



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE
COMPUTAÇÃO

Entroncamento Telefônico nas Redes ATM

Carlos Gunter Klemz

Eng. Eletrônico pelo Instituto Tecnológico de
Aeronáutica

Orientador: **Ivanil Sebastião Bonatti**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação como parte dos requisitos exigidos
para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica.

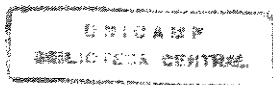
Este exemplar corresponde a redação final da tese	
defendida por <i>Carlos Gunter Klemz</i>	
e aprovada pela Comissão	
Julgada em <i>18 / 03 / 1998</i>	<i>Ivanil Bonatti</i>
	Orientador

Campinas - SP - Brasil

Março 1998

K676e

34642/BC



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	101
V.º	101
TOMADO DO	34642
PROD	395/98
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	04/08/98
N.º CPD	

CM-00113972-B

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA

BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Klemz, Carlos Gunter

Entroncamento telefônico nas redes ATM. / Carlos
Gunter Klemz.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

K676e

Orientador: Ivanil Sebastião Bonatti

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação.

1. Telecomunicações. 2. Sistemas de
telecomunicação. 3. Telecomunicações – Sistemas de
comutação. 4. Rede digital de serviços integrados. I.
Bonatti, Ivanil Sebastião. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação. III. Título.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ivanil Sebastião Bonatti – Presidente

Doutor em Automática – 1981 – Toulouse – França

Local de Trabalho: DT – FEEC – UNICAMP

Prof. Dr. Shusaburo Motoyama

PhD em Engenharia Elétrica – 1982 – Tóquio – Japão

Local de Trabalho: DT – FEEC – UNICAMP

Prof. Dr. Jorge Moreira de Souza

Doutor em Automática – Informática – 1981 – Toulouse - França

Local de Trabalho: CPqD – Telebrás

Suplente:

Prof. Dr. Pedro Luis Dias Peres

Doutor em Automática - 1989 - Toulouse - França

Local de Trabalho: DT – FEEC – UNICAMP

Aos

Prof. Dr. Ivanil Sebastião Bonatti, pelo incentivo e dedicação à realização desta tese
Departamento de Comutação do CPqD da Telebrás, pelo apoio
Victor A. Valenzuela Diaz, pela colaboração e apoio
William Bertucci Viais, Carlos Cassano, Jesus Rando Gomez, Júlio Ferreira Jr, Wilson
Ribeiro da Silva, pela colaboração e valiosas informações e discussões técnicas
Thaís, João, Raquel, Beatriz e Júlia, pela paciência

meu sincero agradecimento.

À

Banca Examinadora

meu reconhecimento e respeito.

Resumo

O objetivo desta tese é apresentar soluções de rede e de interfuncionamento que possibilitem a utilização da rede ATM como rede trânsito para serviços telefônicos e de faixa estreita, visando a expansão das redes numa infra-estrutura comum ATM.

É proposta uma rede trânsito não hierárquica, entroncando-se centrais diretamente por circuitos virtuais ATM, através de interfuncionamento ATM nas centrais locais. É estabelecido como princípio básico a implementação dos serviços equivalentes aos existentes na rede trânsito atual, permitindo também a coexistência com a rede atual em termos de plano de numeração, sinalizações, distribuição de sincronismo, tarifação e controle de tráfego.

São analisadas as características gerais da rede trânsito telefônica e da rede ATM, as técnicas de adaptação de informações em modo circuito para ATM e os diferentes métodos de interfuncionamento de redes faixa estreita com a rede ATM. São especificados funcionalmente uma unidade de interfuncionamento logicamente integrada à rede telefônica e à rede ATM, os grupos de troncos virtuais ATM com capacidade dinâmica de tráfego emulando grupos de troncos telefônicos, os métodos para o suporte dos diferentes procedimentos de sinalização, a arquitetura para o tratamento de chamadas individuais na rede trânsito ATM não hierárquica e outros serviços inerentes à rede trânsito telefônica. Finalmente é proposta uma implementação da unidade de interfuncionamento integrada numa central telefônica comercial.

Abstract

This Thesis intends to provide network and interworking solutions allowing the use of ATM networks as the transit part of the telephone and narrowband services network, consolidating network evolution and expansion over a common ATM infrastructure.

Combining interworking functions and local switches, a non hierarchical transit network is proposed, connecting local switches through direct ATM virtual connections. As basic principles, existing transit network services must be supported, while coexistence with installed telephony infrastructure must be guaranteed, regarding the numbering plan, signalling, clock distribution, accounting procedures and traffic control.

Architecture and service capabilities of the telephone transit network and the ATM network are described. Circuit mode to ATM adaptation techniques and network interworking methods are also described. A functional Interworking Unit, logically integrated into the telephone and the ATM networks, is specified. Concepts of ATM virtual trunk groups with dynamic capacity emulating telephone trunk groups, signalling transport procedures and call by call processing architectures and other services support are part of the system specification. Finally an integrated interworking unit implementation approach into a telephone switch is presented.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Sumário.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. Contribuições.....	6
1.4. Organização do trabalho.....	7
2. CARACTERIZANDO A REDE TRÂNSITO TELEFÔNICA COM A INTRODUÇÃO DE ATM	9
2.1. Características da rede trânsito	9
2.2. Topologia e arquitetura da rede trânsito ATM	12
2.3. Aplicações e estratégias de entroncamento via ATM.....	16
2.4. Implementação dos serviços da rede trânsito na rede de entroncamento ATM.....	21
3. ATM E MÉTODOS AAL PARA ADAPTAÇÃO DE CIRCUITOS SÍNCRONOS ...	26
3.1. Características básicas da rede ATM.....	26
3.2. O protocolo de adaptação AAL1.....	36
3.3. O protocolo de adaptação AAL2.....	40
4. MÉTODOS DE INTERFUNCIONAMENTO PARA VOZ: EMULAÇÃO DE CIRCUITO E ENTRONCAMENTO COMUTADO	46
4.1. Emulação de circuitos.....	46
4.2. Entroncamento ATM comutado para serviços de telefonia e faixa estreita.....	57
5. ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL DA UNIDADE DE INTERFUNCIONAMENTO ATM PARA TRONCOS TELEFÔNICOS DIGITAIS	61
5.1. Requisitos fundamentais	61
5.2. Descrição da operação da UI.....	62
5.3. Funções de transporte – comutação e adaptação.....	65
5.4. Funções de sinalização.....	74
5.5. Funções de estabelecimento de chamadas.....	76
5.6. Provisionamento e gerência dinâmica da capacidade de grupos de troncos virtuais ATM	87
6. CONCLUSÃO	91
7. REFERÊNCIAS	95
8. ABREVIACÕES.....	98
APÊNDICE - UNIDADE DE INTERFUNCIONAMENTO INTEGRADA.....	100

1. INTRODUÇÃO

1.1. Sumário

O objetivo desta tese é apresentar soluções de rede e de interfuncionamento que possibilitem a utilização da rede ATM como rede trânsito para serviços telefônicos e de faixa estreita, visando a expansão das redes numa infra-estrutura comum ATM.

É proposta uma rede trânsito não hierárquica, entroncando-se centrais diretamente por circuitos virtuais ATM, através de interfuncionamento ATM nas centrais locais. É estabelecido como princípio básico a implementação dos serviços equivalentes aos existentes na rede trânsito atual, permitindo também a coexistência com a rede atual em termos de plano de numeração, sinalizações, distribuição de sincronismo, tarifação e controle de tráfego.

São analisadas as características gerais da rede trânsito telefônica e da rede ATM, as técnicas de adaptação de informações em modo circuito para ATM e os diferentes métodos de interfuncionamento de redes faixa estreita com a rede ATM. São especificados uma unidade de interfuncionamento logicamente integrada à rede telefônica e à rede ATM, os grupos de troncos virtuais ATM com capacidade dinâmica de tráfego emulando grupos de troncos telefônicos, os métodos para o suporte dos diferentes procedimentos de sinalização, a arquitetura para o tratamento de chamadas individuais na rede trânsito ATM não hierárquica e outros serviços inerentes à rede trânsito telefônica. Finalmente é proposta uma implementação da unidade de interfuncionamento integrada numa central telefônica comercial.

A principal motivação desta tese é viabilizar tecnicamente a expansão das redes de serviços telefônicos, das redes de dados e das redes de faixa larga, tradicionalmente realizadas separadamente, em uma única rede de transporte ATM que seja capacitada para tais serviços e apresente escala de tráfego suficiente para viabilizá-la economicamente.

O ponto crítico no uso da tecnologia ATM como suporte ao entroncamento telefônico está em atender as características de tempo real, de sincronismo e de qualidade de serviço inerentes aos serviços da rede síncrona, e ao mesmo tempo utilizando eficientemente as capacidades de provisionamento dinâmico da rede ATM.

1.2. Motivação

A rede ATM vem sendo concebida pelo ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunication*) como uma rede flexível, capaz de atuar tanto como uma rede de serviços integrados de faixa larga (B-ISDN - *Broadband Integrated Services Digital Network*) como na forma de uma rede básica de transporte, com diferentes graus de serviço, para as demais redes especializadas de telecomunicações.

Situação de ATM nas redes atuais ¹

As aplicações de ATM historicamente mais desenvolvidas são relativas ao transporte de dados, como a implementação de redes *backbone* para redes *Frame Relay*, *Internet* e a emulação de redes locais. Os serviços de vídeo, considerados no passado como os principais demandadores de redes faixa larga, ainda não apresentam penetração nem volume de tráfego significativos, em parte pela falta de consenso nos padrões definitivos de codificação, mas também por falta de padrões nas redes de acesso e até por dificuldades de regulamentação dos serviços de vídeo.

Os serviços de voz em ATM tem sido relegados a um segundo plano em função da sua natureza faixa estreita e em função da constante evolução dos serviços da rede telefônica convencional. Apenas formas simples de emulação de circuitos sobre ATM estão consolidadas na padronização e tem sido oferecidas em produtos para redes públicas e privadas.

Nas redes corporativas, as primeiras aplicações de ATM visaram graus de desempenho e características de tempo real, não oferecidos pelas tradicionais redes locais, para atender as novas aplicações de comunicação de dados em alta velocidade, como as *Intranets* e a videoconferência. A implantação de ATM nas redes corporativas alavancará o crescimento das aplicações e do número de terminais multimídia, que deverão requerer o interfuncionamento com os terminais telefônicos na rede pública, para serviços de voz, fax e modems. O crescimento da demanda de comunicação externa das empresas, incluindo a *Internet*, requer maior banda nas conexões com a operadora pública representando um acréscimo no custo de telecomunicações para estas empresas. Esse acréscimo está sendo parcialmente compensado pelas formas de compressão de informações aplicadas tanto aos dados como à voz e pela otimização dos métodos de multiplexação, visando o transporte integrado de dados e PABX via *Frame Relay* e ATM.

¹ Dados monitorados em publicações periódicas, em contatos pessoais com fabricantes e operadoras nacionais e internacionais e em relatórios de consultorias especializadas em tecnologia e mercado [1] disponíveis na biblioteca do CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás.

Os algoritmos de compressão de voz e detecção de silêncio, desenvolvidos para o telefone celular digital e a para a *Internet*, produzem informações na forma de pacotes, apropriados para serem transportados por enlaces *Frame Relay* e ATM. Isto está impulsionando o recente esforço de padronização de voz sobre ATM visando as aplicações de entroncamento de PABX e nas redes de telefonia celulares.

A introdução do ATM como técnica de multiplexação e como rede de transporte para a rede celular digital será uma etapa significativa na sua consolidação para serviços de voz. As entidades de padronização ATM Forum e ITU-T iniciaram os estudos em *wireless ATM* [39] em meados de 1996, com aplicação inicial na parte terrestre da rede, mas com planos de também utilizá-la na parte sem fio. A tecnologia ATM será empregada inicialmente na interconexão de estações rádio base com centros de comutação e na sinalização da rede celular e futuramente deverá cursar chamadas iniciadas e terminadas na rede celular. Uma das vantagens da tecnologia ATM decorre do uso do protocolo de adaptação AAL 2 [38] para a multiplexação dos canais de voz, comprimidos nos terminais para 8 ou 13 *kbps*, utilizando de modo eficiente os enlaces de 2 *Mbps*. A conversão para 64 *kbps* se dará apenas nos pontos de entroncamento com a rede telefônica fixa.

As operadoras de telefonia deparam-se hoje com o aumento da demanda por novos serviços e necessitam adotar uma estratégia de evolução de rede que inclua a tecnologia ATM. Essa demanda de ATM, entretanto, não vem justificando a introdução em grande escala de ATM integrado à rede pública de telefonia, tendo se restringido sua utilização quase totalmente a redes ATM paralelas e dedicadas aos serviços de comunicação de dados.

A evolução das redes telefônicas e das redes ATM – um cenário do Brasil

Uma questão fundamental no planejamento das redes de telecomunicações é uma estratégia segura e econômica de evolução das redes públicas para ATM. Países desenvolvidos com crescimento vegetativo da rede telefônica têm implantado redes ATM sobrepostas, principalmente para transmissão de dados. Os demais países ainda não iniciaram uma implantação significativa de infra-estrutura faixa larga [1] .

O Brasil apresenta um cenário com alta demanda de telefonia ainda por ser atendida, o que deverá requerer alto investimento na infra-estrutura da rede telefônica. O programa PASTE (Programa de Recuperação e Ampliação do Sistema de Telecomunicações e do Sistema Postal) [3] , que apresenta as metas de expansão da rede de telecomunicações brasileira, prevê a duplicação do número atual de aproximadamente 20 milhões de terminais telefônicos, nos próximos 5 anos, e a triplicação dos aproximadamente 6 milhões de terminais celulares, no mesmo período. Além disso, novos serviços de caráter intrinsecamente estatísticos estão

surgindo sobre a rede telefônica e a ISDN, como o acesso aos provedores *Internet*. Estes serviços apresentam um crescimento explosivo, sobrecarregando a rede trânsito e também estão demandando a ampliação dessa rede, provocando uma revisão do perfil de tráfego a ser considerado no dimensionamento da rede telefônica e a busca de soluções mais eficientes para tais aplicações.

Ao mesmo tempo as grandes corporações, ao interligarem suas redes locais criando as redes virtuais privadas, solicitam das operadoras públicas de telecomunicações um sistema de faixa larga de serviços integrados. Ao invés de atender esta demanda com linhas privadas, as operadoras deveriam aproveitar a oportunidade e implantar a tecnologia ATM em suas redes.

