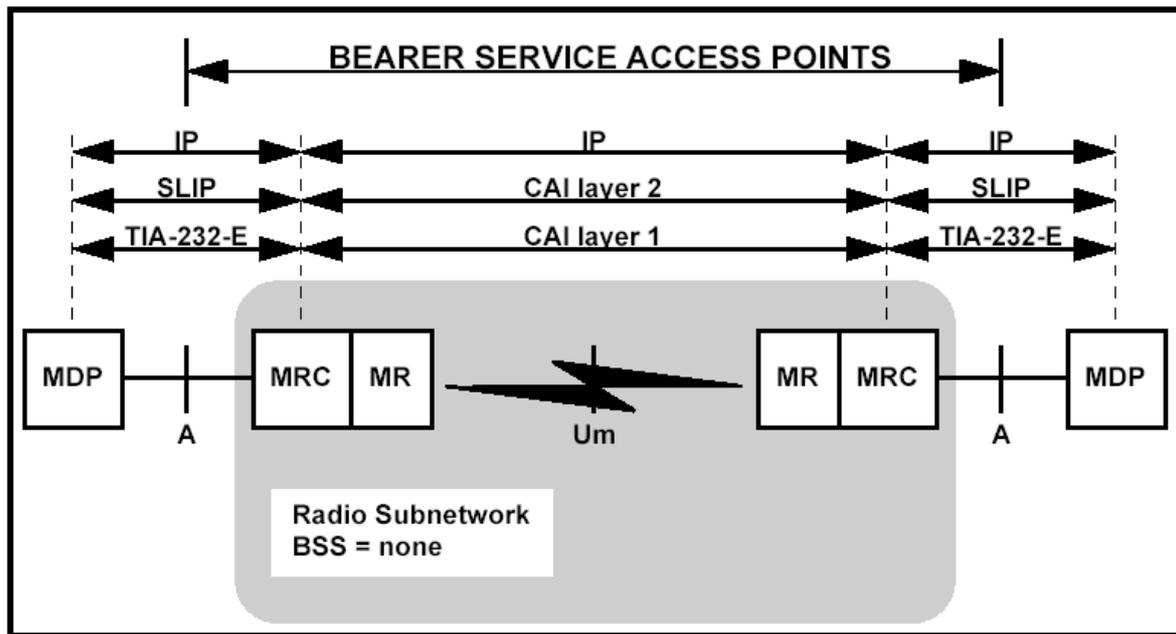
Já no MRC, o driver SLIP recebe o datagrama e o passa ao software IP. O software IP percebe que o endereço de destino descrito no cabeçalho IP não é o do seu MRC. Assim, o MRC verifica o endereço de destino no cabeçalho IP e o compara à “lista” de relacionamento dos endereços IP e determina o MRC apropriado para o qual o frame CAI deve ser enviado. O driver CAI do MRC, que deve estar configurado no modo repetidor de dados, usa o endereçamento aprimorado no qual o endereço de origem é do MRC que está enviando os datagramas e o endereço de destino é o encontrado na “lista” (que é o MRC que está acoplado ao MDP que se quer enviar os datagramas).

No MRC receptor, o processo ocorre da mesma forma que na configuração de dados FNE: o MRC extrai o datagrama IP do frame CAI recebido e o envia para o MDP via a interface “A”.

### **3.4.4 - Comunicação de móvel para móvel em modo direto**

A Figura 3.4 mostra um periférico de dados móvel (MDP – Mobile Data Peripheral) comunicando diretamente com outro MDP na configuração direta. Aqui, o ponto de referência de acesso do serviço é também o ponto “A”. A conexão é realizada entre dois MRCs e não requer roteamento ou controle pelo FNE.

Da mesma forma que nas outras configurações, a interface “A” consiste em um link serial entre o MDP e MRC com os mesmos protocolos já citados.



**Figura 3.4 - Comunicação entre móvel e móvel no modo de dados direto.**

#### **3.4.4.1 - Configuração dos serviços**

Da mesma forma que nas configurações anteriores, tem-se que a conexão SLIP entre o MDP e o MRC deve estar aberta, mas o MRC deve estar configurado para trabalhar no modo de dados direto.

Aqui também não há necessidade de se tenham as fases de início e término da conexão na camada de rede, pois, como já dito anteriormente, o IP é um protocolo de rede não orientado a conexão.

A configuração do host móvel é idêntica à descrita no modo repetidor de dados de móvel para móvel, com exceção de que ao invés de se colocar o MRC no modo repetidor de dados, dever-se-á colocá-lo no modo direto de dados. Neste modo, em contraste com o modo repetidor, o MRC envia e recebe na mesma frequência RF.

#### **3.4.4.2 - Transferência de dados**

Levando em consideração um nível mais alto, tem-se que a transferência de dados no modo direto de dados é idêntica àquela descrita no modo repetidor de dados (seção 3.4.3.1). A única diferença é a frequência RF na qual o frame CAI é recebido pelo MRC de destino (Para o modo repetidor, têm-se duas frequências

utilizadas: uma para se enviar e outra para receber. Já no modo direto, se tem uma única frequência para se enviar e receber os dados).

### **3.4.5 - Sinalização de controle**

Nesta seção, serão discutidas as sinalizações que ocorrem na interface “A”. Esta sinalização de controle é encapsulada nos datagramas IP que são transferidos entre o MDP e o MRC.

Dois protocolos de controle são definidos: o ICMP (Internet Control Message Protocol) e o RCP (Radio Control Protocol).

O ICMP (definido na [RFC792]) é um mecanismo padrão de descrição de erros definido como parte do protocolo IP que permite aos gateways enviar mensagens de controle, que indicam a ocorrência de algum erro a outros gateways ou hosts. Dessa forma, o ICMP provê uma forma dos gateways relatarem a presença de erros durante uma comunicação à fonte de origem. Deve-se salientar que é responsabilidade da fonte de origem relatar tal ocorrência de erros às suas camadas superiores do protocolo, tais como a camada de transporte ou, em último caso, à camada de aplicação e, a partir disto, tomar medidas necessárias para que se faça a correção do problema.

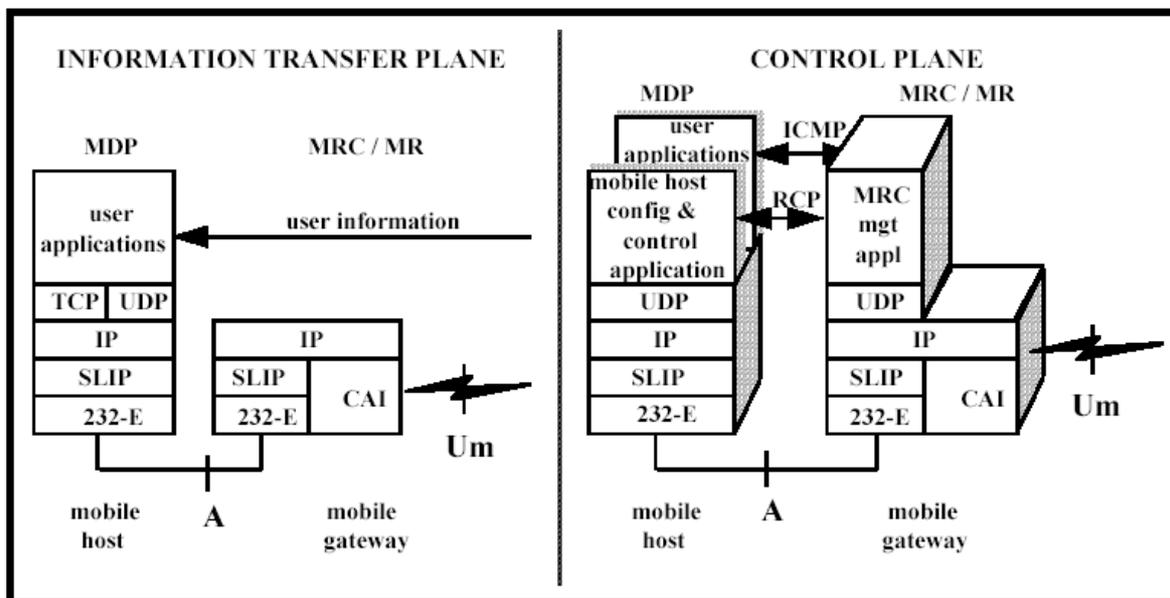
Já o RCP é um protocolo de controle definido pelo Project APCO 25, onde o mesmo é responsável pela sinalização usada para que se estabeleça a configuração ou ative a funcionalidade de um MRC, bem como pela sinalização utilizada para se requerer uma informação do mesmo e pela sinalização de qualquer erro ou qualquer outro evento que possa surgir a partir do MRC.

Um grande ponto a favor do Project APCO 25 é a de oferecer suporte a rádios que não se adequam ao RCP. Vale ressaltar que para tal configuração obter êxito, deve-se realizar uma pré-configuração nos rádios em questão.

A diferença principal entre os dois protocolos é que as mensagens ICMP são criadas ou retornadas pela aplicação do usuário, enquanto as mensagens RCP são criadas e retornadas pela configuração do host móvel e pela aplicação de controle que são independentes, embora, normalmente, operem em conjunto com a aplicação do usuário.

A figura 3.5 mostra a pilha de diagramas utilizada quando se tem uma transferência de informação ou mensagens de controle entre um MDP e MRC. Na

transferência de informação, todo o processo pertencente as camadas superiores à camada 3 (IP) é transportado de host a host sem sofrer qualquer modificação, passando pela interface “A”, pela interface “Um” (Common Air Interface reference point), e assim por diante. Já a informação de controle é trocada entre o host móvel de configuração e de controle de aplicação e seu cliente, “MRC Management Application”. Esta informação é conduzida usando o RCP e é encapsulada dentro do UDP/IP. Além disso, as mensagens ICMP são enviadas à aplicação do usuário como requerido. Estas podem ser originadas do MRC Management Application dentro do gateway móvel ou de outros pontos dentro da rede wireless interconectada ou pelas redes fixas.



**Figura 3.5 – Protocolos envolvidos na sinalização e na troca de informação entre o MRC e o MDP.**

### 3.4.5.1 - Mensagens ICMP

As mensagens ICMP são encapsuladas no IP. O cabeçalho ICMP inclui tanto o cabeçalho IP quanto os primeiros 64 bits do datagrama que originou o problema, onde tal informação pode ser usada para “ajudar” o receptor ICMP a responder o problema.

O MRC suportará as seguintes mensagens ICMP descritas em seguida:

## 1) Destino não alcançado

- **Rede não alcançada** – o MRC retornará esta mensagem se o mesmo receber pacotes IP para transferi-los via RF e o mesmo está fora da área de cobertura da sub-rede RF;
- **Host não alcançado** – esta mensagem será retornada quando o host de destino não puder ser encontrado. Esta mensagem será retornada ao MDP se:
  - a) o MDP de destino não pôde ser encontrado;
  - b) o gateway IP FNE (RFG) não pode ser alcançado;
  - c) o ES de destino (host fixo) não pôde ser encontrado (neste caso, a mensagem virá da rede fixa).
- **Porta não alcançada** – esta mensagem será retornada pelo MRC, se o MDP requieriu um acesso a uma aplicação que não reside no MRC.

## 2) Problemas de Parâmetros – esta mensagem ICMP é gerada quando:

- o checksum do cabeçalho de um datagrama IP recebido estava errado;
- a versão do IP não é a 4;
- o datagrama é maior do que o MTU (512);
- o cabeçalho IP é menor do que 20 bytes.

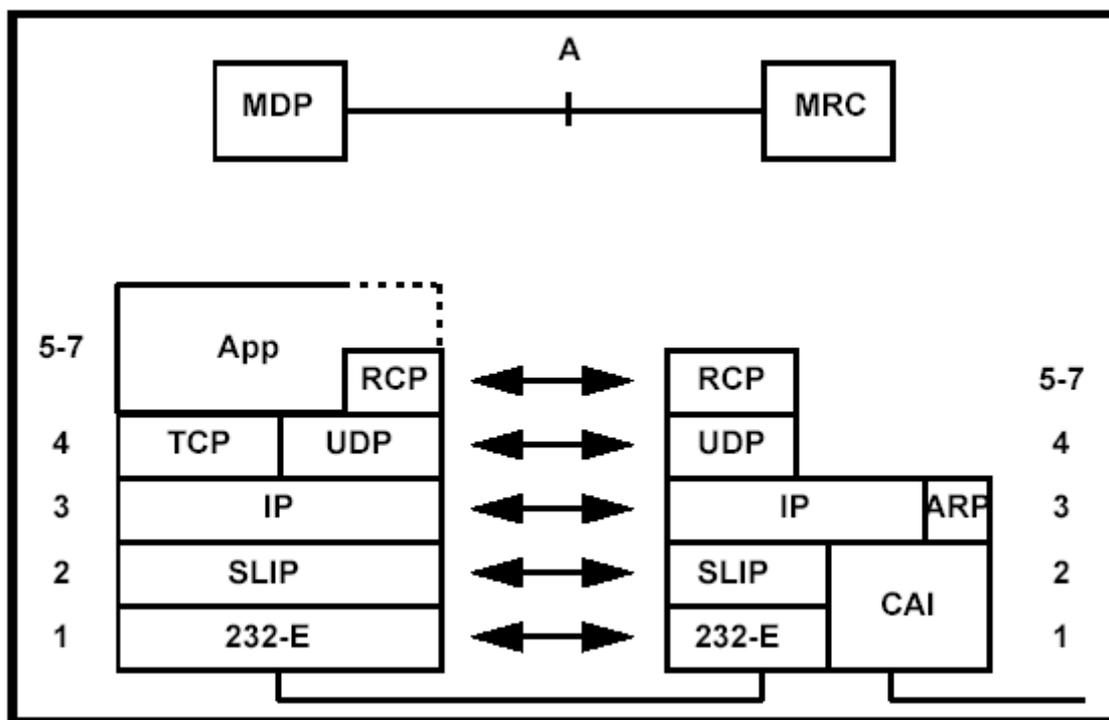
**3) Echo Request/Reply** – o MDP pode usar a mensagem do tipo ECHO para determinar se o MRC ou qualquer outro destino pode ser alcançado e vice-versa.

### 3.4.5.2 - Mensagens RCP

Toda comunicação utilizando o RCP pode ser resumida em qualquer uma das três categorias: MDP gera REQUESTS, o MRC gera RESPONSES aos REQUESTS do MDPs, e aos eventos não solicitados, são gerados REPORTS que são enviados ao MDP pelo MRC.

### 3.4.6 - Interface - MDP/MRC

A interface MDP/MRC (onde “A” é o ponto de referência) é descrita na Figura 3.6. A interface “A” consiste de uma interface serial entre o MDP e o MRC. Os protocolos nas camadas OSI 1, 2 e 3 são, como já dito anteriormente, o EIA/TIA-232, o SLIP e o IP, respectivamente. Enquanto o escopo da interface “A” é confinado às três camadas mais baixas do modelo OSI, outros protocolos são mostrados apenas no intuito de se aprimorar a perspectiva do funcionamento do sistema. As três camadas são descritas nas próximas seções.



**Figura 6 – Interface MDP/MRC**

### 3.4.6.1 - Camada 1

A interface “A” na camada física (Modelo OSI – camada 1) usa um subconjunto de sinais definidos pela interface de dados DTE/DCE especificada pelo EIA/TIA-232-E e CCITT V.24. Os níveis de tensão definidos nestas especificações são descritos como recomendações, como por exemplo, ON  $\geq$  +3V, OFF  $\leq$  -3V.

O subconjunto de sinais podem ser verificados na tabela 2.1.

Os sinais opcionais podem ser visualizados na tabela 2.2.

As funcionalidades destes sinais são discutidas de forma rápida abaixo (na interface “A”, o DCE corresponde ao gateway móvel).

- **Common:** este circuito estabelece um mesmo referencial “terra” (ground) para todos os circuitos de troca;
- **CTS:** os sinais neste circuito são gerados pelo DCE para indicar se o DCE está pronto ou não para transmitir dados. Quando estiver em ON indica que o DTE pode enviar dados ao DCE. Quando em OFF indica que o DTE não deve enviar dados ao DCE.
- **Transmitted Data:** os sinais neste circuito são gerados pelo DTE e são transferidos ao DCE local para a transmissão de dados ao(s) DCE(s) remoto(s) ou para manutenção ou controle do DCE local.
- **Received Data:** tais sinais são gerados pelo DCE local em resposta aos sinais de dos recebidos do(s) DCE(s) remoto(s) ou pelo DCE local no intuito de se prover manutenção ou com a finalidade de controle.
- **DSR:** estes sinais são usados para indicar se o DCE está pronto para operar.
- **RFR:** aqui, tais sinais têm a finalidade de controlar a transferência de dados no circuito *Received Data*, indicando se o DTE esta capacitado a receber dados.
- **DTR:** estes sinais são usados para indicar se o DTE está pronto para operar.
- **TDC:** tais sinais são usados para prover a informação de *timing* ao DCE. A transição de ON para OFF indica nominalmente o centro de cada elemento do sinal no circuito BA (Transmissor de dados)
- **RDC:** tem-se que estes sinais são usados para fornecer a informação de *timing* ao DTE. A transição de ON para OFF indica nominalmente o centro de cada elemento do sinal no circuito BB (Receptor de dados). A informação de *timing* no circuito DD (Receiver Data Clock) deve ser normalmente provida pelo DCE toda vez que o DCE for capaz de gerá-lo.