Para atender o crescimento de tráfego da *Internet*, as redes de dados determinística e *Frame Relay* vem sendo gradativamente expandidas com ATM.

As característica deste cenário é a perspectiva de crescimento intenso tanto da rede telefônica como das redes de dados.

A oportunidade de consolidar as expansões em uma única infra-estrutura.

Ao invés de investir na expansão de duas infra-estruturas de comutação independentes, a estratégia de evolução defendida nesta tese é a expansão de uma rede de transporte ATM comum, tanto para os serviços telefônicos como para outros serviços. Atinge-se com esta estratégia duplo objetivo: evitar investimentos para introduzir novas centrais trânsito e *cross-connects* modo circuito; e propiciar a escala de tráfego necessária para viabilizar economicamente a infra-estrutura ATM para os emergentes serviços de faixa larga.

Outras aplicações de voz irão se beneficiar da rede de transporte ATM: o serviço celular digital; o entroncamento ATM para PABX; interfuncionamento com serviços de voz na *Internet*; interfuncionamento entre terminais multimídia ATM e terminais da rede telefônica.

Como realizar o interfuncionamento de rede.

A utilização da rede ATM como rede trânsito telefônica requer o interfuncionamento entre as duas redes.

As funcionalidades de interfuncionamento de enlaces modo circuito devem incluir a adaptação de circuitos a 64 *kbps* para células ATM, o estabelecimento das conexões ATM entre centrais, o mapeamento ou a conversão das sinalizações e o interfuncionamento dos mecanismos de supervisão e gerência das redes.

A emulação da rede trânsito telefônica vai além dessas funcionalidades e a solução deve preservar as características da rede atual: os diferentes métodos de sinalização; o plano de numeração; os serviços suplementares disponíveis para os assinantes; os diferentes serviços de

tarifação; os serviços de valor adicionado como correio de voz e os serviços de rede inteligente. A qualidade de serviço da rede trânsito existente deve ser mantida.

O principal desafio na introdução das técnicas de transporte de voz sobre a rede assíncrona ATM está em atender as características de tempo real inerentes aos serviços da rede síncrona, tais como, o retardo, os erros e perdas de informação e a recuperação de sincronismo. Os métodos para reduzir o retardo na comunicação, introduzido pelos mecanismos de adaptação ao ATM, têm impacto na qualidade da recuperação do sincronismo, e na necessidade de supressão de eco. A rede ATM deve distribuir o sincronismo para as centrais com as quais interfunciona.

Os circuitos de voz a 64 *kbps* serão transmitidos em células ATM, através de circuitos virtuais ATM denominados *Grupos de Troncos Virtuais ATM*. Múltiplos canais de voz podem ser mapeados nestes troncos virtuais, que terão que ser previamente provisionados.

O modo mais apropriado de implementar o entroncamento entre centrais telefônicas é alocar dinamicamente a capacidade estritamente necessária aos grupos de troncos virtuais, equivalente ao interesse de tráfego momentâneo entre cada par de centrais.

O que já é padronizado para interfuncionamento

Até meados de 1997, alguns padrões ITU-T para o interfuncionamento em modo circuito para ATM foram publicados. O protocolo de camada de adaptação tipo 1, AAL 1 (*ATM Adaptation Layer type 1*) [14] especifica diversas técnicas e procedimentos envolvidos na adaptação de informações isócronas para ATM, aplicáveis de modo diferente para voz, vídeo e canais estruturados $N \times 64$ *kbps*. A recomendação I.580 [13] apresenta diversos cenários de interfuncionamento entre a B-ISDN e a ISDN especificando os protocolos de adaptação de informações do usuário e o interfuncionamento da sinalização não enfocando os serviços de rede.

No ATM Forum foram especificados o serviço de emulação de circuito (*CES – Circuit Emulation Service*) [34], com o objetivo de prover transporte de circuitos estruturados em $N \times 64$ *kbps* e não estruturados a 2.048 *kbps* na rede ATM e o *Dynamic Bandwidth Circuit Emulation Service* (DBCES) [35] que é uma evolução do CES no qual se detecta e transporta apenas os canais ativos no enlace. Também foi desenvolvida pelo ATM Forum a especificação de interfuncionamento de serviços de voz em terminais ATM utilizando adaptação AAL1 [36].

Propostas para entroncamento de equipamentos de telefonia

Enquanto os serviços de emulação de circuitos permitem apenas a interconexão entre duas terminações fixas, várias propostas de entroncamento comutado estão sendo debatidas. A

implementação de soluções proprietárias pelos fabricantes de equipamentos para redes privadas, vem estimulando a padronização, como a recente especificação do ATM Forum para o entroncamento de serviços de faixa estreita usando AAL 1, destinada a interconexão de PABX em redes privadas.

O novo padrão de protocolo de adaptação AAL 2 [38] , aprovado pelo ITU-T em outubro de 1997, estabelece as bases para novas aplicações de multiplexação e transporte de voz sobre ATM. Visa aplicações de voz e dados em baixas taxas, sensíveis a retardo, com uso eficiente de banda. Utiliza o modo pacote para a multiplexação de até 256 conexões num único circuito virtual ATM, resolvendo problemas de retardo de empacotamento e estruturação típicos da AAL1. Esta AAL 2 será empregada nas aplicações de entroncamento ATM em redes celulares digitais e redes privadas de voz. Traz ainda a perspectiva de convergência das técnicas de transporte de voz em modo pacote na rede ATM, *Frame Relay*, celular e *Internet*.

Implementações de comutador ATM integrado à central telefônica tem sido propostas [5] , [6] , [7] e [10] sem no entanto terem ainda entrado no mercado comercial. Propostas de utilização da rede ATM como *backbone* para tráfego síncrono [12] também defendem a sua viabilidade econômica.

A utilização da rede ATM, com as capacitações da rede trânsito telefônica, requer soluções mais abrangentes e algumas estratégias foram apresentadas em [8] e [9] , abordando o problema de encaminhamento de chamadas no ambiente de rede ATM não hierárquica.

O entroncamento direto das centrais telefônicas através de circuitos virtuais ATM, implica numa rede não hierárquica (eliminando-se as centrais trânsito), requerendo o encaminhamento completo na origem em todas as centrais, o que não se mostra prático devido à dificuldade de implementar enormes bases de dados (tabelas de encaminhamento) nas centrais locais e de ter de atualizá-las a cada alteração da rede. Algumas alternativas concentrando estas funções em pontos específicos da rede, propõem soluções usando a rede inteligente através de servidores de tradução de endereços telefônicos em endereços ATM [8] e servidores de telefonia emulando centrais trânsito [9] .

1.3. Contribuições

É provável que a curto prazo a implantação da infra-estrutura das redes públicas ATM decorra de uma concepção de rede de dados, em virtude da pressão da demanda da *Internet* e do planejamento de rede não integrado das operadoras.

O principal objetivo da tese é apresentar uma solução que possibilite a utilização dessa infra-estrutura ATM para a expansão da rede trânsito telefônica, não se limitando aos aspectos

técnicos da adaptação de circuito para ATM, mas realizando as funções equivalentes às das centrais trânsito.

São especificadas as funcionalidades de uma Unidade de Interfuncionamento logicamente integradas às da rede telefônica e às da rede ATM, propondo soluções tanto para a adaptação de circuitos telefônicos para ATM como para os serviços naturais da rede trânsito. São detalhadas a arquitetura da rede ATM, as capacitações de tráfego e qualidade de serviço para cursar serviços telefônicos e a concepção de grupos de troncos virtuais ATM emulando grupos de troncos telefônicos.

São apresentadas soluções para o encaminhamento de chamadas pela rede trânsito não hierárquica proposta, tais como: a implementação da *central trânsito lógica*, isto é, utilização das funções de processamento de chamadas de uma central remota existente; a implementação de um *servidor de tradução de endereços* para determinar o endereço ATM de uma central telefônica. Ambas envolvem protocolos propostos nesta tese, utilizando a rede de sinalização por canal comum.

A implementação da unidade de interfuncionamento integrada à central telefônica é proposta, dentro de uma estratégia mais ampla de capacitá-la como uma plataforma de interfuncionamento genérica a ser também utilizada por outros serviços que compartilhem a mesma rede ATM. Exemplos destes serviços são: as atuais modalidades de emulação de circuitos; interfuncionamento com os serviços de voz na *Internet*; entroncamento com equipamentos de comutação ATM da rede celular; o acesso para as conexões de voz sobre ATM de redes corporativas integradas; e a concentração de tráfego IP das chamadas para a *Internet*.

A proposta da arquitetura da unidade de interfuncionamento integrada ao Trópico RA do CPqD destaca as novas funções dos grupos de troncos virtuais ATM dinâmicos, os recursos lógicos que terão que ser emulados pela central trânsito virtual e o impacto nas demais funções internas do equipamento.

1.4. Organização do trabalho

No Capítulo 2 são apresentadas as características da rede trânsito telefônica com a introdução de comutação ATM. É apresentado um exemplo de rede identificando todos os elementos envolvidos, a topologia e a arquitetura da rede ATM alvo, as estratégias adotadas para a convivência com a rede trânsito existente e os diferentes métodos de entroncamento que podem ser utilizados.

O Capítulo 3 é dedicado à conceituação relativa às redes ATM e é dividido em duas partes. Na primeira parte é apresentada uma introdução sobre a tecnologia ATM, que pode ser lida antes do Capítulo 2 para sua melhor compreensão. Na segunda parte são apresentados os protocolos de camada de adaptação AAL 1 e AAL 2.

No Capítulo 4 descreve-se as diferentes técnicas de entroncamento ATM para voz e serviços da ISDN. Os métodos detalhados são:

- emulação de circuitos E1 2.048 *kbps* e $N \times 64$ *kbps* estruturados e E1 não estruturado, em VCC com banda estática;
- emulação de circuitos $N \times 64$ *kbps* estruturados em VCC com banda dinâmica;
- entroncamento comutado com roteamento baseado na sinalização de troncos, sobre troncos virtuais com banda dinâmica;

No Capítulo 5 apresenta-se a especificação funcional da unidade lógica de interfuncionamento e a concepção dos troncos virtuais ATM. Soluções técnicas para as funções tradicionais da rede trânsito são apresentadas, como o encaminhamento e o processamento de chamadas, o transporte de sinalização, o endereçamento de centrais através da rede ATM, e as características de tráfego e recursos da rede ATM.

A conclusão do trabalho é apresentada no Capítulo 6.

No Apêndice é apresentada uma proposta de implementação da unidade de interfuncionamento integrada na plataforma Trópico RA do CPqD. É mostrada a evolução deste módulo para uma plataforma geral de interfuncionamento para vários outros serviços.

2. CARACTERIZANDO A REDE TRÂNSITO TELEFÔNICA COM A INTRODUÇÃO DE ATM

Neste capítulo é realizada uma análise da atual rede trânsito telefônica hierárquica e proposta uma arquitetura de rede não hierárquica, baseada na rede ATM e em unidades de interfuncionamento, provendo o entroncamento direto entre centrais e implementando serviços equivalentes aos da atual rede trânsito telefônica.

2.1. Características da rede trânsito

Centrais locais e trânsito

A rede telefônica é estruturada hierarquicamente em classes de centrais: as *centrais locais* (CL), nas quais são ligados os assinantes e várias classes de *centrais trânsito* (CT) ou *tandem* (trânsito urbanas). As centrais trânsito tem como objetivo interligar e comutar o tráfego entre grupos de centrais geograficamente distantes, otimizando o número de troncos e de sistemas de transmissão. Fatores de ordem tecnológica e operacional são considerados na formação da estrutura hierárquica. As facilidades tradicionalmente localizadas nas centrais trânsito são: bilhetagem, multimedição, capacidade de processamento e memória para processamento de chamadas em grande escala, e para armazenar várias configurações de rede e efetuar encaminhamento com análise numérica complexa. As centrais trânsito recentemente incorporaram as funções de acesso a serviços de rede inteligente e a outros serviços de valor adicionado. Frequentemente utiliza-se centrais mistas com as funções de central local e de trânsito (CLT). A Figura 2-1 mostra uma rede hierárquica e uma rede não hierárquica.

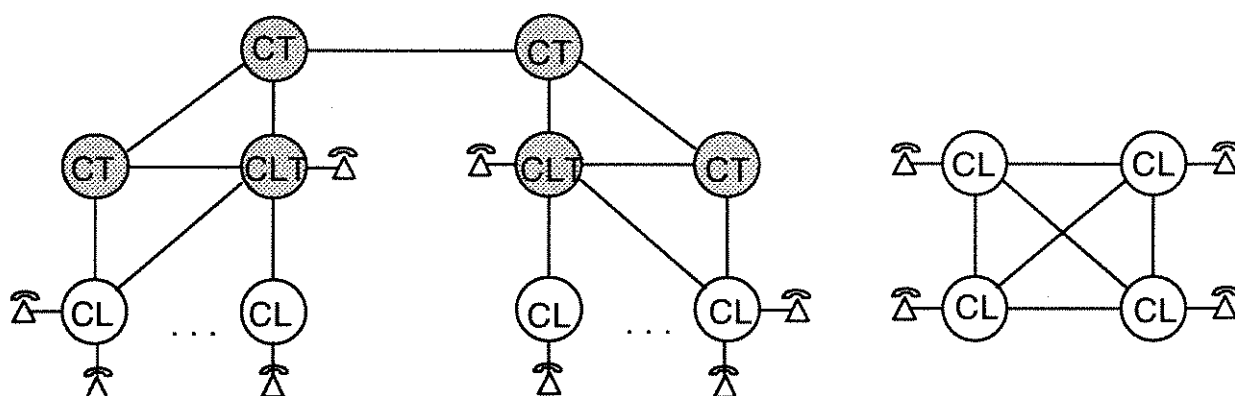


Figura 2-1 Topologia hierárquica e não hierárquica de centrais telefônicas

As centrais são interligadas por *grupos de troncos*. *Troncos* são canais digitais de voz comutados por uma central e encaminhados para outra central. Tem a si associados uma *sinalização de troncos*, em banda ou fora de banda (em canal comum).

As centrais trânsito são em geral interconectadas duas a duas quando possuem alto interesse de tráfego mútuo, para o que utilizam troncos de alta carga. É comum também a utilização de rotas alternativas para transbordo de tráfego, ou por razões de confiabilidade.

Centrais locais costumam ser entroncadas diretamente quando o alto interesse de tráfego entre elas justificar o emprego de grupos de troncos dedicados, liberando o número equivalente de troncos e recursos de comutação nas centrais trânsito. A abertura de rotas diretas entre centrais locais proporciona economia em centrais trânsito. Isto entretanto, requer a expansão dos entroncamentos das centrais locais, dedicados a rotas específicas, reduzindo a multiplexação dos troncos e agravando a ineficiência decorrente da modularidade (organização em múltiplos de 30 nos enlaces E1). O limiar apropriado de abertura de rotas diretas é um complexo compromisso entre o número de rotas, o número de circuitos entre as centrais e a topologia da rede, e é avaliado caso a caso [4]. A estratégia de implantar o máximo de rotas diretas entre centrais locais, com tráfego de transbordo por centrais tandem/locais, está vinculado à implementação de uma rede de transmissão flexível baseada em *add / drop* ou *cross-connects* nos centros de fios.

Em redes de longa distância, o custo da transmissão passa a ser preponderante, tornando necessários o roteamento via trânsito e a utilização de vários níveis da hierarquia de transmissão. A modularidade da banda na rede de transmissão é um fator que limita a eficiência de sua utilização.

Um modelo de rede não hierárquica

O modelo proposto neste trabalho separa as modularidades do entroncamento entre centrais (rotas, número de troncos por rota, dedicação de hardware para rotas) e do plano de transmissão, permitindo o dimensionamento dos entroncamentos das centrais de comutação exclusivamente baseado no interesse de tráfego externo. Nesse modelo, a organização das rotas não possui vínculo com o sistema de transmissão. O tráfego por rota pode ser livre e dinamicamente definido dentro do limite da capacidade dos enlaces físicos de transmissão. O entroncamento de determinada central local não deverá ser fisicamente redimensionado em virtude da introdução de novas centrais.

Esse modelo implica no provisionamento de um número reduzido de enlaces de transmissão de alta velocidade nas centrais, interligando-as a uma rede de transporte flexível e transparente.

A rede ATM atende perfeitamente a este modelo, com a utilização de *rotas virtuais* e *grupos de troncos virtuais*. O *grupo de troncos virtuais* é um número arbitrário de canais a 64 *kpbs* mapeados para circuitos virtuais ATM estabelecidos, através da rede ATM, entre duas centrais telefônicas. A *rota virtual* é o conjunto de circuitos virtuais ATM, contendo todos os troncos interligando duas centrais locais. Essas conexões virtuais com banda arbitrária podem ser multiplexadas e comutadas em qualquer elemento da rede ATM, caracterizando uma rede totalmente plana (não hierárquica). As centrais deverão estar conectadas à rede ATM através de uma ou mais interfaces ATM. A Figura 2-2 ilustra a rede proposta.

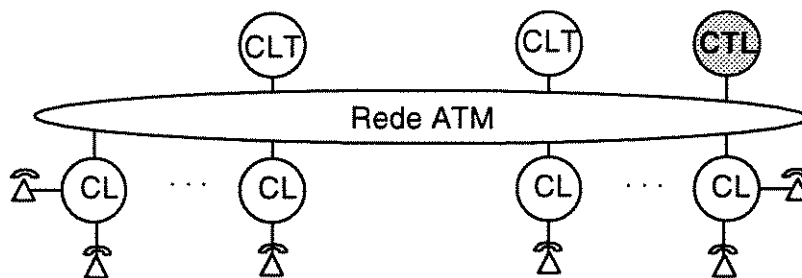


Figura 2-2 Rede de entroncamento ATM

As características inerentes ao ATM que beneficiam este modelo são:

- operar ao mesmo tempo como técnica de comutação e de transmissão, utilizando conexões virtuais ATM VCC ou VPC com banda arbitrária e capacidade de mapeamento de células em qualquer sistema de transmissão;
- alocação dinâmica de banda sob demanda para as conexões, aliada à flexibilidade de monitoração de tráfego e gerência do tráfego em curta escala de tempo;
- grande capacidade de comutação e de transmissão;
- integração física da terminação da transmissão nos equipamentos de comutação e a redução da transmissão a enlaces ponto a ponto, com conseqüente simplificação da gerência da rede de transmissão;
- flexibilidade de configuração dos equipamentos como comutador, *cross-connect* ou *add/drop* ATM, permitindo a reconfiguração flexível da rede.

Entretanto, várias características e serviços da rede telefônica não são encontrados na rede ATM, utilizada como simples transporte de entroncamentos diretos. As principais são:

- baixo retardo e a qualidade de serviço fixa;
- sinalização de tons em banda;
- sinalização de linha para tarifação por multimedição;
- bilhetagem nas centrais trânsito para chamadas interurbanas e a cobrar;

- supressão e cancelamento de eco;
- funções de acesso à rede inteligente;
- rede hierárquica de distribuição de sincronismo.

A utilização de entroncamentos diretos na rede não hierárquica cria a demanda por um requisito adicional para as centrais, a capacidade para o encaminhamento completo na central origem, requerendo o conhecimento de toda a rede e a implementação de enormes tabelas de encaminhamento. Essa situação traz a complexidade adicional da atualização de todas as centrais, sempre que novas centrais são adicionadas ou expandidas.

A introdução de ATM na rede trânsito, de um modo viável e econômico, deve preservar as características atuais da rede telefônica. Alternativas de soluções para estes problemas são discutidas nas próximas seções.

2.2. Topologia e arquitetura da rede trânsito ATM

Princípios gerais

Princípios a serem considerados na utilização da rede de transporte ATM como trânsito telefônico:

- a rede ATM é utilizada para a *expansão* da rede, em particular no segmento trânsito, suprimindo o aumento de capacidade de entroncamento e de transmissão;
- a rede ATM é utilizada para o entroncamento lógico direto de centrais locais, implementando uma rede não hierárquica. Os troncos de 64 *kbps*, entre duas centrais, são agrupados e transportados em circuitos virtuais, semi-permanentes ou estabelecidos sob demanda;
- uso eficiente da rede ATM, através de alocação dinâmica de banda às conexões VCC que transportam troncos de voz, e estabelecimento de novas conexões VCC em função da alteração do interesse de tráfego;
- preservação das características da rede telefônica quanto à sinalização, ao plano de numeração, aos serviços para os assinantes, a qualidade do serviço (principalmente retardo) e aos procedimentos de tarifação;
- implementação do interfuncionamento de rede, mantendo as duas redes lógica e fisicamente independentes.

O interfuncionamento de rede é realizado através de *unidades de interfuncionamento (UI)*. As unidades de interfuncionamento são elementos funcionais de rede que adaptam as interfaces físicas e os sinais de voz, sinalização e supervisão, das interfaces tronco modo

circuito a 64 Kbps, para as interfaces tronco no modo ATM nas quais empregam interfaces físicas, circuitos virtuais e métodos de adaptação apropriados. As UIs podem estar localizadas fisicamente integradas ao nó ATM ou à central telefônica, ou ainda como equipamentos autônomos próximos ao nó ATM ou à central telefônica

A preservação das características da rede trânsito telefônica do ponto de vista das centrais locais, sem a existência física das centrais trânsito convencionais, é implementada concebendo uma *Central Trânsito Lógica*, que possui a função de implementar os *serviços* inerentes à rede trânsito, não providos pelas centrais locais nem pelas unidades de interfuncionamento ou pela rede ATM. A concepção da central trânsito lógica é derivada de [9] e nesta tese implementada como uma central trânsito convencional mas desprovida de enlaces tronco físicos. Seu entroncamento com as centrais se dá apenas através de sinalização.

Rede de referência - topologia lógica e física dos entroncamentos

A rede física de entroncamentos ATM é modelada com a topologia estrela, em que as centrais locais são ligadas à rede de transporte por um único enlace (ou duplicado por questões de confiabilidade). Os entroncamentos ATM são mapeados neste enlace e roteados pela rede ATM até a central destino. A rede ATM pode ser vista de maneira simplificada como uma rede *cross-connect* para grupos de troncos virtuais. Os entroncamentos apresentam um perfil de tráfego variável, proporcional ao número de troncos ativos.

A estratégia gradativa proposta, é a introdução do entroncamento ATM para duas aplicações, mostradas na Figura 2-3: em centrais novas, representadas pela CL4, a utilização exclusivamente de entroncamento ATM; em centrais existentes, representadas pelas CL 1, 2, 3 e CT, a utilização de entroncamentos ATM visando o tráfego externo incremental em virtude da expansão da própria central e de outras partes da rede, ou mesmo visando o tráfego de transbordo dessas centrais. Nesta estratégia, os entroncamentos ATM devem coexistir com entroncamentos tradicionais, como mostrado na Figura 2-3.

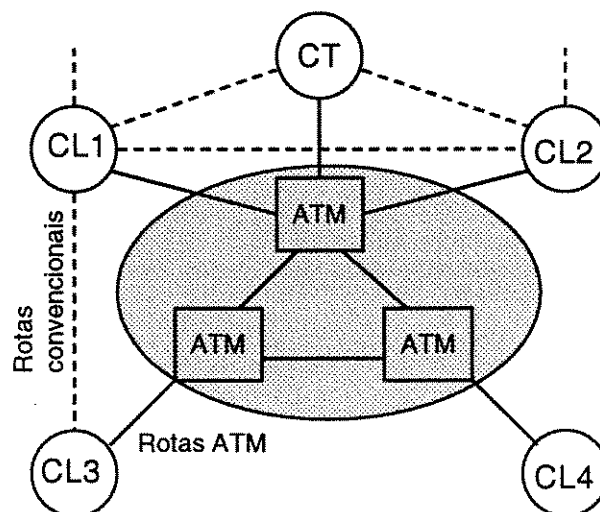


Figura 2-3 Topologia de acesso à rede de entroncamentos ATM

A rede ATM implementa rotas virtuais diretas entre todas as centrais, como mostrado na Figura 2-4. As conexões diretas são os VCCs correspondentes aos grupos de troncos virtuais. A única restrição de capacidade destes VCCs é a capacidade do meio físico de transmissão entre a central e o nó ATM.

A expansão da rede é feita da seguinte maneira: redimensiona-se a banda dos entroncamentos virtuais existentes de acordo com o novo interesse de tráfego; estabelece-se os novos grupos de troncos virtuais com as novas centrais; eventualmente substitui-se a tecnologia de transmissão por enlaces de maior taxa de transmissão.

A flexibilidade de gerenciamento de banda permite também que se adapte dinamicamente a capacidade dos entroncamentos ao interesse de tráfego momentâneo entre centrais, em qualquer escala de tempo.

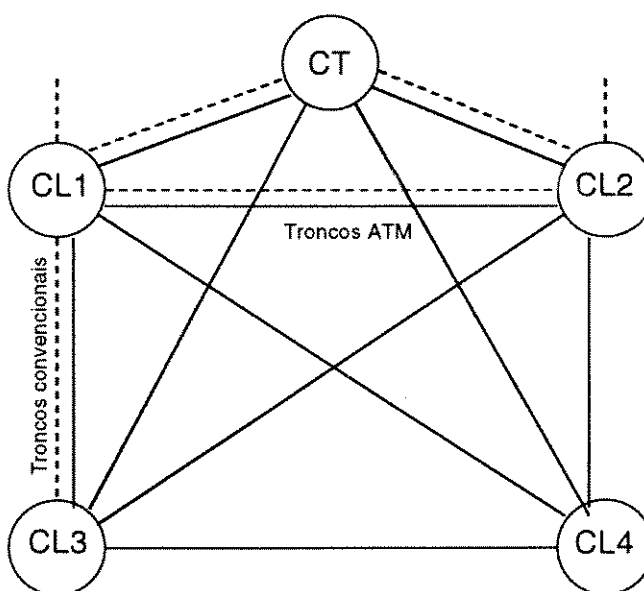


Figura 2-4 Topologia lógica da rede de entroncamentos ATM, sob o ponto de vista das centrais telefônicas

Topologia da rede ATM

Várias topologias foram propostas em [8] e [11] mas consideraram o interfuncionamento como função integrada à rede ATM, ou hipoteticamente a uma central ATM integrada, prestando serviços de telefonia. Os nós ATM poderiam estar localizados próximos às atuais centrais trânsito ou aos centros de fios com maior número de entroncamentos diretos com outras centrais, como mostrado na Figura 2-5 *a*). Outra alternativa é empregar nós ATM de pequeno porte e custo reduzido incorporando a unidade de interfuncionamento, localizados junto às centrais locais, e interligados em estrela como na Figura 2-5 *b*), ou em anel como em *c*). Em todos os casos, podem ser empregadas quaisquer topologias físicas e sistemas de transmissão PDH ou SDH entre os nós ATM.

A quarta alternativa, mostrada na Figura 2-5 *d*), é a proposta desta tese. A unidade de interfuncionamento é integrada na central local, levando-se os enlaces ATM até o nó ATM mais próximo, independente da sua localização. Um importante aspecto nesta alternativa, é a capilaridade da rede ATM, isto é, sua proximidade das centrais. Se considerarmos que a rede ATM compartilhará a rede de acesso com outros serviços, empregando-se tecnologias de transmissão em alta velocidade sobre pares metálicos, como HDSL (*High Speed Digital Subscriber Line*) e ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), ou tecnologias de transmissão ópticas, a multiplexação do tráfego ATM deverá ser feita nos próprios centros de fios. Assim os nós ATM deverão estar localizados nas mesmas instalações das centrais telefônicas ou na grande maioria delas, mesmo que sejam nós de pequeno porte, para se beneficiar da multiplexação estatística e das plataformas de interfuncionamento. Além disso, na aplicação da rede ATM como simples *backbone*, também estará presente nos pontos de origem do tráfego.