#### 3.4.6.2 - Camada 2

Na camada de enlace da interface MDP/MRC (camada OSI 2) é usado o SLIP. Os procedimentos e os formatos dos pacotes usados no SLIP são completamente explicados pela [RFC1055]. A explicação do protocolo SLIP foge do escopo deste trabalho.

#### **3.4.6.3 - Camada 3 e outras acima**

Na camada de rede da interface MDP/MRC (Camada 3 do modelo OSI) é usado o IP. O software IP no MDP é uma implementação da pilha de protocolos TCP/IP [RFC1122]. O MDP pode ser origem e destino de datagramas IPs, mas o mesmo não é capaz de roteá-los.

Já o software IP no MRC não deve ser origem nem destino dos datagramas IPs, mas o mesmo deve ser capaz de roteá-los entre suas interfaces. Estas interfaces são a interface serial e a interface RF. Dessa forma, o MRC deve incluir a funcionalidade requerida pelos “roteadores” da Internet, ou seja, funcionalidades dos gateways.

As próximas seções irão descrever o comportamento da transferência de dados e sinalização de controle presentes no MDP e do MRC.

#### **3.4.6.4 - Transferência de informação**

A informação a ser transmitida pelo MDP é encapsulada dentro dos datagramas IP antes de serem enviados ao MRC. O MRC deve examinar o campo de destino no cabeçalho IP para determinar se o MRC é o último destino do datagrama IP. Caso não seja, o MRC requer a CAI para transmitir o datagrama através do Subsistema RF até o destino. Neste caso, os campos do cabeçalho Ip devem ser preenchidos de acordo com as especificações presentes na [RFC791].

#### **3.4.6.5 - Sinalização de controle**

O MDP pode controlar o comportamento do MRC via o RCP (Radio Control Protocol). O RCP usa o serviço do UDP (User Datagram Protocol) que trabalha sobre o IP. Dessa forma, quando um datagrama IP chegar no MRC via interface “A”,

seu IP software verifica o campo de endereço de destino no intuito de saber se aquela informação deveria estar passando por ali. Se for, o software IP no MRC passa o datagrama para seu software UDP (e, finalmente, ao RCP) para processamento adicional.

### 3.4.6.6 - Campos do Cabeçalho IP

As mensagens RCP são encapsuladas em pacotes UDP/IP para que sejam transmitidos via interface “A” existente entre o MDP e o MRC. O detalhamento dos campos do cabeçalho IP foge do escopo deste trabalho. Assim, para maiores detalhes sobre o mesmo, verifique a [RFC791].

### 3.4.6.7 - Campos do Cabeçalho UDP

O detalhamento do cabeçalho UDP foge do escopo deste trabalho. Para maiores detalhes consultar [RFC768].

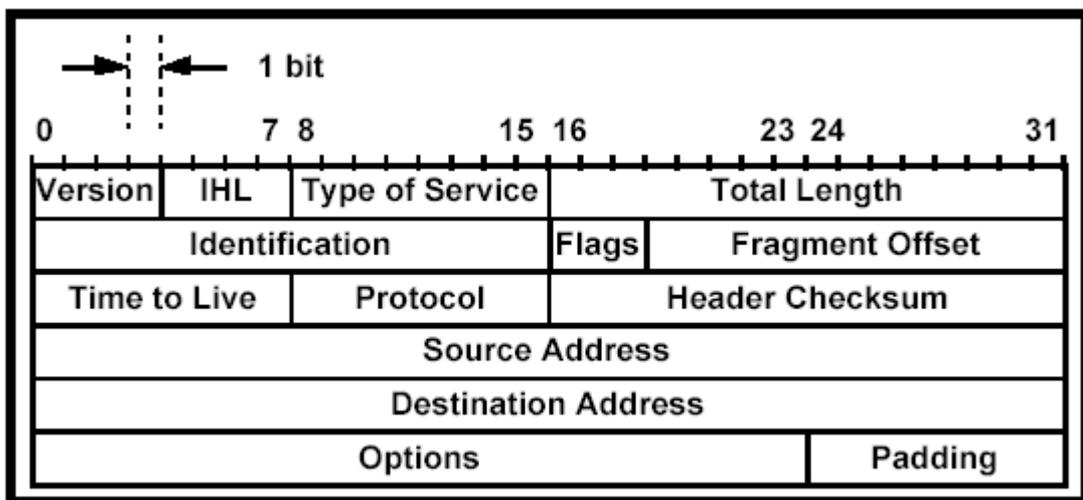
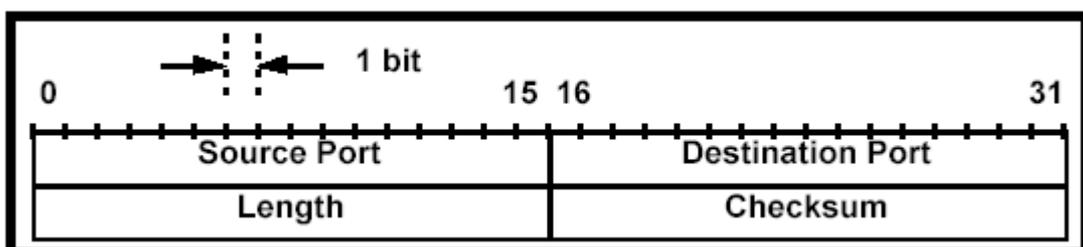


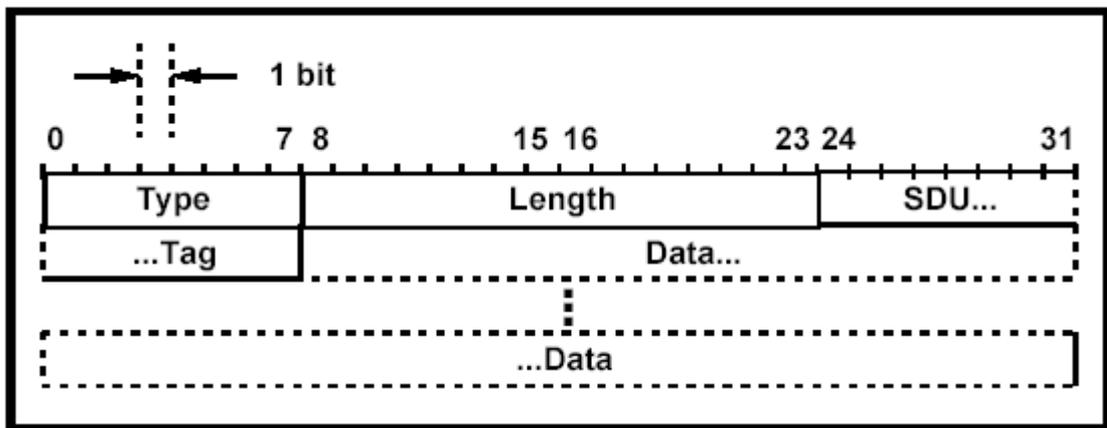
Figura 3.9 – Formato do Cabeçalho do pacote IP



**Figura 3.10 - Formato do Cabeçalho do pacote UDP.**

### 3.4.6.8 - Mensagens RCP

As especificações do RCP são fornecidas pelo IS-102.BAEE. Todas as unidades de serviço de dados do RCP possuem o formato genérico mostrado em seguida:



**Figura 3.11 – Formato das unidades de serviço de dados do RCP.**

Os campos referentes a Figura 3.11 estão abaixo definidos:

**Type:** Identifica o serviço de dados (SDU) como um REQUEST, RESPONSE ou REPORT . (ver seção...)

**Length:** Número de bytes campo “Data”

**SDU Tag:** Possui um valor arbitrário de 16 bits que permite a fonte de origem saber de onde se originou um RESPONSE a um determinado REQUEST.

**Data:** Contém os dados da informação do SDU. A codificação deste campo varia dependendo do campo “Type”.

### **3.4.7 - Interface Aérea (Um)**

A CAI (Common Air Interface) ocupa as camadas 1 e 2 do ponto de referência da Um.

Para que se faça a transferência de informação, o rádio deverá ter a capacidade de enviar datagramas IPs sobre o serviço de entrega da CAI.

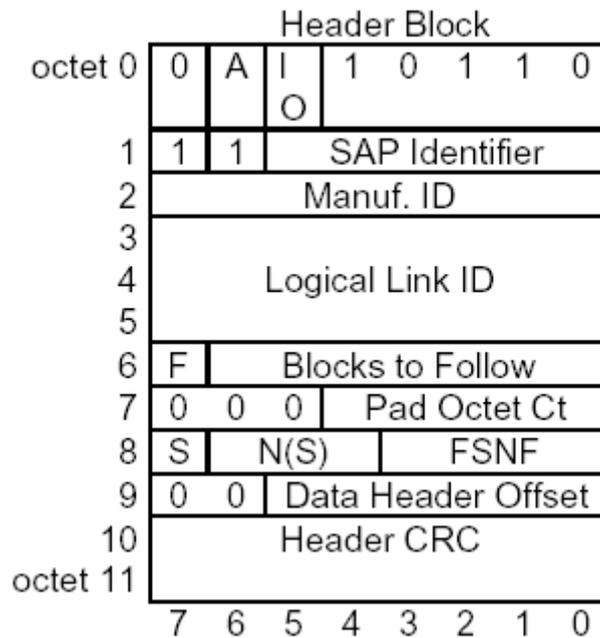
Para se usar criptografia, deve-se utilizar o SAP (Service Access Point identifier) na CAI. Para maiores detalhes, dever-se-á consultar a referência IS-102.AAAA, DES Encryption Protocol, seção 6.

#### **3.4.7.1 - Mapeamento da Camada 2**

A CAI define dois tipos de endereçamento: aprimorado e não-aprimorado (enhanced e non-enhanced). No endereçamento não-aprimorado, somente a fonte de origem ou a fonte de destino de mensagens está explicitamente mencionado no cabeçalho do frame da CAI; o Subsistema RF está implicitamente mencionado em tal frame. No endereçamento aprimorado, tanto a origem quanto o destino estão mencionados no cabeçalho do frame da CAI. Como dito anteriormente, o endereçamento não-aprimorado é usado no modo de dados FNE enquanto o endereçamento aprimorado é usado no modo repetidor de dados quanto no modo direto de dados.

##### **3.4.7.1.1 - Mapeamento de dados do FNE**

No modo de dados FNE, o endereçamento não aprimorado é sempre usado. Neste modo, a resolução do endereço IP para os endereços da CAI não é requerido nos rádios móveis e portáteis. Dessa forma, no modo de dados FNE, o único mapeamento realizado é a conversão de datagramas IP em frames CAI. A Figura 3.12 ilustra o cabeçalho dos frames CAI usando o endereçamento não-aprimorado. (non-enhanced addressing).



**Figura 3.12 – Formato do cabeçalho do frame CAI no endereçamento não aprimorado.**

Observando a Figura 3.12, tem-se que no endereçamento aprimorado, os campos devem ser configurados dessa forma:

**A:** 1 (confirmado)

**SAP Identifier:** CAI-SAP\_Packet\_DATA<sup>1</sup>

**Logical Link ID:** o endereço CAI da fonte de origem (MRC -> FNE) ou o endereço CAI do destino (FNE -> MRC)

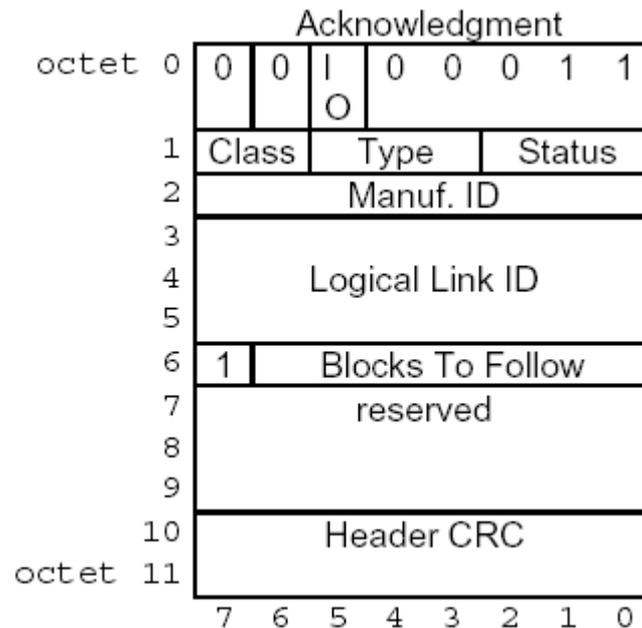
**Data Header Offset :** 0

O bloco do cabeçalho do pacote RESPONSE da CAI pode ser visualizado na Figura 3.13. O RESPONSE é utilizado para confirmar a entrega dos pacotes de dados enviados com o bit A/N “setado”, como se pode observar na figura acima.

O SAP empregado aqui é o “Packet Data SAP”, definido no TSB-102.BAAC CAI Reserved Values. O tamanho dos pacotes são limitados pela capacidade de

<sup>1</sup> Este campo é definido no TSB-102.BAAA, Common Air Interface, seção 6.7. Ele define que o pacote de dados SAP deve ter o valor de \$04

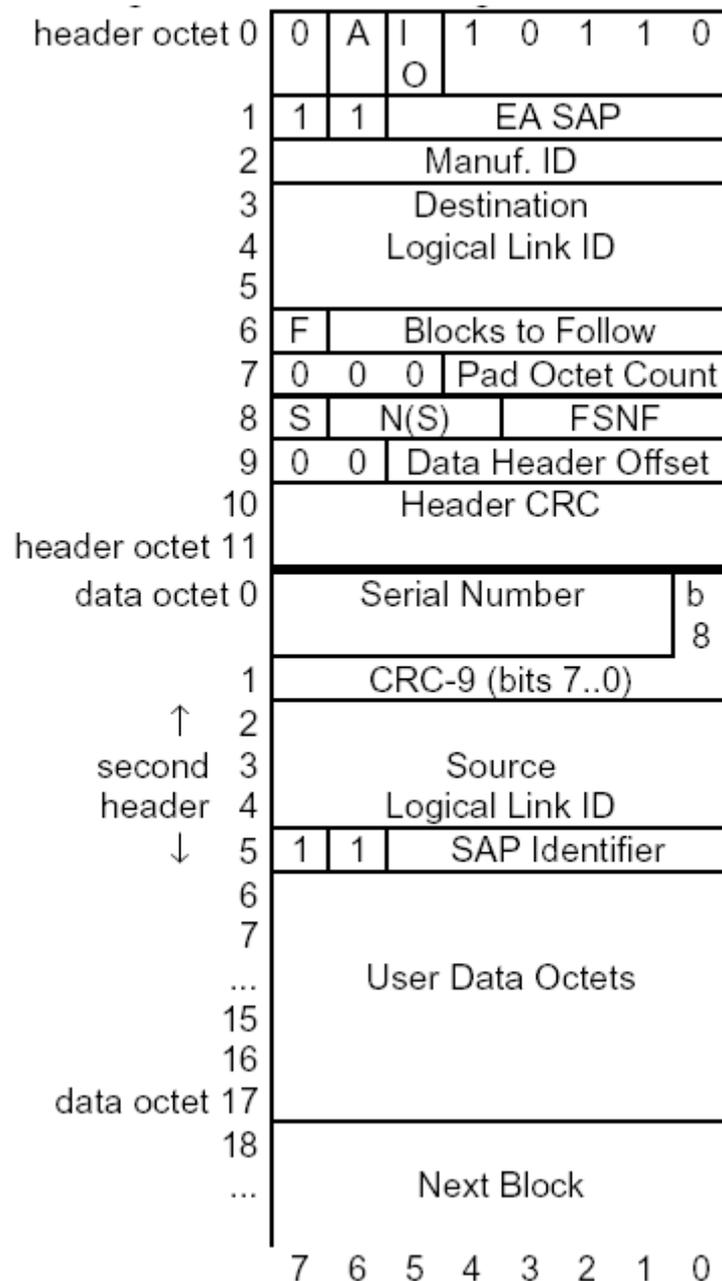
recepção de dados no MR (Mobile Radio) ou no RFG. Ambos devem ser capazes de transferirem, no mínimo, 512 octetos de informação em cada pacote. A fragmentação pode ser usada para pacotes IP de tamanho muito grande.