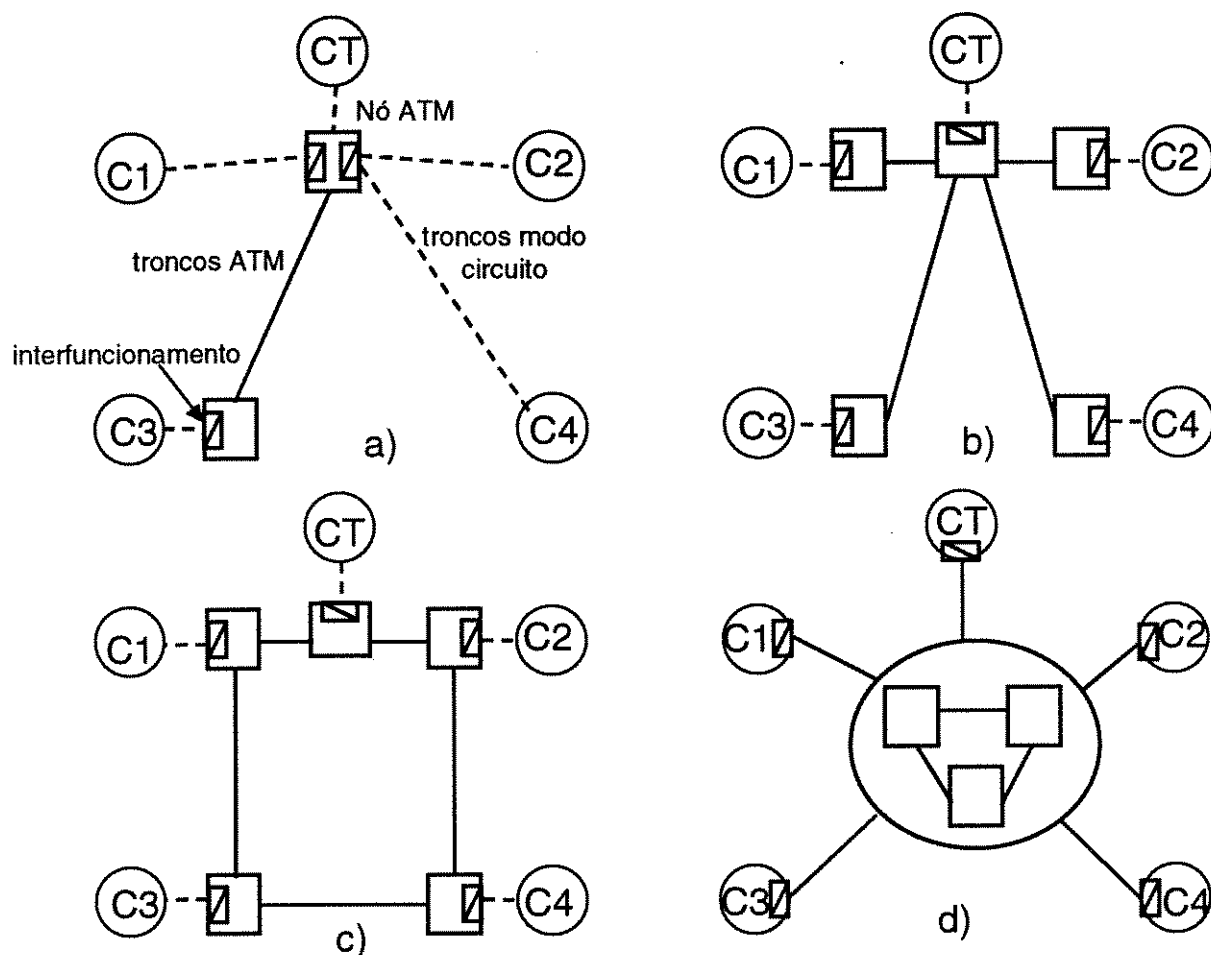


Figura 2-5 Topologias alternativas para a rede ATM

2.3. Aplicações e estratégias de entroncamento via ATM

Uma rede exemplo

A Figura 2-6 mostra um exemplo de rede com entroncamentos ATM, destacando a expansão da rede telefônica e a coexistência das duas redes trânsito. Neste exemplo, as centrais 3 e 4 foram expandidas e a central 5 e o PABX são instalações novas. Todas as novas rotas, sejam a partir das centrais expandidas como das novas, são implantadas através da rede ATM.

A unidade de interfuncionamento se apresenta como um elemento independente da central telefônica e da rede ATM, com a função de adaptar troncos modo circuito para interfaces ATM. Assume-se que a opção natural das centrais é encaminhar as chamadas através da rede ATM.

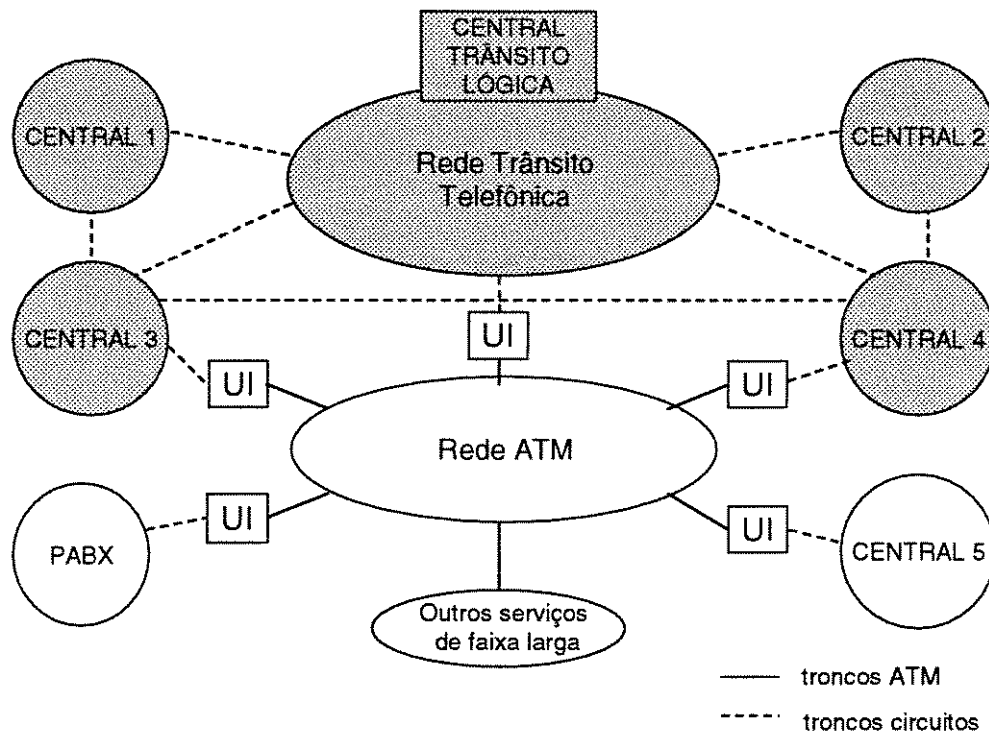


Figura 2-6 Exemplo de convivência de duas redes de trânsito

Neste exemplo, a população de assinantes não se alterou nas centrais 1 e 2, não afetando significativamente o interesse de tráfego nelas terminado, e as mesmas permanecem inalteradas. As centrais 3 e 4 foram expandidas, recebendo novas rotas de entroncamento realizadas sobre a rede ATM e mantendo os entroncamentos existentes com as centrais trânsito. A central 5 é nova, possuindo apenas entroncamentos ATM. O PABX utiliza a rede ATM como acesso a uma central local.

Uma ou mais centrais trânsito (ou tandem) necessitam ser expandidas com rotas ATM, para permitir o encaminhamento de chamadas entre centrais que não possuem entroncamento ATM e centrais que só possuem entroncamento ATM, mantendo a conectividade completa da rede. Para encaminhar o tráfego entre a central 5 e 1 por exemplo, duas alternativas são possíveis: via interfuncionamento entre a rede ATM e centrais da rede trânsito que possuem interfuncionamento, ou por intermédio das centrais com as quais a central 1 tem entroncamento direto como por exemplo a central 3.

As rotas ATM ainda são divididas em grupos de troncos, segundo os mesmos critérios da rede telefônica, baseado nos tipos de sinalização empregados. Desta forma garante-se a convivência das redes trânsito modo circuito e ATM. Para o caso da unidade de interfuncionamento integrada à central apenas a sinalização por canal comum é necessária.

O interfuncionamento de rede *versus* de serviço

No modelo de interfuncionamento de rede, a rede ATM é utilizada como rede de transporte. As conexões telefônicas e a sinalização associada são transportadas transparentemente. Não há interfuncionamento da sinalização nem processamento de chamadas telefônicas pela rede ATM, sendo utilizados unicamente serviços de transporte fim a fim na rede ATM.

No modelo de interfuncionamento de serviço todas as funcionalidades da rede ATM são utilizadas, mapeando-se os serviços de uma rede na outra, principalmente a sinalização. A rede ATM deve implementar todos os serviços para o usuário disponíveis na rede telefônica.

No contexto deste trabalho de tese é utilizado o interfuncionamento de rede, mantendo-se o princípio de independência das redes, e o uso simplificado da rede ATM.

Arquitetura de referência do interfuncionamento

A Figura 2-7 mostra a arquitetura de referência do entroncamento ATM.

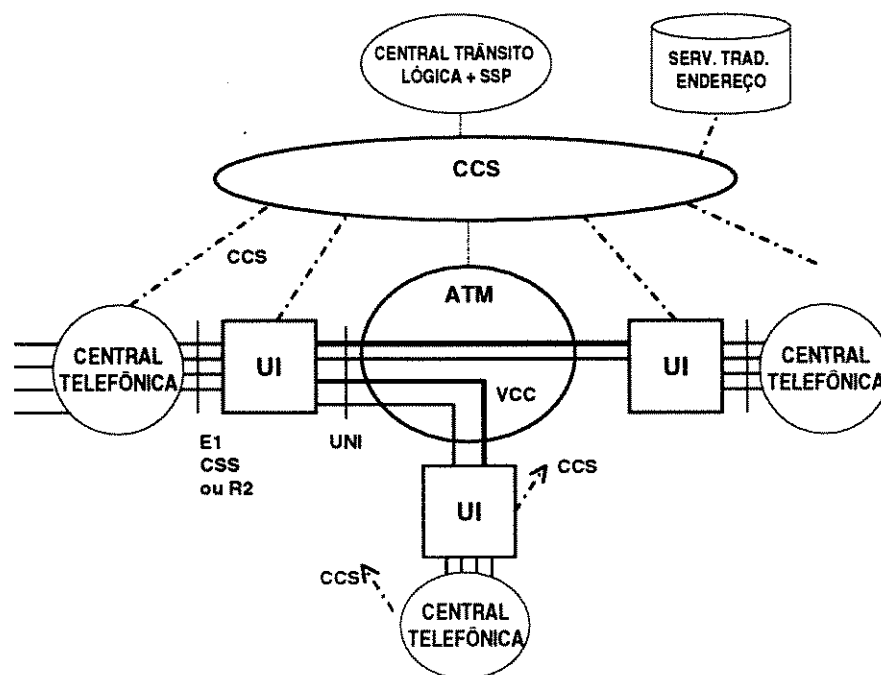


Figura 2-7 Arquitetura de referência do interfuncionamento

A conexão da central telefônica à rede ATM é realizada pela unidade de interfuncionamento (*UI*), que possui de um lado a interface telefônica, isto é, grupos de troncos em enlaces E1 ou E3, e do lado ATM uma interface UNI com camada física E1, E3 ou STM-4. Se a *UI* estiver integrada à central telefônica, não há enlaces físicos E1, mas a sinalização e os troncos existem logicamente.

Grupos de troncos virtuais ATM são provisionados do lado da rede ATM, definidos como um ou mais circuitos virtuais VCC, transportando os canais a 64 *kbps* e as informações de sinalização associada de um grupo de troncos telefônicos. Os circuitos virtuais podem ser provisionados como conexões semi-permanentes (serviço PVC), ou estabelecidos sob demanda utilizando a sinalização da rede ATM (serviço SVC). A banda definida para estes VCCs pode ser reservada para a totalidade do número de canais integrantes do grupo de troncos ou baseada dinamicamente no número de troncos ativos.

Uma *UI* interconecta-se com várias outras *UI*, implementando a função de comutação de canais (chamadas) entre grupos de troncos telefônicos e grupos de troncos virtuais destinados a diferentes *UI*.

Os tipos de sinalização empregados na interface telefônica são a sinalização R2 digital e a sinalização por canal comum (CCS). A rede CCS é utilizada para a sinalização quasi-associada dos troncos telefônicos. Funções internas da *UI* também utilizarão a rede CCS.

A central trânsito lógica e o servidor de tradução de endereços são funções auxiliares às funções de encaminhamento de chamadas da unidade de interfuncionamento.

A *central trânsito lógica*, é equivalente a uma central trânsito convencional, através da qual são encaminhadas chamadas, mas não conexões. Pode ser implementada em uma central trânsito existente, configurada para essa função. Possui uma configuração de recursos de entroncamento lógicos com as *UIs*, isto é, não possui enlaces físicos e sim uma tabela de *troncos lógicos*, utilizados no estabelecimento das *chamadas lógicas*. A sinalização dos troncos lógicos é do tipo quasi-associada. Os enlaces físicos correspondentes aos troncos lógicos são implementados nas rotas ATM diretas entre unidades de interfuncionamento.

Métodos de interfuncionamento

Os dois métodos de entroncamento de centrais utilizando a rede ATM, considerados nesta tese são:

- emulação de circuitos ou grupos de troncos;
- entroncamento comutado.

Em ambos os casos se aplicam várias opções de mapeamento de canais a 64 *kbps* para VCCs e vários métodos de transporte da sinalização.

Entroncamento por emulação de circuitos

Nesta aplicação a rede ATM opera como uma rede *cross-connect*, baseada em conexões semi-permanentes. O encaminhamento de chamadas é realizado pela central, que preserva a

configuração estática de rotas e grupos de troncos mapeados em enlaces PCM E1. A unidade de interfuncionamento realiza o mapeamento dos grupos de troncos, com número arbitrário de canais a 64 *kbps*, para grupos de troncos virtuais ATM, e implementa o protocolo de adaptação ATM AAL1 ou AAL2.

Diferentes modalidades de emulação de circuito podem ser configuradas:

- emulação de circuito AAL1 com banda estática, tanto para canais estruturados em grupos $N \times 64 \text{ kbps}$ ou para enlaces não estruturados 2 *Mbps*.
- emulação de circuito AAL1 com banda dinâmica, com detecção dos canais de voz ativos e transmissão em modo estruturado em grupos $N \times 64 \text{ kbps}$, com N variável de acordo com o número de canais ativos.
- emulação de circuitos AAL 2, em que cada canal a 64 *kbps* é adaptado para pequenos pacotes e multiplexado com outros canais, com banda fixa ou dinâmica.

Este método de entroncamento é apropriado para as seguintes aplicações: utilização da rede ATM, no lugar da rede de transmissão SDH ou em conjunto com ela; acesso fracional $N \times 64 \text{ kbps}$, ou acesso primário ISDN, para aplicações de interconexão de LAN ou para videoconferência, adaptados para ATM nas redes corporativas; interconexão de PABX.