**Figura 3.13 – Formato do cabeçalho do pacote RESPONSE**

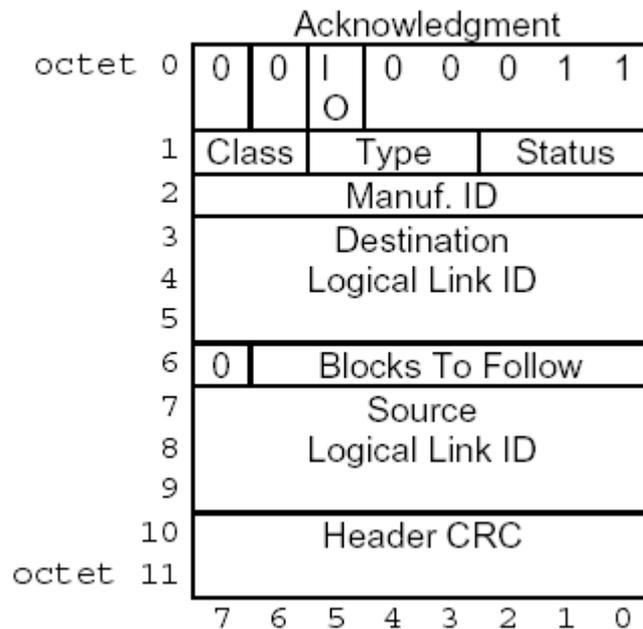
### 3.4.7.1.2 - Mapeamento do modo Repetidor e do modo Direto de dados

Para tais modos, o endereçamento aprimorado (enhanced addressing) é sempre usado. Nestes modos, o mapeamento dos endereços IP para os endereços da CAI é realizado pelo protocolo ARP. Dessa forma, deve-se não somente especificar o mapeamento dos datagramas IP em frames da CAI, mas também mapear os pacotes ARP em frames da CAI. A Figura 3.14 ilustra o cabeçalho dos frames da CAI usando o endereçamento aprimorado.



**Figura 3.14 – Formato do cabeçalho no endereçamento aprimorado.**

O cabeçalho do pacote RESPONSE pode ser visualizado na Figura 3.15. A diferença da Figura 3.13 é que os IDs da fonte e do destino são indicados e o bit 7 do octeto 6 é deixado em branco no intuito de indicar a presença de um endereço secundário. O ID de origem corresponde ao reconhecimento da identidade da fonte de origem, enquanto o ID do destino corresponde ao reconhecimento da identidade da fonte de destino.



**Figura 15 – Formato do pacote RESPONSE**

### 3.4.7.1.3 - Mapeamento do datagrama IP

No modo Repetidor e Direto, os campos do frame da CAI da Figura 14 devem ser configurados da seguinte maneira:

**Primeiro cabeçalho:**

**A:** 1(confirmed)

**SAP Identifier:** Endereçamento aprimorado SAP<sup>2</sup>

**Destination Logical Link:** endereço CAI do destino (MRC)

**Data Header Offset:** 0

**Segundo Cabeçalho:**

**Source Logical Link ID:** endereço CAI da origem (MRC)

<sup>2</sup> Tal campo é definido no TSB-102.BAAA, Common Air Interface, seção 6.7. Ela define que o pacote de dados SAP deve ter o valor \$04.

**SAP Identifier:** CAI-SAP\_Packet\_Data<sup>2</sup>

#### **3.4.7.1.4 - Mapeamento do pacote ARP**

Os pacotes ARP são enviados utilizando o endereçamento aprimorado e entrega sem confirmação. Nas próximas seções, usar-se-á as nomenclaturas “ARP requester” quando se fizer referência a uma requisição de endereço ao “ARP responder”. O pacote do ARP requester é enviado ao endereço de broadcast da CAI, enquanto o ARP Response é enviado pelo ARP responder para o ARP Requester.

##### **3.4.7.1.4.1 - Mapeamento do ARP Request**

No modo Repetidor e Direto, os campos do frame CAI devem ser configurados da seguinte forma:

###### **Primeiro cabeçalho:**

**A:** 0 (unconfirmed)

**SAP Identifier:** Endereçamento aprimorado SAP

**Destination Logical Link:** FFFFFFFF (hex: endereço broadcast)

**Data Header Offset:** 0

###### **Segundo Cabeçalho:**

**Source Logical Link ID:** endereço CAI do “ARP Requester” (MRC de origem)

**SAP Identifier:** CAI-SAP\_ARP

##### **3.4.7.1.4.2 - Mapeamento do ARP Reply**

Da mesma forma que na última seção, os campos do frame CAI devem ser:

**Primeiro cabeçalho:**

**A:** 1 (confirmed)

**SAP Identifier:** Endereçamento aprimorado SAP

**Destination Logical Link:** endereço CAI do “Arp Responser” (MRC de origem)

**Data Header Offset:** 0

**Segundo Cabeçalho:**

**Source Logical Link ID:** endereço CAI do “ARP Requester” (MRC de destino)

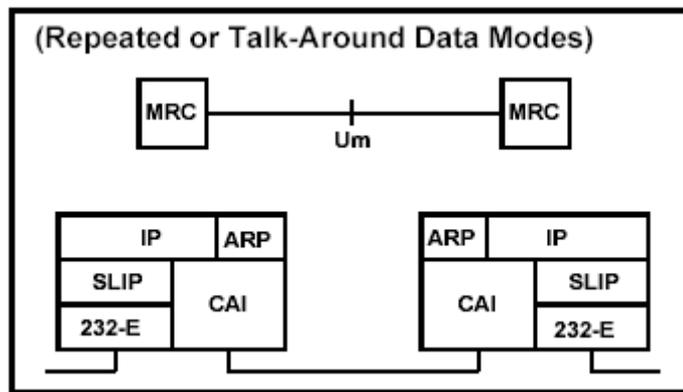
**SAP Identifier:** CAI-SAP\_ARP

**3.4.7.2 - Conteúdo do Pacote ARP**

Tanto o ARP quanto o IP são clientes da CAI. O conteúdo dos pacotes IPs, e as regras para se manusear os datagramas IPs podem ser verificadas na [RFC791]. O conteúdo dos pacotes ARP, quando o mesmo é utilizado para se resolver endereços IP em endereços Ethernet, é especificado pela [RFC826], que também especifica os procedimentos e as regras para que se promova a troca de pacotes ARP. Nas próximas seções, tentar-se-á explicar como o ARP é usado para se resolver os endereços IP em endereços CAI neste tipo de configuração de comutação de pacotes.

Como mencionado nas seções 3.4.3.1 e 3.4.4.1, quando o MRC estiver no modo repetidor ou no modo direto, o mesmo deve realizar uma resolução dinâmica de endereços. A resolução de endereços se resume em um processo pelo qual os endereços da camada de rede são mapeados em um endereço correspondente na camada de enlace. No caso específico deste trabalho, a resolução de endereços consta em mapear endereços IPs em endereços CAI. O protocolo que promove tal

mapeamento é chamado de Address Resolution Protocol (ARP). Tal protocolo é flexível o bastante para permitir a resolução entre qualquer protocolo de camada de rede em qualquer protocolo de camada de enlace. A Figura 14 mostra que o ARP usa a capacidade de transmissão da camada de enlace, a qual deve ter a capacidade de realizar broadcast.



**Figura 3.16 – Interface Um (Common Air Interface reference point).**

O ARP pode ser resumido da seguinte forma: um MDP gera um datagrama IP e o passa para o MRC via a interface “A”. O cabeçalho do datagrama IP contém tanto o endereço IP da origem e do destino, mas o mesmo não contém informação a respeito dos endereços da camada de enlace (CAI). O MRC de origem, antes de encapsular o datagrama IP em um frame CAI e entregá-lo ao MRC de destino (sendo que o destino final é um MDP conectado a este MRC), deve determinar o endereço CAI do MRC de destino. Assim, o MRC de origem envia um broadcast de pacote ARP Request sobre a interface aérea, utilizando tal capacidade da CAI. O pacote ARP Request, dentre outras coisas, o endereço da camada de rede do MDP de destino, cujo endereço da camada de enlace é desejado.

Após receber o pacote ARP Request, o MRC de destino responde ao primeiro MRC com um pacote ARP Reply no qual está especificado seu endereço da camada de enlace. Assim, o MRC de origem obtém a relação entre o endereço IP do MDP e o endereço CAI do MRC. Dessa forma, o MRC poderá enviar datagramas IP encapsulados em frames CAI ao MDP/MRC de destino. Se o processo ARP falhar, por exemplo, não se recebe nenhum ARP Reply depois de várias tentativas, o MRC de origem deverá retornar uma mensagem ICMP destino não alcançado ao MDP de origem.

O conteúdo do pacote ARP pode ser visualizado na Figura X, uma vez que os campos do cabeçalho ARP são iguais tanto para transmissão comutada de pacotes quanto para transmissão orientada a circuitos.