Entroncamento comutado com roteamento baseado na sinalização telefônica

Neste método de entroncamento, as unidades de interfuncionamento desempenham as funções da rede trânsito, interpretando a sinalização associada aos troncos e encaminhando as chamadas para a rota ATM apropriada. Os canais a 64 *kbps* pertencentes aos grupos de troncos entre a central e a unidade de interfuncionamento são comutados para grupos de troncos virtuais ATM controlados exclusivamente pela unidade de interfuncionamento. Assim, os recursos necessários na rede ATM podem ser provisionados de forma dinâmica, por iniciativa da UI, otimizando o uso de banda da rede ATM. Os dois métodos de adaptação de circuitos AAL 1 e 2 podem ser empregados.

A implementação da unidade de interfuncionamento se torna mais complexa, em virtude das funções de comutação e de encaminhamento de chamadas, e da comunicação com a central trânsito lógica ou com o serviço servidor de tradução de endereços. Nesta solução, a sinalização por canal comum deve estar disponível na central e na unidade de interfuncionamento.

Este método é apropriado para as seguintes aplicações: entroncamento otimizado de centrais; acesso de PABX à central telefônica, através da rede ATM, na situação em que a rede corporativa possui uma rede de serviços integrados com acesso integrado à rede pública ATM

(apenas os VCC com os troncos de voz são encaminhados à central telefônica); o entroncamento com centros de comutação celular baseados em ATM.

Este método é adotado nesta tese e detalhado no Capítulo 5.

Entroncamento ATM utilizando multiplexação de voz codificada em baixas taxas sobre ATM (6 a 13 kbps)

Esta aplicação, desenvolvida para utilização da rede ATM como *backbone* de redes celulares, pode ser utilizada também em entroncamentos. Antes de multiplexar com a AAL 2, os canais de voz são comprimidos para taxas entre 6 e 13 kbps, utilizando os padrões da telefonia celular digital.

Há uma queda da qualidade de serviço em relação aos padrões da rede fixa. Assim esta aplicação pode se restringir ao entroncamento com a rede celular, ou em situações de congestionamento, como técnica de aumento do número de canais.

2.4. Implementação dos serviços da rede trânsito na rede de entroncamento ATM

Os serviços da rede trânsito são analisados com o intuito de avaliar sua acomodação na rede não hierárquica, formada por centrais interligadas diretamente pela rede de transporte ATM, utilizando o serviço de entroncamento comutado. Funções previamente realizadas pelas centrais trânsito, passam a ser realizadas pelas centrais locais e pelas UIs.

Atualmente a expansão da rede telefônica se faz exclusivamente com centrais digitais [3]. A maioria dos fabricantes suporta as funcionalidades, descritas a seguir, em software, ou possui uma arquitetura modular de hardware e software capaz de receber atualizações de funções [2]. Entretanto, tendo como objetivo a expansão da rede existente, é preciso conviver com centrais sem essas facilidades.

Sinalização

As sinalizações entre centrais locais e as centrais trânsito são muito diversificadas, existindo desde sinalizações analógicas por corrente contínua E&M, a R2 digital, até a sinalização por canal comum. Tendo em vista as diretrizes mencionadas e o princípio de que ATM será implantado na expansão da rede, a unidade de interfuncionamento deve implementar as sinalizações R2 digital e canal comum. Para as demais deve-se adotar conversores de sinalização para R2 ou canal comum. A sinalização por canal comum é necessária para a comunicação com a central trânsito lógica.

A conexão da unidade de interfuncionamento à rede de sinalização por canal comum pode ser feita através da central a que está ligada, se esta implementa esta sinalização, ou por um enlace dedicado ou através da rede ATM. No último caso, é necessário uma porta de adaptação entre ATM e canal comum na rede CCS.

Tratamento de chamadas

As principais funções envolvidas no encaminhamento de chamadas são: endereçamento, a seleção de rotas e troncos, discriminação da categoria de serviço e acesso a serviços de rede inteligente.

No serviço de entroncamento comutado, a unidade de interfuncionamento deve implementar estas funções. O primeiro passo é a identificação do endereço da *UI* destino na rede ATM. A seleção de rotas e troncos depende do número destino e do serviço telefônico solicitado na chamada. A discriminação da categoria de serviço, voz, dados ou ISDN, deve ser realizada pela unidade de interfuncionamento interpretando a sinalização originada na central. O acesso a serviços de rede inteligente requer a função SSP (*Service Switching Point*). Outros serviços requerem outras funções atualmente implementadas nas centrais trânsito.

Vários modos de encaminhamento de chamadas, apropriados para cada tipo de chamada, são discutidos a seguir.

Modelos de Tratamento de Chamadas

As unidades de interfuncionamento, assim como qualquer central trânsito, roteiam chamadas com base nas configurações de seus recursos de entroncamento, armazenadas nas suas bases de dados, e com base nos serviços para os quais estão capacitadas. A rede telefônica, permanentemente em expansão, é dinâmica tanto em termos desses recursos de acesso, comutação e transmissão, como em virtude da evolução dos serviços. Essa característica é mais facilmente administrada na rede hierárquica, na qual as mudanças requerem reconfiguração principalmente nas centrais trânsito, em menor número.

A rede de entroncamentos ATM proposta é uma rede não hierárquica, o que implicaria na constante atualização das bases de dados de todos os seus elementos de rede. Soluções alternativas para este problema são propostas.

Vários princípios para a rede trânsito ATM são estabelecidos nesta tese, tais como: permitir a expansão de centrais locais existentes com entroncamentos ATM, mantendo simples e estáticas suas tabelas de encaminhamento locais; manter o encaminhamento de chamadas que requerem serviços de rede inteligente e de valor adicionado, para centrais trânsito pré-definidas; a permanência de algumas funções e serviços concentrados em centrais trânsito, por

facilidades operacionais, como modalidades de tarifação, acesso a serviços e entroncamento com outras redes. Em consequência, é proposta a manutenção de algumas funções concentradas na *central trânsito lógica* e no *servidor de tradução de endereços*, que garantem a compatibilidade entre a rede de transporte não hierarquizada ATM e a rede de serviços hierarquizados.

Três métodos de estabelecimento de chamada e encaminhamento na rede trânsito ATM são propostos:

1. Unidade de interfuncionamento auto-suficiente

Neste modelo a *UI* é auto-suficiente para roteamento e para serviços, isto é, armazena a topologia completa da rede e implementa todas as funcionalidades de central trânsito. Sua tabela de encaminhamento é configurada com rotas virtuais para todas as centrais interligadas por troncos virtuais, incluindo as centrais trânsito para as demais partes da rede telefônica sem entroncamento ATM.

Este modelo é apropriado para redes pequenas, urbanas ou regionais, em que toda a rede está sob a mesma gerência integrada. As centrais locais devem ser capacitadas com as funções das atuais centrais trânsito. Para qualquer serviço não implementado em centrais locais e *UIs* as chamadas são roteadas para centrais trânsito de saída da rede ATM.

2. Roteamento com auxílio de um servidor de endereços

Este modelo pode ser utilizado em redes extensas e dinâmicas, em que a *UI* não possui a configuração completa da rede em suas bases de dados. Ao encaminhar uma chamada para uma central para a qual não possui um grupo de troncos ATM configurado, é necessário determinar o endereço ATM da central destino (da *UI* a ela ligada) e estabelecê-lo. O servidor de tradução de endereços possui a relação de todos os endereços ATM das centrais que possuem entroncamento ATM.

Neste trabalho é proposto um protocolo de comunicação entre a *UI* e o servidor, através da rede de sinalização por canal comum. O servidor é uma entidade funcional, que pode estar localizada junto com a central trânsito lógica, ou como um elemento de rede autônomo ou junto da própria *UI*.

3. Central trânsito lógica

O modelo de encaminhamento de chamada através da *central trânsito lógica* adota a concepção de separação do *estabelecimento da chamada* do *estabelecimento das conexões*, previsto originalmente pelo ITU-T com a rede de sinalização por canal comum e também com a concepção da B-ISDN [48]. Neste modelo, o estabelecimento de chamada é a negociação

fim a fim das características dos terminais (capacitações da transferência de informações, compatibilidade das aplicações e estado dos terminais), e dos recursos necessários da rede de transporte (tipo de conexão, características de tráfego e qualidade de serviço). O estabelecimento da conexão é a reserva dos recursos físicos (circuito, VCC) ao longo da rede.

No modelo proposto, as *chamadas* são encaminhadas, como na rede hierárquica, através das *centrais trânsito lógicas*, fazendo uso de seus serviços de encaminhamento de chamadas em trânsito, sem no entanto reservar recursos físicos (trancos a 64 kbps), que posteriormente são reservados na rede ATM. A *central trânsito lógica* encaminha *chamadas lógicas* entre unidades de interfuncionamento origem e destino, através de *trancos lógicos*. Uma vez estabelecida a chamada lógica, a *UI* origem deve receber o endereço ATM da *UI* destino e estabelecer os circuitos virtuais necessários na rede ATM. A *central trânsito lógica* é, portanto, o conjunto de funções de tratamento de chamadas de uma central trânsito, e pode ser implementada numa central trânsito convencional adicionando funções e configurando funções existentes.

Tarifação

As centrais tandem ou trânsito realizam várias modalidades de tarifação: a bilhetagem automática de chamadas interurbanas; a tarifação de chamadas a cobrar; e provêem os pulsos para centrais locais para a tarifação pelo sistema por multimedição.

As centrais digitais implantadas na expansão da rede naturalmente são capazes de suportar todas estas funções. Grande parte das centrais existente na rede tem capacidade de bilhetagem automática, e para as que não tiverem, a chamada deve ser encaminhada para a central trânsito lógica

Cancelamento de eco e compressão de voz

Em chamadas envolvendo satélites emprega-se canceladores de eco, que são equipamentos colocados entre os enlaces físicos de saída da central e os equipamentos de transmissão. Na compressão de voz, para economia de banda em enlaces de muito longa distância, aplica-se o mesmo procedimento.

Parte destas chamadas passarão a ser transportadas sobre a rede óptica utilizada pela rede ATM, minimizando a necessidade de canceladores de eco. Quando permanecer a necessidade de satélites, a solução mais apropriada é terminar o entroncamento ATM nas centrais com entroncamento via satélite e utilizar as soluções convencionais. Uma alternativa seria a colocação de servidores de cancelamento de eco nas rotas virtuais específicas para satélites nas unidades de interfuncionamento.

Requisitos de tráfego e qualidade de serviços

Tanto o serviço de entroncamento com emulação de circuitos estática, como o entroncamento comutado, utilizam a classe de serviço CBR, ou a capacitação de transferência DBR, da rede ATM, que são implementadas em todos os equipamentos ATM. Em consequência, as conexões ATM recebem tratamento prioritário e qualidade de serviço garantida, independente dos demais serviços estatísticos providos pela rede ATM para outras aplicações.

Tanto o serviço PVC como o SVC, para o estabelecimento dos VCCs dos troncos virtuais, utilizam os procedimentos de gerência e os protocolos de sinalização mais simples das redes ATM.

A unidade de interfuncionamento deve fazer medições do tráfego efetivo de chamadas nos entroncamentos virtuais, e gerenciar dinamicamente a capacidade de banda requerida para o serviço.

3. ATM E MÉTODOS AAL PARA ADAPTAÇÃO DE CIRCUITOS SÍNCRONOS

Neste capítulo são apresentados os conceitos básicos das redes ATM e dos protocolos da camada de adaptação para serviços síncronos. São detalhados os protocolos AAL 1 e AAL 2, e suas aplicações específicas no interfuncionamento entre a rede telefônica e a rede ATM.

3.1. Características básicas da rede ATM

Princípios gerais

A principal característica da B-ISDN é o suporte a uma ampla gama de aplicações de áudio, vídeo e dados na mesma rede. Um elemento fundamental da integração de serviços é a provisão de diferentes categorias de serviço para satisfazer requisitos de uma variedade de usuários, utilizando um conjunto limitado de tipos de conexão e interfaces usuário-rede multi-propósito.

ATM é o modo de transferência de informação para a implementação da B-ISDN [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31]. As informações são organizadas em pacotes ou blocos de tamanho fixo de 53 *bytes*, denominados células ATM. As células são compostas de 48 *bytes* de informação do usuário e 5 *bytes* de cabeçalho. O cabeçalho contém um par de identificadores lógicos de conexão, que identificam as células pertencentes a um mesmo canal lógico em um canal físico multiplexado.

As células ATM são alocadas sob demanda, dependendo da atividade da fonte de informação, a seguir são assincronamente multiplexadas com células de outras fontes, e transmitidas e comutadas na rede. O acesso à rede a nível de células é independente do meio de transmissão. A rede ATM suporta um número variável de *conexões virtuais* em cada interface, com a alocação de diferentes capacidades e recursos, e se baseia no tratamento diferenciado do fluxo de células de cada conexão virtual na rede.

Suporta ainda conexões providas sob demanda (comutadas), ou por reserva (semi-permanentes) ou subscrição (permanentes), e conexões ponto-a-ponto ou ponto-multiponto. Suporta tanto serviços com características modo circuito como modo pacote, serviços mono e multimídia, de natureza orientada a conexão ou não orientada a conexão, nas configurações unidirecional ou bidirecional.

A arquitetura da rede ATM é padronizada em termos funcionais, estruturada em camadas, e independente da tecnologia de implementação, e consequentemente capaz de

suportar avanços com o desenvolvimento de novas funcionalidades da rede e o progresso tecnológico. Integrados ao modo de transporte ATM estão os serviços correspondentes de operação e manutenção, controle e gerência.

No modo de transferência ATM são respeitadas as características intrínsecas a cada tipo e perfil de tráfego de informação transferida, alocando-se recursos na rede dependendo do serviço requisitado numa conexão. São acomodados na mesma rede, tanto tráfego processado em tempo real como voz e vídeo, e tráfego não processado em tempo real como dados. Assim, estas fontes de tráfego com taxa variável são caracterizadas através de parâmetros como taxa de pico de geração de células, taxa média, largura e distribuição de rajadas de células no tempo. Na rede ATM, a banda reservada a uma conexão não é estritamente a taxa de pico. Conceitualmente, níveis de recursos diferenciados e cumulativos são reservados na rede, correspondentes à taxa média em regime, às rajadas na taxa de pico e a sua distribuição no tempo, e um terceiro nível correspondente à qualidade de serviço requerida na conexão relativo a sensibilidade a perdas e atrasos.

As fontes de tráfego de modo geral possuem natureza estatística, gerando taxas de células variáveis. Adicionalmente, a rede admite alocação dinâmica de banda, resultando daí um perfil de tráfego instantâneo imprevisível entrando na rede. Em razão disto podem ocorrer perda de células e situações de congestionamento com certa probabilidade, degradando os serviços. A qualidade de serviço (QoS) é, portanto, uma variável da conexão na rede de faixa larga. A rede provê suporte para conexões com diferentes classes de QoS, de modo a satisfazer os diferentes requisitos das aplicações dos usuários. A qualidade de serviço é expressa por parâmetros como a probabilidade de perda de células, o retardo e a variação do retardo de células. A fim de garantir uma qualidade de serviço contínua e uniforme para cada usuário individualmente, é necessário que a rede monitore e enquadre o tráfego de cada usuário utilizando mecanismos apropriados, garantindo que o tráfego se mantenha dentro de limites previamente negociados. Estes limites são expressos pelos parâmetros de tráfego e de qualidade de serviço associados a conexão, que são negociados na forma de descritores de tráfego entre o usuário e a rede na fase de estabelecimento da chamada, constituindo o denominado *contrato de tráfego*.

Célula e conexão ATM

A estrutura da célula ATM é mostrada na Figura 3-1. O cabeçalho da célula contém os identificadores VPI (*Virtual Path Identifier*) e VCI (*Virtual Channel Identifier*) utilizados para distinguir conexões multiplexadas no processo de transmissão e de comutação (roteamento).

Os campos VPI e VCI são os identificadores de circuito virtual. Um circuito virtual, quando identificado apenas pelo VPI, é denominado *Virtual Path* ou VP. Um circuito virtual identificado pelo par VPI/VCI é denominado *Virtual Channel* ou VC. Alguns valores de VCI e VPI são reservados para identificar conexões virtuais utilizadas para a sinalização e para o transporte de informações de supervisão e gerência de conexões virtuais VP. Por exemplo, o VCI 5 é reservado para um canal de sinalização e os VCIs 3 e 4 para a supervisão de conexões VP. Os valores de 0 a 31 são reservados para estas e outras funções. Os demais valores, acima de 31 são utilizados para conexões de usuários. O campo PTI (*Payload Type Identifier*) distingue células que contem informações de usuário de células de supervisão e gerência de conexões virtuais VC. O campo CLP (*Cell Loss Priority*) é utilizado para diferenciar células de conexões que utilizam duas classes de tolerância a perda. A aplicação tem a opção de dividir o fluxo de células em dois fluxos, o prioritário e o não prioritário, útil em redes que utilizam a prioridade de células como critério de descarte em situações de congestionamento. O campo HEC (*Header Error Control*) possui dupla finalidade, de detectar e corrigir erros no cabeçalho e como mecanismo de delineamento de células na transmissão. O campo GFC (*Generic Flow Control*) é utilizado por um protocolo de controle de fluxo em configurações de acesso compartilhado da interface de usuário em equipamentos de multiplexação ou comutação.

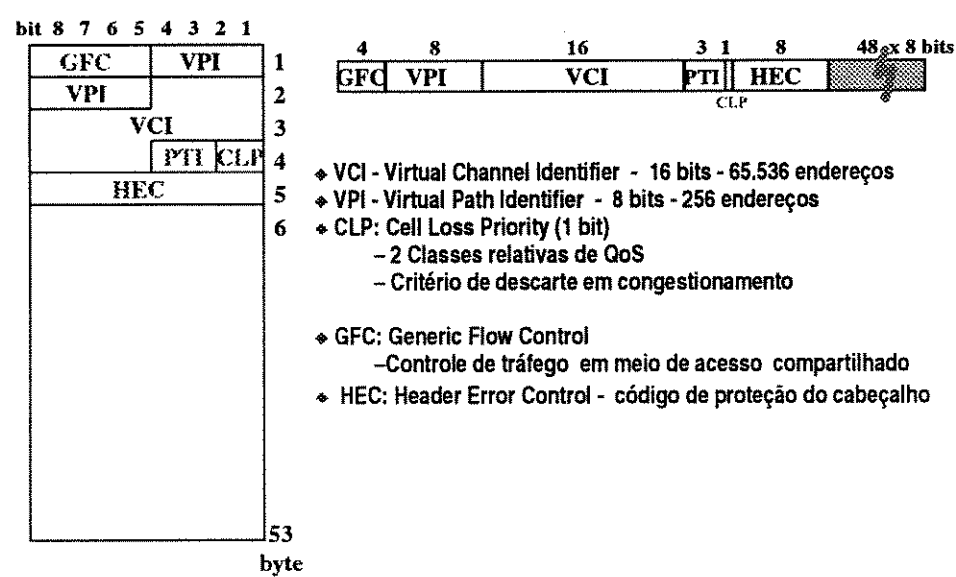


Figura 3-1 Célula ATM

A rede ATM é orientada a conexão. Circuitos virtuais precisam ser previamente estabelecidos ao longo de toda a rede, atribuindo-se identificadores VPI/VCI em cada enlace, antes de se transmitir células. Os comutadores roteiam as células, de enlace para enlace,

mantendo a sequência das mesmas. A concepção da rede ATM orientada a conexão permite a alocação e supervisão de recursos individualmente para cada circuito virtual.

Estrutura em camadas

A rede ATM é estruturada em três camadas: a camada física, a camada ATM e a camada de adaptação (AAL - ATM Adaptation Layer), como mostrado na Figura 3-2. Parte da figura mostra o envolvimento da rede na troca de informações apenas entre as aplicações, constituindo o plano de usuário. Outros tipos de informações trocadas entre os terminais e a rede, para controle de conexões e supervisão constituem respectivamente os planos de controle e de gerência, mostrados no modelo de referência das interfaces da rede B-ISDN na outra parte da figura

A camada física é responsável por transportar *bits*, estruturados em células, e estas em quadros, através do meio físico da interface UNI (*User Network Interface*) entre o terminal e a rede, ou NNI (*Network Node Interface*) entre nós da rede. As funções de transmissão são dependentes do meio utilizado, seja cabo coaxial, par trançado, fibra óptica monomodo ou multimodo. A camada física desempenha funções de adaptação de células ao quadro de transmissão, o delineamento de células, a detecção e correção de erros no cabeçalho e o desacoplamento da taxa de células da taxa de transmissão.

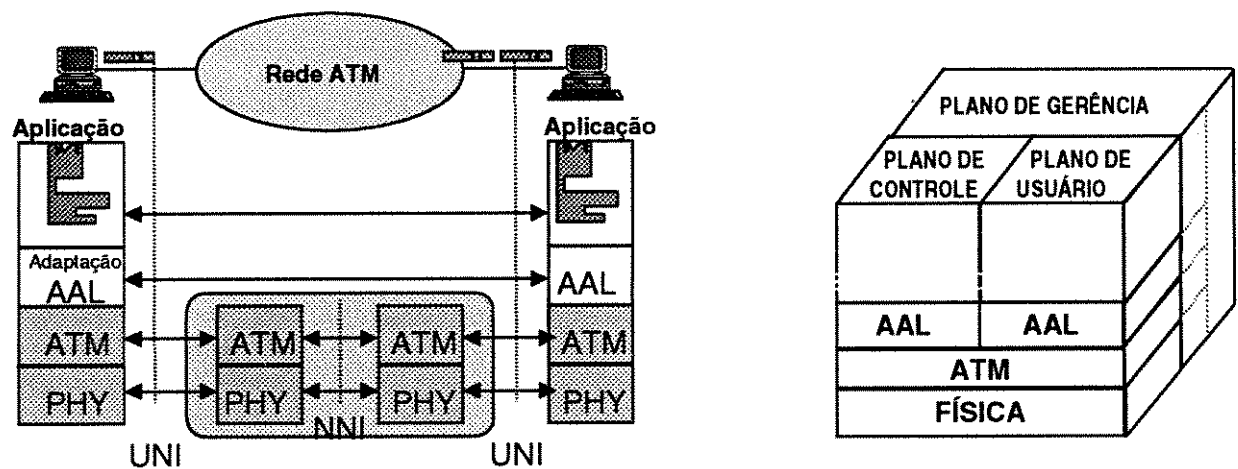


Figura 3-2 Rede ATM em camadas

A camada ATM é responsável pela identificação, multiplexação, e roteamento de células nos terminais e na rede. Recebe unidades de dados e parâmetros da camada AAL e acrescenta o cabeçalho às células, enviando-as à camada física. Desempenha também as

funções relativas à validação das células, controle de tráfego e de fluxo, e discrimina células por suas funções na rede relativas à supervisão e gerência.

A camada AAL (ATM Adaptation Layer) é responsável pela conversão das unidades de informação da aplicação para o formato ATM. É implementada nos terminais da rede, que é transparente ao protocolo AAL. De modo geral a camada AAL implementa as funções de adaptação das unidades de informação da aplicação ao *payload* das células, a verificação e correção de erros e perdas de células, o controle de fluxo e a sincronização da informação do usuário. A camada AAL é implementada também nos equipamento de rede para terminar os protocolos de sinalização e de gerência.

A cada camada é associada uma gerência de camada, que trata as funções de operação e manutenção da camada. A consolidação das diferentes informações geradas pelo conjunto das gerências de camada é denominada de gerência de plano. As camadas física e ATM multiplexam as informações do usuário (plano de usuário), as informações de sinalização para controle de conexões (plano de controle) e as informações de controle e gerência (plano de gerência).

Conexões VP e VC

O conceito de VP é bastante flexível. Pode ser entendido como uma conexão semi-permanente tal como uma linha privativa, ou como um circuito virtual tronco que transporta transparentemente um grupo de VCs agregados. Considerando que a multiplexação de fontes estatísticas uniformes resultam em maior ganho estatístico, o VP é útil como instrumento eficaz de gerenciamento de banda ao se agrupar no VP conexões VC com características de tráfego comuns. Permite também a monitoração do tráfego de menor número de VP, simplificando a gerência de recursos na rede e a própria operação dos nós de comutação. Outra possibilidade é reunir as conexões entre as mesmas centrais locais origem e destino, em troncos virtuais diretos entre essas centrais locais, minimizando-se o número de circuitos virtuais na rede trânsito e eliminando-se o estabelecimento de conexões sob demanda na rede trânsito. Estes troncos virtuais são conexões semi-permanentes, com possibilidade de dimensionamento de banda programada ou reconfigurada pelo centro de gerência de rede.

O conceito de VC é geralmente entendido como um canal individual de um usuário (terminal ou aplicação). Pode também ser constituído por canais de informação multiplexados pelo usuário da rede, como por exemplo no entroncamento de centrais e na emulação de circuitos PCM.

Capacitações de transporte

Diferentemente das redes de pacote tradicionais, que se utilizam de mecanismos de janela para controlar o tráfego gerado por cada terminal (controle de fluxo explícito), a rede ATM realiza o controle de fluxo de maneira implícita, através da monitoração de parâmetros de tráfego na interface com o usuário. Cada conexão deve estar relacionada a um *contrato de tráfego* entre a rede e o usuário, definindo os valores destes parâmetros, os quais devem ser obedecidos durante a conexão. Os mecanismos de controle de tráfego atuam na admissão de chamadas (CAC – Controle de Admissão de Chamadas) e na gerência de recursos da rede, no controle do acesso do usuário (o mecanismo UPC – *Usage Parameter Control*) e na monitoração e reação a estados de sobrecarga e congestionamentos da rede (tratamento de prioridade, descarte, reescalonamento de células).

A recomendação I.371 [18] descreve os mecanismos de controle de tráfego e de congestionamento. O controle de tráfego é o conjunto de ações tomadas pela rede para evitar condições de congestionamento. O controle de congestionamento se refere ao conjunto de ações tomadas pela rede a fim de minimizar a intensidade, a expansão e duração do congestionamento, causado, em geral, por flutuações estatísticas imprevisíveis do tráfego ou condições de falha internas à rede. O papel fundamental dos procedimentos e parâmetros de controle de tráfego e controle de congestionamento é proteger a rede e o usuário, com a finalidade de alcançar os objetivos de desempenho da rede e, adicionalmente, otimizar o uso dos seus recursos.

O contrato de tráfego entre usuário e rede é um conjunto de parâmetros e procedimentos que caracterizam a conexão para a rede, composta pela *capacitação de transferência ATM*, pelo *descriptor de tráfego da fonte*, pelo *descriptor de QoS* solicitada para determinada conexão ATM. Estas informações são declaradas pelo usuário no estabelecimento da conexão através de sinalização ou por subscrição.

ATM Transfer Capabilities – ATCs

Uma ATC ou *capacitação de transferência ATM* tem o objetivo de suportar um modelo de serviço e a QoS associada para a camada ATM, através de um conjunto de parâmetros de tráfego e procedimentos da camada ATM. Além de definir uma sistemática de parametrizar o perfil de tráfego negociado entre o terminal e a rede, permite a otimização dos recursos da rede através da multiplexação estatística. Ao requisitar uma ATC, o usuário deve se comprometer, no estabelecimento da conexão, a obedecer certas características de tráfego, cuja conformidade

será examinada na entrada da rede, à nível da UNI. Estando o tráfego conforme, a rede se compromete a cumprir os requisitos de QoS estabelecidos para aquela ATC.

As capacitações de transferência ATM que foram definidas pelo ITU-T são:

- DBR - *Deterministic Bit Rate* - utilizada por conexões que requerem uma quantidade estática de banda que tem que estar disponível continuamente durante o tempo de vida da conexão. Essa quantidade de banda é caracterizada pela taxa de pico de células.
- SBR - *Statistical Bit Rate* - utilizada por conexões que requerem uma quantidade variável de banda no tempo, requer um conhecimento com maior detalhe do perfil de tráfego das fontes, mas permite ganho estatístico na multiplexação delas.
- ABT - *ATM Block Transfer* - é um procedimento da camada ATM para o provimento de um serviço onde as características de transferência da camada ATM são negociadas bloco a bloco de células. Uma vez um bloco tendo sido aceito para a transmissão pela rede, esta alocará banda nas mesmas bases de uma conexão DBR, ou seja, pela taxa de pico.
- ABR - *Available Bit Rate* - é uma capacitação de transferência destinada a aproveitar a banda não reservada na rede ATM. Ela é adequada a aplicações onde as fontes tem a habilidade de reduzir sua taxa se a rede o requerer, ou aumentar se a rede o permitir.