Vale ressaltar que o endereçamento aprimorado, não aprimorado, a resposta a uma requisição ARP, bem como os pacotes ARP são iguais tanto para a comutação de pacotes como para a comutação de circuitos. Algumas figuras, bem como o detalhamento das mesmas, foram repetidas em alguns tópicos de forma a facilitar a descrição dos tópicos abrangidos.

### **3.4.8 – Interface RFG/ES (Ed) – Comutação de pacotes de dados**

A interface RFG/Es (que é referenciada pelo ponto “Ed”) pode ser visualizada na Figura 15. A interface Ed consiste de um ponto de acesso entre um RFG e um ou mais ESs. Os protocolos nas camadas 1, 2 e 3 do modelo OSI são 802.3 [IEEE8023] ou Ethernet [RFC894], 802.2[IEEE8022] e IP [RFC791], respectivamente. Enquanto o escopo da interface Ed é restrito as três camadas mais baixas do modelo OSI, os outros protocolos na Figura 15 são mostrados de forma a melhorar a perspectiva de funcionamento. Tais camadas são descritas nas próximas seções.

#### **3.4.8.1 – Camadas 1 e 2**

A camada de enlace entre o RFG e o ES é definido pela Ethernet, 802.2 e 802.3 descritas pela [RFC894, [IEE8022] e [IEEE8023].

#### **3.4.8.2 – Camada 3 e acima**

A interface RFG/ES na camada de rede (camada 3 do modelo OSI) é o IP. O software IP no ES é uma implementação padrão da pilha de protocolos do TCP/IP e deve estar em conformidade com [RFC1122]. O ES pode ser origem e destino de datagramas IPs, mas o mesmo não é capaz de roteá-los.

Já o software IP no RFG não deve ser origem nem destino dos datagramas IPs, mas o mesmo deve ser capaz de roteá-los entre suas interfaces.. Dessa forma, o RFG deve incluir a funcionalidade requerida pelos “roteadores” da Internet, ou seja, funcionalidades dos gateways.

#### **4. Estudo dirigido ao LABTECC: Laboratório de aplicações de Tecnologias de Comunicações Críticas**

O Labtecc possui em sua infra-estrutura equipamentos APCO 25. Esses equipamentos são dimensionados para o tráfego de voz (Digital e Analógico).

Para transferência de sinal voz, o sistema RF oferece um controle mínimo. Durante a transferência de sinais de voz, a perda de informação devido à taxa de erro do sistema (BER), não impede a transferência da informação. Isso ocorre porque a informação antes de ser reproduzida, deve ser decodificada, sendo que o resultado dessa decodificação possui uma grande imunidade aos erros de bit. Um único bit, ou mesmo a perda de um pacote não altera de forma a tornar inteligível a mensagem enviada, onde, dessa forma, a mensagem ainda consegue ser captada pelo usuário do rádio. A correção não é utilizada para esses sistemas porque não faz sentido detectar um erro, encaminhar um pedido de reenvio de mensagem, sendo que a informação contida naquele pacote só teria utilidade se fosse decodificada em uma ordem correta. A transferência de dados necessita que o sistema controle os erros ocorridos durante a transmissão, o fluxo de dados e outras funções. Os erros devem ser detectados, corrigidos e caso a correção não seja possível, o reenvio da mensagem corrompida deve ser feito.

Os MRC (“Mobile Radio Controller”), RFG (“Radio Frequency Gateway”), RFS (“Radio Frequency Switch Facilities”) são os equipamentos que fazem o controle das requerido para transmissão de dados sobre o sistema. Ver figura 2.1 e 3.1.

O MRC é conectado diretamente ao MR (Mobile Radio). O controle sobre os dados que são transmitidos pelo Mobile Radio é realizado pelo MRC: o MR é o ponto de acesso ao sistema RF.

O RFG é responsável pelas funções de controles ligadas à integração do sistema com sistemas externos. Os dados que são enviados para destinatários em redes de comunicações externas são controlados tanto pelo MRC da fonte de dados, quanto pelo RFG.

O RFS controla apenas os serviços comutados à circuito. Ele controla a numeração das conexões, localiza os destinatários e define o caminho de cada rota.

Sem os equipamentos de controle de conexão não é possível utilizar o sistema RF para transferir dados. Os dados transferidos são sujeitos a erros que

não podem ser corrigidos e dessa forma, inutilizados totalmente ou parcialmente. No caso de binários a perda é total.

O sistema RF do Labtecc não possui os equipamentos para controle do fluxo de dados.

O controle é necessário em qualquer tipo de transmissão de dados. Mesmo as conexões diretas sem repetidoras precisam dos MRC's ligados aos pontos de acesso ao sistema RF (Mobile Radio).

Dessa forma, a grande dificuldade deste projeto foi de verificar a consistência dos aparelhos do Labtecc com as especificações do padrão APCO 25, uma vez que a falta do MRC no laboratório impossibilitou a realização de um experimento prático.

## 5 - Conclusão

A grande área de cobertura dos sistemas de comunicações críticas é uma vantagem sobre outras redes wireless: isso oferece uma grande mobilidade aos terminais que utilizam os MR como pontos de acesso RF. Por ser desenvolvido para aplicações onde a comunicação é crítica, o sistema agrega a robustez e qualidade aos serviços que trabalham sobre a rede.

O serviço de dados trabalha sobre TCP/IP. Classificando esses serviços quanto ao tipo de conexão tem-se: os serviços orientados a conexão (comutação de circuitos) e os serviços de comutação de pacotes.

A integração com sistemas externos dá ao sistema APCO 25 a possibilidade de que serviços dentro do sistema RF possam ser integrados com fontes controladoras externas. A isolação das dependências do sistema interno com a tecnologia externa integrada ao sistema traz a possibilidade de integração com novas tecnologias sem a necessidade de atualizar todo o sistema. Neste, caso a atualização é sofrida apenas pelo RFG, a interface de acesso ao sistema RF para as redes de comunicação externas.

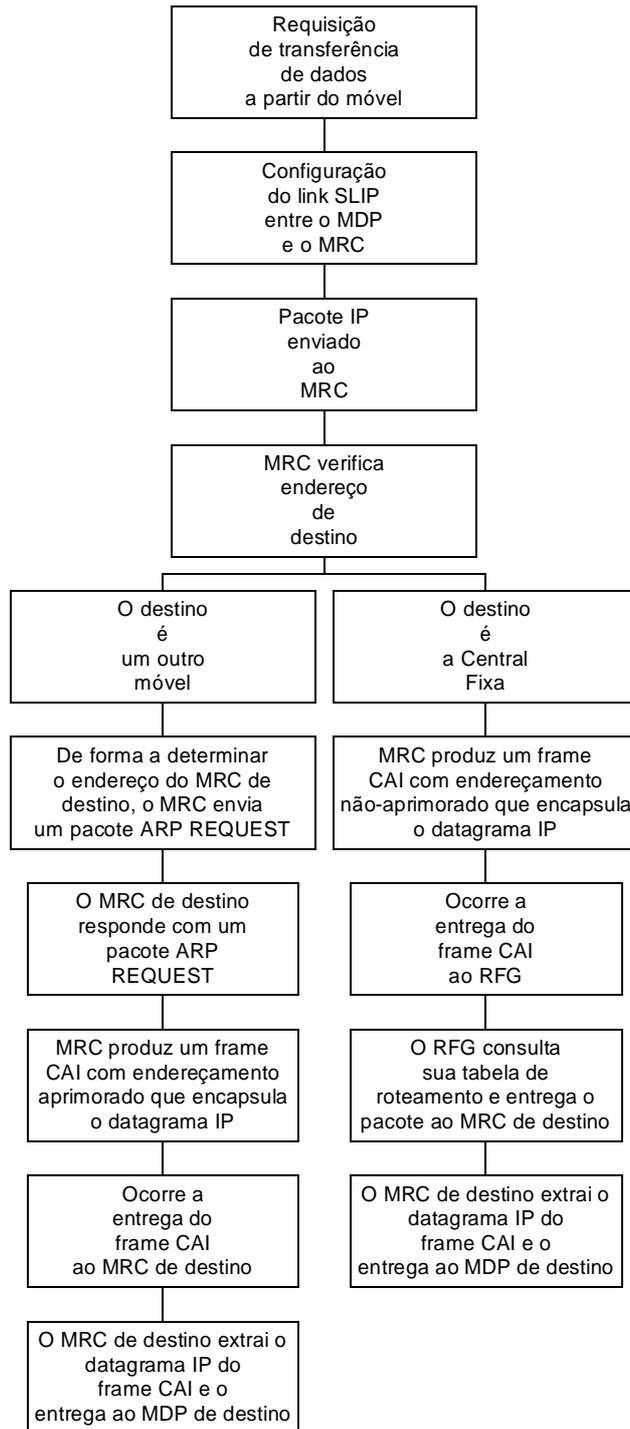
Dessa forma, verificou-se durante todo este projeto, as configurações necessárias para se implantar um sistema de transferência de dados baseado em APCO 25. Pôde-se observar ainda vários tipos de configurações onde as mesmas permitem alcançar uma transmissão de dados de acordo com a disponibilidade de equipamentos. A simulação de uma transferência de dados ficou restrita a um programa em C, em anexo. Isso ocorreu devido ao fato do Labtecc não possuir equipamentos de controle necessários para iniciar, manter e terminar uma conexão entre os dispositivos de transmissão. Assim, tem-se que no ponto de vista teórico, o uso do padrão APCO 25 traz a facilidade e a praticidade de se utilizar um sistema de comunicação crítica wireless para prover transferência de dados.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se o estudo e a simulação melhorada de um aplicativo de emergência médica que interligue as situações reais enfrentadas pelos bombeiros com as situações dos hospitais e prontos socorros de atendimento.