Não existe uma correspondência um para um entre serviços ou classes de serviços e capacitações de transferência ATM que podem ser usadas. Por exemplo, um serviço tal como o Frame Relay pode fazer uso da capacitação de transferência DBR, SBR, ABR ou ABT. A ATC que será utilizada para uma conexão, ou é declarada explicitamente em seu estabelecimento ou é declarada implicitamente através da solicitação de um determinado serviço cujo perfil pode ser associado a uma ATC pela rede, como é o caso da emulação de canais circuito, que inerentemente utilizam DBR. A Figura 3-3 mostra os parâmetros de tráfego e QoS utilizados em cada ATC.

Categoria de serviço	Descritor de tráfego	Descritor de Qualidade de serviço	Aplicações
Deterministic Bit Rate Constant Bit Rate	PCR	CLR, CTD, CDVT	vídeo, voz, CES
Statistic Bit Rate 1 Variable Bit Rate RT	PCR, SCR, MBS	CLR, CDVT	vídeo MPEG II
Statistic Bit Rate 2 Variable Bit Rate nRT	PCR, SCR, MBS	CLR	dados FR, SMDS
Available Bit Rate Available Bit Rate	PCR, MCR	CLR	dados TCP/IP, LAN
ATM Block Transfer ABT DT/IT	PCR, IBT, SBR	CLR, CTD, CDVT	dados TCP/IP burst
Statistic Bit Rate 3 Unspecified Bit Rate	-	-	internet, LAN

CLR - Cell Loss Rate
CTD - Cell Transfer Delay
CDV - Cell Delay Variation
CDVT - CDV Tolerance
PCR - Peak Cell Rate

SCR - Sustainable Cell Rate
MBS -Max. Bursts Size
MCR - Min. Cell Rate
CBR - Constant Bit Rate
DT / IT - Delayed / Immediate Transfer

ABT - ATM Block Transfer
VBR - Variable Bit Rate
RT - Real Time
ABR - Available Bit Rate

DBR - Deterministic Bit Rate
UBR - Unspec. Bit Rate
IBT - Intrinsic Burst Tol.
ECR - Explicit Cell Rate

Figura 3-3 Capacitações de transferência ATM e parâmetros

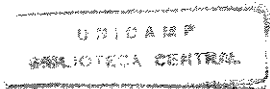
Sinalização e provisionamento

No modelo de referência da B-ISDN, o plano de controle é responsável pela execução das funções associadas aos protocolos de sinalização, ou seja, ao estabelecimento, controle e liberação de chamadas e conexões.

No estabelecimento de uma conexão utilizada em uma chamada, pode-se ter os elementos de rede (comutadores) controlados a partir de informações fornecidas pelo usuário, através das funções do plano de controle, utilizando um protocolo de sinalização, ou por informações vindas do gerenciamento da rede, através das funções do plano de gerenciamento. O primeiro caso é denominado serviço SVC - *Switched Virtual Connection* e o segundo caso serviço PVC - *Permanent Virtual Connection*.

A sinalização entre o usuário e a rede normalmente é cursada através do *canal virtual de sinalização*, que utiliza o VCI = 5 na interface UNI. O VCI utilizado na interface NNI (quando utilizado) é definido pela gerência de rede. Outros canais para configurações de acesso específicas são definidos pela padronização: o canal virtual de meta-sinalização, o canal de sinalização de difusão geral, e o canal de sinalização de difusão seletivo.

A sinalização utilizada para o estabelecimento da chamada e das conexões tem capacitações para: controlar conexões de caminho virtual (VPC) e circuito virtual (VCC); negociar as características de tráfego e de qualidade de serviço desejadas da conexão; suportar as configurações de comunicação ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto; habilidade para renegociar as características de tráfego de uma conexão já estabelecida; suporte de chamadas



assimétricas (largura de faixa pequena ou nula em uma direção e alta na outra direção); estabelecimento e liberação simultânea de múltiplas conexões pertencentes a uma chamada; adicionar e remover conexões a uma chamada existente.

Ao se estabelecer uma conexão VCC, um identificador VCCI (*Virtual Channel Connection Identifier*) é atribuído à conexão. De modo análogo um VPCI (*Virtual Path Connection Identifier*) é atribuído a uma conexão VPC.

Os protocolos de sinalização são padronizados pelo ITU-T nas recomendações Q.2931 [17] e B-ISUP [19], e são executados através de um conjunto de mensagens (*setup, connect, release, etc.*) que são estruturados de forma a transportar os elementos de informação necessários para o estabelecimento e liberação de chamadas e conexões.

As mensagens de sinalização para serem transportadas sobre a rede ATM devem ser segmentadas em células e remontadas no destino. Estas funções são realizadas pelo protocolo SAAL (*Signaling AAL*) [20] que é formado pela AAL 5 e pelos protocolos SSCOP (*Service Specific Connection Oriented Protocol*) [15] e SSCF (*Service Specific Convergence Function*) [16]. O protocolo SSCOP executa funções de controle de fluxo e recuperação de erro, proporcionando confiabilidade ao transporte das mensagens de sinalização.

Operação e manutenção

O gerenciamento de rede tem se tornado um assunto chave em redes de comunicação, a medida que as mesmas se tornam mais rápidas, mais complexas e com maiores requisitos de disponibilidade. Assim não basta ter o gerenciamento sobre uma camada de rede ou sobre um equipamento isolado, torna-se essencial um sistema de gerenciamento integrado que possa tratar a rede como um todo.

A estruturação de um modelo em camadas para a supervisão e gerência, permite delimitar corretamente as fronteiras e as interações entre as subsistemas da rede. Esta estrutura é aplicada na B-ISDN tanto à rede, como às interfaces, enlaces e conexões.

A Gerência de Rede é genericamente dividida em 5 áreas funcionais: *gerência de configuração*, garantindo a programação dos parâmetros certos e corretamente nos diversos componentes; *gerência de falhas*, identificando e indicando o que falhou e onde houve falha, monitorando ou ativando a sua recuperação; *gerência de desempenho*, analisando se os serviços estão degradando, avaliando se algo está para falhar, ou se é necessário atualizar a rede; *gerência de tráfego e tarifação*, contabilizando quem e quanto se está usando a rede, e monitorando a capacidade da rede e se é preciso redimensioná-la; *gerência de segurança*, avaliando o uso correto da rede, e se há usuários ilegais.

Do ponto de vista das camadas de protocolos, dentro do modelo OSI cada camada gerencia e supervisiona os seus próprios recursos. No contexto do modelo de referência da rede ATM, as funções de OAM estão alocadas ao plano de gerência que é subdividido em gerência de plano e gerência de camada. As funções de OAM são executadas pelas gerências de camada e os resultados são encaminhados à gerência de plano para processamento das informações. A gerência de plano executa a função de agente de gerência de equipamento ou de rede e se comunica com aplicações de gerência de um sistema de operação, através da interface Q3. As funções de operação e manutenção para redes ATM estão descritas na recomendação I.610 [32]. Estas funções estão divididas em níveis hierárquicos, associados à camada ATM e à camada física.

A Figura 3-4 apresenta um modelo dos fluxos de informações de controle e gerência, que utilizam células ATM. A camada ATM discrimina as células com base nos VCI e PTI dedicados, e separa células de usuário de células de informações de gerência tratadas pela gerência de camada ATM. Estas células transportam informações de supervisão de VC e VP, gerência de recursos de VP e VC, meta-sinalização (presente apenas nos padrões ITU) e o protocolo ILMI (*Interim Local Management Interface*) de gerência da interface UNI (presente apenas nos padrões ATM Forum).

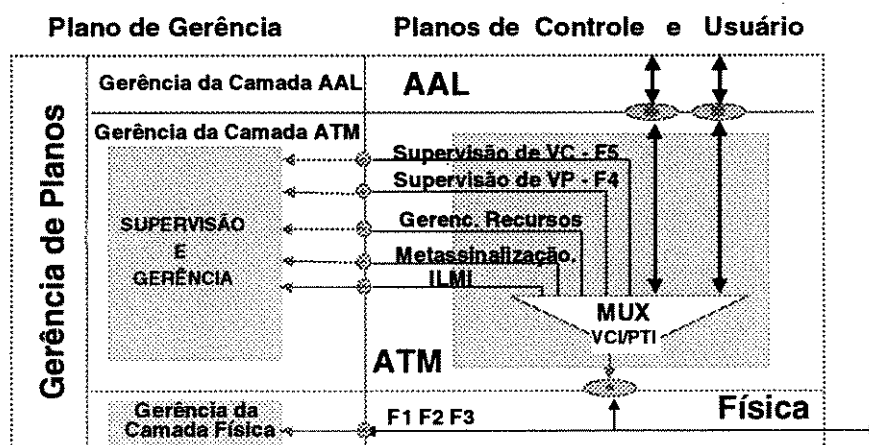


Figura 3-4 Fluxo de células de operação e manutenção

A supervisão na rede é hierárquica, independente para cada camada e subcamada.

Na camada física SDH há três níveis de supervisão independentes: o nível seção de regeneração, supervisionado através do *overhead* R-SOH (*overhead* da seção de regeneração) do quadro SDH, com fluxo de informações denominado F1; o nível seção digital ou multiplex, supervisionado através do *overhead* S-SOH, com fluxo F2; e o nível caminho de transmissão ou tributário, supervisionado através do *overhead* POH (*path overhead*).

Na camada ATM há dois níveis de supervisão: o nível VP, supervisionado através de células de OAM (Operação, Administração e Manutenção) com VCI = 3 e 4, cujo fluxo é denominado F4; e o nível VC, supervisionado através de células de OAM com PTI = 3 e 4, com fluxo F5. O cabeçalho é codificado de acordo com a conexão supervisionada (um VCI ou um PTI apropriado). O *payload* da célula contém as informações de OAM, codificadas segundo regras do protocolo OAM.

Esses 5 níveis de supervisão fornecem informações suficientes para a diagnose, identificação e localização de falhas e as conseqüentes ações de isolamento e recuperação de falhas.

As funções de operação e manutenção de VP e VC são relativas ao gerenciamento de falhas nas conexões e ao gerenciamento de desempenho. No gerenciamento de falhas são identificadas e reportadas falhas de conexão de VP ou VC através de alarmes e também verificada a continuidade de conexões. No gerenciamento de desempenho, executado sobre blocos de células de usuário monitora-se células com *bits* errados, perda e inserção de células, retardo de transferência de células e o CDV.

3.2. O protocolo de adaptação AAL1

Princípios

O protocolo AAL 1 é usado para adaptar serviços com taxa de *bit* constante (voz, vídeo e emulação de circuitos) ao modo de transporte ATM. Estes serviços são caracterizados por transmitirem amostras da informação de usuário e de sincronismo e estrutura de quadro, em intervalos regulares de tempo. Estas amostras podem ser de 8 *bits* (vídeo, voz, emulação de circuitos PCM estruturados) ou de 1 *bit* (emulação de circuitos PDH não estruturados).

Estas amostras são empacotadas em células e, ao serem transportadas pela rede ATM, estão sujeitas aos efeitos de CDV (*Cell Delay Variation*), de atraso e de perda e inserção de células. Todas estas distorções impostas ao fluxo de células são compensadas pelo protocolo AAL 1 no terminal de destino. Simplificadamente, a AAL 1 é responsável pelo empacotamento de *bits* ou *bytes*, pela recuperação de sincronismo e compensação de variação de retardo e por funções de detecção e recuperação de erros.

Protocolo

A camada AAL 1 é especificada na recomendação I.363.1 [14]. É subdividida nas subcamadas CS (*Convergence Sublayer*) e SAR (*Segmentation and Reassembly Sublayer*). Os campos de protocolo são mostrados na Figura 3-5.

A subcamada CS executa o empacotamento (e o desempacotamento) das amostras ou unidades de dados, no campo de informação da célula, adicionando campos de protocolo, totalizando 47 octetos.

A subcamada SAR adiciona 1 octeto à unidade de informação da CS (CS-SDU), para detecção de erros no transporte, completando os 48 octetos que irão compor o campo de informação da célula ATM.

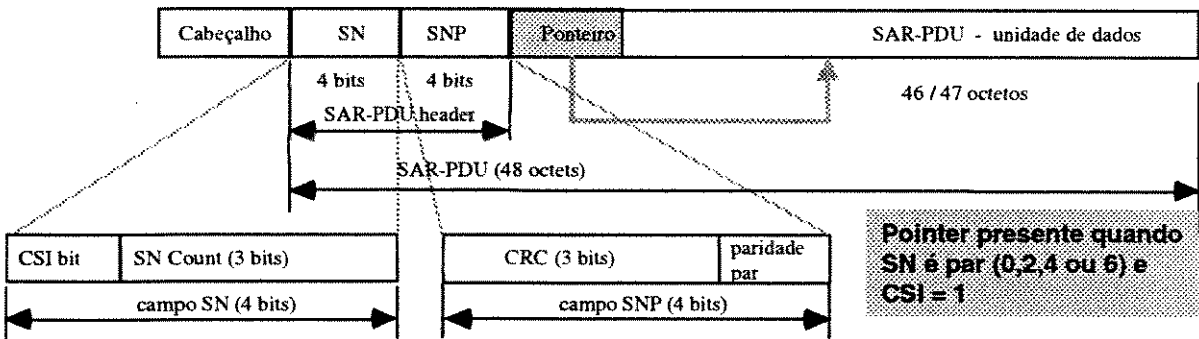


Figura 3-5 Campos da unidade de dados de protocolo da AAL 1

A subcamada SAR é responsável basicamente pela função de detecção de perda e inserção de células, ocasionados durante o transporte destas. Esta função é executada através do campo SNC (*Sequence Number Count*) presente no cabeçalho da unidade de protocolo AAL 1, operando como numeração sequencial das células.

Considerando que para os serviços isócronos a detecção de perda e inserção de células é muito importante para a recuperação do sincronismo e, dependendo do serviço, para a recuperação da informação do usuários, por códigos corretores, o campo SNC é protegido pelo campo SNP (*Sequence Number Protection*). Este campo permite a detecção e correção de erros simples no campo SNC. O campo SNP é formado pelo campo CRC (*Cyclic Redundance Check*) que protege o campo SN e pelo campo *parity* que protege os campos SN e CRC.

O campo CSI (*CS Indication*) é utilizado pela subcamada CS para a execução das funções de recuperação de sincronismo e de estrutura de quadro. Este campo é transportado de forma transparente pela subcamada SAR.