## 6 – ANEXOS

### 6.1 – FLUXOGRAMA DO ENSAIO

Abaixo, segue um fluxograma algorítmico que mostra as decisões tomadas pela simulação:



## 6.2 – CODIGO FONTE DO ENSAIO EM C

Abaixo, segue o código fonte da simulação de envio de dados entre um periférico de dados e a Central e entre uma patrulha móvel:

```
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>

#define MTU 3000

void Aguarde (int time)
{
    printf("\nAguarde");
    delay(time);
    printf(".");
    delay(time);
    printf(".");
    delay(time);
    printf(".");
    delay(time);
    printf(".");
}

void fragmenta (char dado[10000], int address)
{
    int pad, bloco, fragmento,tamanho;

    tamanho=strlen(dado);
    if(tamanho>512)
    {
        printf("\nTamanho dos dados maior que 512 octetos.");
        printf("\nRealizando fragmentacao...");
    }
}
```

```

        Aguarde(5000);
    }
    fragmento=(tamanho/512)+1;
    bloco=tamanho/16;
    pad=(16-(tamanho%16))*8;
    printf("\n\n  Serao transmitidos  %d  fragmento(s),  com  %d
bloco(s).",fragmento,bloco);
    printf("\nHavera um Padding de %d bits...",pad);

if(address==1)
{
    clrscr();
    printf("Cabeçalho do Frame CAI com endereçamento nao-aprimorado\n\n");
    printf("\n0 - 0 1 1 1 0 1 1 0");//0
    printf("\n1 - 1 1 0 0 0 1 0 0");//1
    printf("\n2 - 1 0 0 1 0 0 0 0");//2
    printf("\n3 - 0 0 0 0 0 0 0 0");//3
    printf("\n4 - 0 0 0 0 0 0 0 0");//4
    printf("\n5 - 0 0 0 0 0 0 0 1");//5
    if(fragmento>1)
        printf("\n6 - 1%b");//6
    else
        printf("\n6- 0%b");//6

    printf("\n7 - 0 0 0 %d",bloco);//7
    printf("\n8 - 0 0 0 %d",pad);//8
    printf("\n9 - 0 0 0 1 0 0 0 2");//9
    printf("\n10 - CRC do cabecalho");//10
    printf("\n11 - CRC do cabecalho");//11
    getch();

    printf("\n\nDados do Frame CAI");//0
    printf("\n0 - 0 0 0 0 0 0 0 1");//1
    printf("\n1 - 1 0 0 1 1 0 1 0");//2

```

```

getch();

printf("\n\nÚltimo bloco de dados do Frame CAI");
printf("\n0 0 0 0 0 0 0 %d",bloco);//0
printf("\n0 1 1 0 0 1 1 1");//1
printf("\nDados com Padding");//2
printf("\nDados com Padding");//3
printf("\nDados com Padding");//4
printf("\nDados com Padding");//5
printf("\nDados com Padding");//6
printf("\nDados com Padding");//7
printf("\nDados com Padding");//8
printf("\nDados com Padding");//9
printf("\nDados com Padding");//10
printf("\nDados com Padding");//11
printf("\nDados com Padding");//12
printf("\nDados com Padding");//13
printf("\nCRC dos Dados");//14
printf("\nCRC dos Dados");//15
printf("\nCRC dos Dados");//16
printf("\nCRC dos Dados");//17
getch();

```

```

printf("\n\nFormato do Pacote de resposta");
printf("\n0 - 0 0 1 0 0 0 1 1");
printf("\n1 - 0 0 0 0 1 0 0 1");
printf("\n2 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n3 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n4 - 0 0 0 0 0 0 0 1");
printf("\n5 - 1%d",bloco);
printf("\n6 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n7 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n8 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n9 - CRC do cabeçalho");

```

```

    getch();
}else
{
    clrscr();
    printf("Cabeçalho do Frame CAI com endereçamento aprimorado\n\n");
    printf("\n0 - 0 1 1 1 0 1 0 1");/0
    printf("\n1 - 1 1 0 0 0 1 0 0");/1
    printf("\n2 - 1 0 0 1 0 0 0 0");/2
    printf("\n3 - 0 0 0 0 0 0 0 0");/3
    printf("\n4 - 0 0 0 0 0 0 0 0");/4
    printf("\n5 - 0 0 0 0 0 1 0 1");/5

    if(fragmento>1)
        printf("\n6 - 1%b");//6
    else
        printf("\n6- 0%b");//6

    printf("\n7 - 0 0 0 %d",bloco);//7
    printf("\n8 - 0 0 0 %d",pad);//8
    printf("\n9 - 0 0 0 1 0 0 0 2");/9
    printf("\n10 - CRC do cabeçalho");//10
    printf("\n11 - CRC do cabeçalho");//11
    getch();

    printf("\n\nDados do Frame CAI");
    printf("\n0 - 0 1 1 1 0 1 0 1");/0
    printf("\n1 - CRC");/1
    printf("\n2 - 0 0 0 0 0 0 0 0");/2
    printf("\n3 - 0 0 0 0 0 0 0 0");/3
    printf("\n4 - 0 0 0 1 1 0 1 0");/4
    printf("\n5 - 1 1 0 0 0 1 0 0");/5
    printf("\n6... - Dados");
    getch();
}

```

```

printf("\n\nÚltimo bloco de dados do Frame CAI");
printf("\n0 - 0 1 1 1 0 1 0 1",bloco);
printf("\n1 - 0 1 1 0 0 1 1 1");
printf("\n2 - Padding");
printf("\n3 - CRC dos Dados");
getch();

printf("\n\nFormato do Pacote de resposta");
printf("\n0 - 0 0 1 0 0 0 1 1");
printf("\n1 - 0 0 0 0 1 0 0 1");
printf("\n2 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n3 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n4 - 0 0 0 0 0 0 0 1");
printf("\n5 - 1%d",bloco);
printf("\n6 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n7 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n8 - 0 0 0 0 0 0 0 0");
printf("\n9 - CRC do cabeçalho");
getch();
}
void RCP()
{
    char escolha;

    printf("\nChamada ao protocolo SLIP...");
    Aguarde(1000);
    printf("RCP requisitando configuracao entre interfaces MRC e MDP");
    printf("Gerando pacote RCP REQUEST a partir do MDP...");
    Aguarde(2000);
    printf("Recebendo pacote RCP RESPONSE do MRC...");
    Aguarde(500);
    printf("Conexao entre o MRC e o MDP realizada com sucesso...");
}

```

```

void BSS ()
{
    printf("\n\nRecepcao do sinal no BSS");
    printf("\nTraducao do sinal em forma digital");
    Aguarde(1000);
    printf("\nEnvio dos dados ao RFS");
    Aguarde(1000);
    printf("Dados enviados ao RFS com sucesso!!!");

}

```

```

void RFS()
{
    printf("\n\nDados recebidos no RFS");
    printf("\nConferindo consistencia dos dados..");
    Aguarde(1000);
    printf("\nConferência de dados realizada com sucesso!!!");
    printf("\nEnviando dados ao RFG...");
    Aguarde(2000);
    printf("\nDados enviados com sucesso ao RFG!!!");

}

```

```

void RFG (int destino, char dado[10000])
{
    char escolha;

    printf("\n\nFrame CAI recebido no RFG");
    printf("\nDesencapsulando pacote IP do frame CAI...");
    Aguarde(1000);
    printf("\nVerificando endereco de destino...");
    if (destino==1) //Central
    {
        printf("\nEndereco IP de destino: 192.0.1.10");
        printf("\nVerificando tabela de roteamento...");
    }
}

```

```

        Aguarde(1000);
        printf("\nEndereco IP de rede fixa");
        printf("\nConectando-se ao driver Ethernet...");
        Aguarde(2000);
        printf("\nConexao com o driver Ethernet realizada com sucesso...");
        printf("\nTransferindo pacotes");
        Aguarde(2000);
        printf("\nPacotes entregue a Ethernet com sucesso");
        printf("\nMensagem recebida na Central\n: %s", dado);
        getch();
    }
}

```

```

void Central (char dado[10000])
{
    char escolha;

    clrscr();

    printf("\nRealizando conexao entre MDP E MRC pela interface \"A\");
    printf("\nSolicitando protocolo RCP para configuracao do SLIP...");
    Aguarde(1000);
    printf("\nObtendo enderecos IPs...");
    Aguarde(1000);
    printf("\nEndereco IP do MDP de origem: 192.0.0.1");
    printf("\nEndereco IP do MRC de origem: 192.0.0.3");
    printf("\nEndereco IP da Central: 192.0.1.10");
    Aguarde(2000);
    printf("\nConfigurando MRC no modo FNE...");
    Aguarde(500);
    printf("\nGerando pacote(s) de dados...");
    printf("\nDados enviados ao MRC com sucesso!!!");
    delay(3000);
    printf("\n\nPacote(s) recebido com sucesso!!!");
}

```

```

printf("\nVerificando endereco de destino...");
Aguarde(500);
printf("\nEste MRC nao e o ultimo endereco de destino...");
printf("\nConstruindo frame CAI com enderecamento nao-aprimorado...");
Aguarde(1000);
fragmenta(dado,1); //1 indica nao-aprimorado
printf("\nEntrega do frame CAI ao Subsistema RF realizada com sucesso!!!");
BSS();
RFS();
RFG(1,dado); //Central
}
void Patrulha ()
{
    clrscr();

    printf("\nRealizando conexao entre MDP E MRC pela interface \"A\");
    printf("\nSolicitando protocolo RCP para configuracao do SLIP...");
    Aguarde(1000);
    printf("\nObtendo enderecos IPs...");
    Aguarde(1000);
    printf("\nEndereco IP do MDP de origem: 192.0.0.1");
    printf("\nEndereco IP do MRC de origem: 192.0.0.3");
    Aguarde(2000);
    printf("\nGerando pacote(s) de dados...");
    printf("\nDados enviados ao MRC com sucesso!!!");
    delay(3000);
    printf("\n\nPacote(s) recebido com sucesso!!!");
    printf("\nVerificando endereco de destino...");
    Aguarde(500);
    printf("\nEste MRC nao e o ultimo endereco de destino...");
    printf("\nConstruindo frame CAI com enderecamento aprimorado...");
    Aguarde(1000);
    printf("\nEnviando pacote ARP REQUEST");
    Aguarde(2000);

```

```

printf("\nRecepcao do pacote ARP RESPONSE");
Aguarde(1000);
printf("\nEndereco IP da Patrulha Movel: 192.0.1.130");
fragmenta(dado,2); //2 indica aprimorado
printf("\nEntrega do frame CAI ao Subistema RF realizada com sucesso!!!");
Aguarde(3000);
printf("\n\nRecepcao do frame CAI no MRC de destino");
Aguarde(1000);
printf("\nDesencapsulando o datagrama IP");
Aguarde(500);
printf("\nEnviando datagrama IP ao MDP de destino via SLIP");
Aguarde(2000);
printf("\nMensagem recebida no MDP com suceso!!!:\n%s",dado);
getch();
}

```

```

int main ()
{
    char dado[200];
    char escolha;

    clrscr();
    printf("Entre com o dado a ser transmitido: " );
    gets(dado);

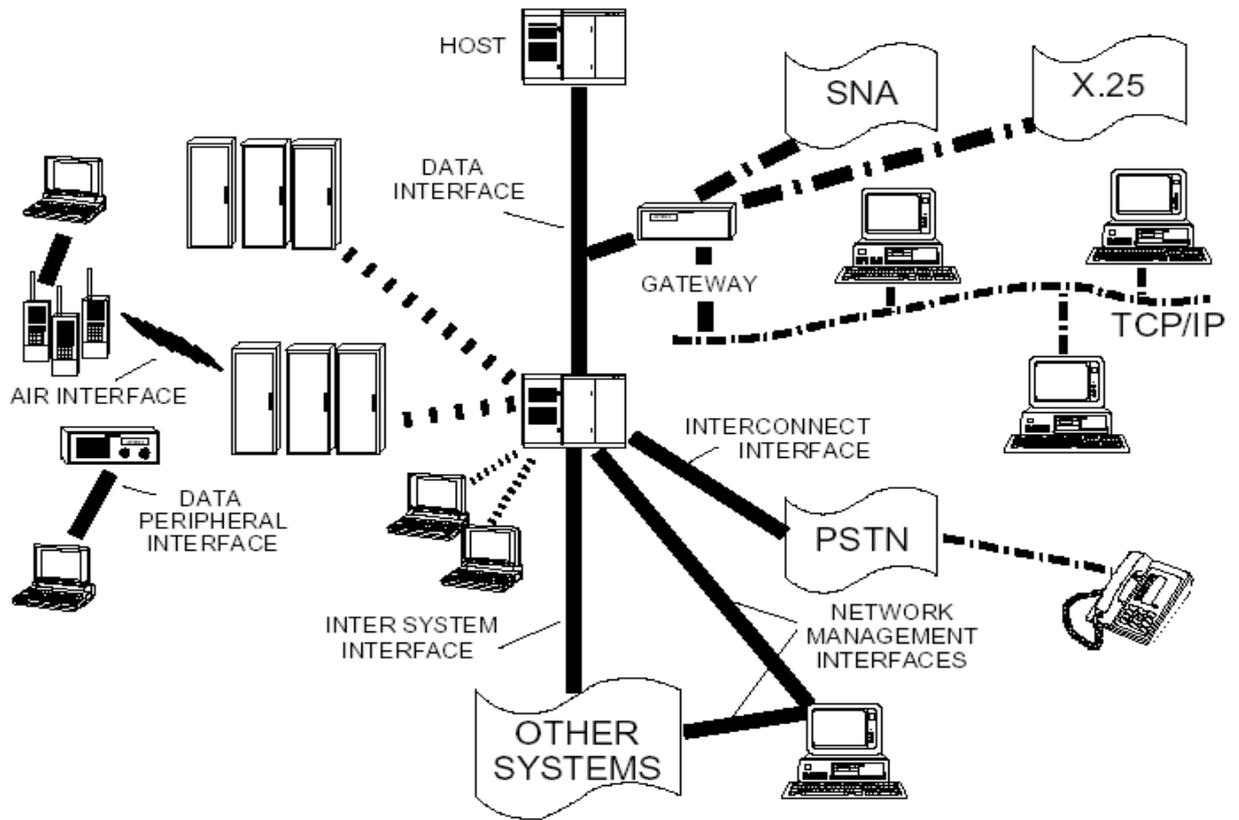
    printf("\n\nEntre com o MDP de destino:");
    printf("\n\n1 - Central");
    printf("\n2 - Patrulha Movel");
    printf("\n\nEscolha: ");
    escolha=getch();

    switch(escolha)
    {

```

```
    case '1':  
        Central(dado);  
        break;  
    case '2':  
        Patrulha();  
        break;  
    }  
  
    return(0);  
  
}
```

## Interfaces Abertas



## Bibliografia

TIA/EIA/IS-102.BAEA Project 25 Data overview

TIA/EIA/IS-102.BAEB Packet data specification

TIA/EIA/IS-102.BAEC Circuit data specification

TIA/EIA/IS-102.BAEE, "Radio Control Protocol (RCP)"

TSB-102.BAAA, "APCO Project 25 Common Air Interface"

EIA/TIA-232-E, "Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange", July 1991

TIA/EIA-602, "Data Transmission Systems and Equipment - Serial Asynchronous Automatic Dialing and Control", June 1992

RFC768, "User Datagram Protocol", DDN Network Information Center, 28 August 1980

RFC791, "Internet Protocol", DARPA Internet Program Protocol Specification, DDN Network Information Center, September 1981

RFC792, "Internet Control Message Protocol", DARPA Internet Program Protocol Specification, DDN Network Information Center, September 1981

RFC826, "An Ethernet Address Resolution Protocol", DDN Network Information Center, November 1982

RFC1812, "Requirements for IP Version 4 Routers", DDN Network Information Center, June 1995