A subcamada CS é responsável pela composição e decomposição da unidade de dados de protocolo da AAL1, pelo controle do CDV, pela compensação de perda e inserção de células, pela recuperação do relógio e, dependendo da aplicação executa a recuperação da estrutura de quadro e a correção da informação do usuário.

Tanto o controle do CDV quanto a compensação de perda e inserção de células são efetuados com a implementação de um *buffer* no terminal receptor. No caso de atraso excessivo (*underflow*) ou de perda de células, unidades de dados são geradas e inseridas pela AAL ou, no caso de antecipação relativa ou de inserção de células, unidades de dados são descartadas.

O preenchimento da célula pode causar retardo significativo na comunicação. Para reduzir este atraso, células parcialmente preenchidas podem ser usadas, o que por outro lado custa banda adicional. A opção de preenchimento parcial pode ser configurada no provisionamento da conexão ATM (se PVC) ou por sinalização (se SVC).

Recuperação de sincronismo

Existem dois mecanismos para a recuperação do relógio da fonte: o SRTS (*Synchronous Residual Time Stamp*) e o adaptativo. Este métodos são ilustrados na Figura 3-6. Esta função pode também ser implementada de forma proprietária nas camadas superiores de protocolo, neste caso dispensando qualquer mecanismo na camada AAL.

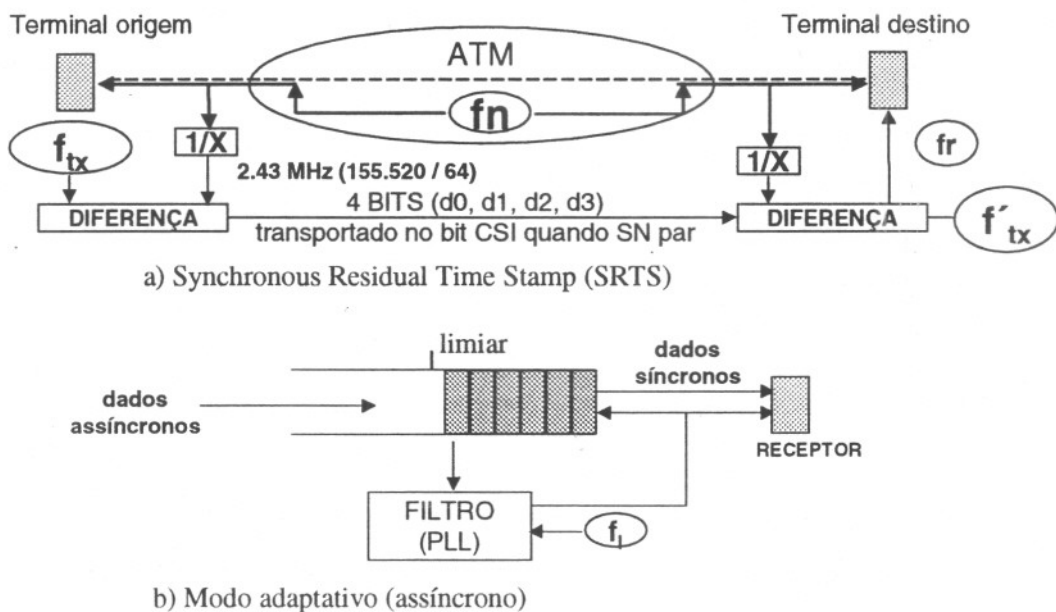


Figura 3-6 Métodos de recuperação de sincronismo

O mecanismo SRTS parte do pressuposto que os terminais de origem e destino tem acesso a uma referência de relógio da rede f_n , distribuída por exemplo através das interfaces físicas SDH. Este mecanismo equaliza o número de ciclos de relógio da aplicação dos dois lados. No terminal de origem é medido um diferencial em número de ciclos, entre a referência de relógio da rede e o relógio do qual é derivada a taxa de transmissão da informação de

aplicação, f_x . Este diferencial, denominado *synchronous residual time stamp*, medido continuamente, é codificado em 4 *bits* (d_0 a d_3) que são transmitidos periodicamente no campo CSI (1 *bit*) das unidades de dados de protocolo com número de sequência (campo SNC) ímpar. Sendo o número de sequência módulo 8, o valor é transmitido a cada 8 células da conexão. No terminal receptor, a função de remontagem utiliza este *time stamp* para ajustar ao mesmo diferencial o relógio derivado de um oscilador local medido em relação ao relógio referencial da rede.

É importante notar que se por um lado o método SRTS requer uma boa sincronização e distribuição de relógio na rede, por outro lado permite que o receptor opere com *buffers* reduzidos e portanto um reduzido atraso fim a fim.

O método adaptativo não requer o acesso, por parte dos terminais, a uma referência de relógio da rede, o que implica na necessidade de implementação de um *buffer* adicional no terminal de destino para acomodar as unidades de dados AAL1 recebidas da rede e recuperar o relógio baseado no princípio de que o fluxo médio de *bits* é constante e equivalente à taxa de transmissão.

Um circuito PLL (*Phase Locked Loop*) irá recuperar o sincronismo monitorando a profundidade do *buffer* de remontagem, utilizando a referência em torno de uma média para controlar o oscilador de relógio de leitura do *buffer* de recepção, pré-preenchido até um limiar de referência. Assim, se a taxa de chegada de unidades de dados aumenta o relógio local passa a trabalhar em uma frequência maior e vice versa.

Este método apesar de apresentar um pior desempenho em termos de *jitter* e atraso, que o SRTS, tem se tornado mais popular pela sua simplicidade de implementação.

Recuperação de estrutura de quadro

Para as aplicações que requerem a transferência e recuperação da estrutura de quadro, como os serviços estruturados a $N \times 64 \text{ kbps}$, é utilizada uma função da AAL1 denominada SDT (*Structured Data Transport*), que introduz uma referência de início de quadro no *payload* da célula que o contém. Este modo possui a capacidade de delinear blocos de octetos repetidos de tamanho fixo, como quadros E1 inteiros, ou canais fracionais como 384 *kbps* (6x64 *kbps*) ou 768 *kbps* para video-conferência.

O campo ponteiro, como mostrado na Figura 3-7, aponta para o início do bloco, delimitando dois blocos. Sendo os blocos de tamanho constante, basta inserir o ponteiro uma vez, entretanto, para confirmar o sincronismo de quadro por razões de confiabilidade, o ponteiro é utilizado periodicamente a cada 8 células. A existência do ponteiro é indicada pelo *bit* CSI = 1 somente em células cujos campos tenham numeração de sequência par, isto é, SNC

= 0, 2, 4 ou 6. Neste caso a unidade de dados é composta de apenas 46 octetos. No caso de aplicações com quadros reduzidos tem-se mais de um início de quadro dentro de uma única célula de modo que o campo ponteiro só aponta para a primeira ocorrência.

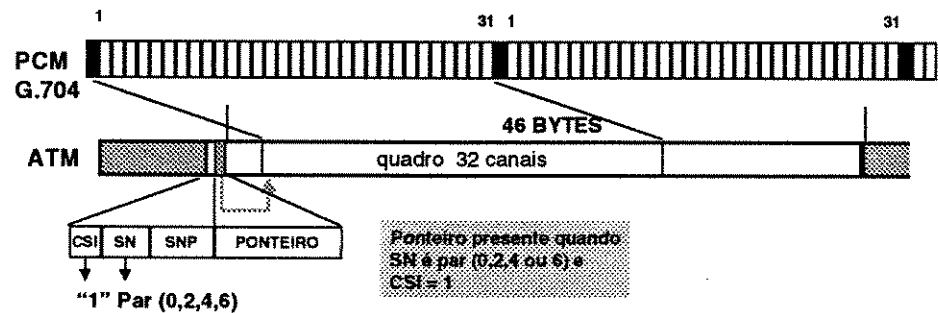


Figura 3-7 Método de transporte de quadros estruturados

Detecção e recuperação de erros

Os mecanismos descritos permitem a detecção de perda e inserção de células, entretanto não detectam erros de *bits*. Para aplicações que requerem maior confiabilidade, é necessário usar mecanismos de correção de erros FEC (*Forward Error Correction*), uma vez que os mecanismos de retransmissão não são apropriados para voz, vídeo e emulação de circuitos. Dois tipos de códigos FEC são padronizados para a AAL 1.

3.3. O protocolo de adaptação AAL2

Princípios

Com a proliferação do serviço de telefonia celular surgiram propostas no ITU-T e ATM Forum para a utilização da rede ATM no transporte desses serviços. Foi definida uma nova AAL mais adequada ao transporte nas redes ATM de informações do tipo voz comprimida em baixas taxas, remoção de silêncio e dados no terminal móvel. O principal objetivo foi proporcionar um baixo tempo de montagem de célula, multiplexando várias conexões de voz em um mesmo circuito virtual ATM.

As principais aplicações da AAL2 são mostradas na Figura 3-8: interconexão de estações rádio base (*ERB*) com as estações de controle de comutação (*CCC*) e diretamente entre as estações *ERB*, deste modo utilizando mais eficientemente os canais de transmissão entre *ERBs* e *CCCs*; entroncamento de redes não ATM orientadas à voz, tais como a própria

rede telefônica; em redes corporativas, utilizando banda reduzida para os serviços de voz, permitindo a integração eficaz de serviços de dados e voz nos meios convencionais de 2 Mbps.

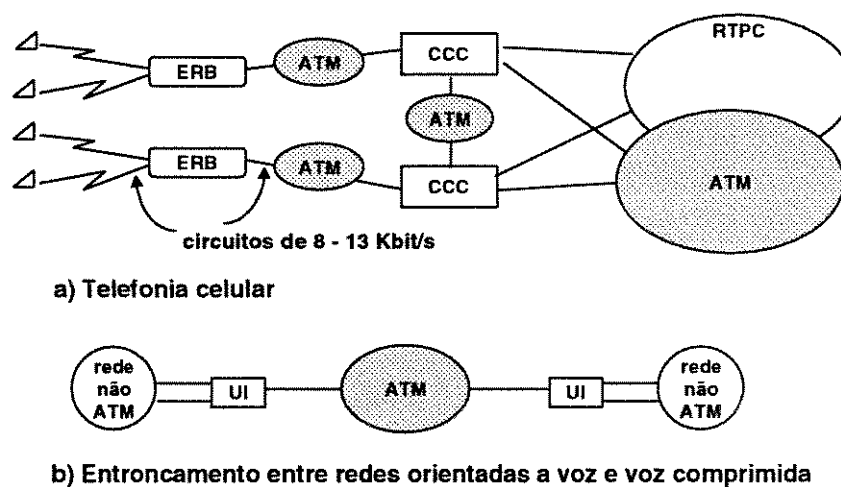


Figura 3-8 Utilização da AAL 2 em aplicações de voz na rede ATM

Tomando como exemplo uma aplicação de voz celular digital codificada a 8 kbps, a montagem de uma célula completa, utilizando a AAL 1, resultaria num atraso na transmissão de 48 ms, que somado com o atraso nos buffers de recepção resultaria em um atraso total inaceitável. Multiplexando-se 30 destas fontes resultaria num tempo de montagem de aproximadamente 2 ms.

A solução da AAL 2 é adaptar os sinais em baixas taxas para pequenos pacotes e então multiplexar estes pacotes na própria camada AAL, transportando portanto várias conexões AAL sobre um circuito virtual ATM, como mostrado na Figura 3-9. São as técnicas de compressão de voz utilizadas na telefonia celular que proporcionam a geração de pacotes pequenos e com baixas taxas, tipicamente pacotes de 10 bytes a cada 10 ms. Apesar de a AAL 1 suportar o preenchimento parcial de células, esta apresentaria uma baixa eficiência de transmissão. Além disto, não possui recursos para a manipulação de mensagens de tamanho variável e para multiplexação. É importante notar que a AAL 2 não suporta mecanismos de transferência de informação de sincronismo entre origem e destino e, portanto, não substitui a AAL 1. Esta função é implementada nas camadas superiores.

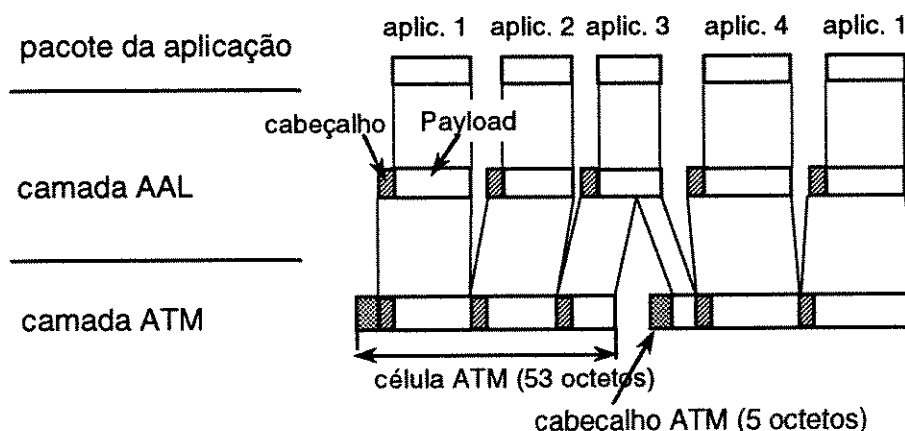


Figura 3-9 Princípio de multiplexação da AAL 2

Resumindo os princípios gerais da AAL 2: eficiência de banda em baixas taxas, utilizando células completamente preenchidas; pacotes curtos com tamanho variável, para aplicações sensíveis a atraso; multiplexação de pacotes de diferentes usuários na mesma conexão ATM; concepção da conexão AAL2, possibilitando a comutação na camada AAL 2; prover diferentes aplicações ou qualidades de serviço; operar sobre conexão ATM PVC ou SVC.

Protocolo

A AAL 2 é subdividida nas subcamadas CPS (*Common Part Sublayer*) e SSCS (*Service Specific Sublayer*), como mostra a Figura 3-10. A CPS implementa os canais AAL 2, multiplexando diversos pacotes SSCS identificados por um CID (*Channel Identifier*) e adaptando-os à célula ATM. A SSCS, quando existente, implementa funções adicionais à CPS para determinadas aplicações de dados, como a segmentação de grandes pacotes de dados em pequenos pacotes, detecção e recuperação de erros, etc. Implementa diferentes classes de transporte, denotados por diferentes pontos de acesso à AAL (AAL-SAP). Nas aplicações de voz é inexistente.

A concepção de conexões AAL2 implica na necessidade de estabelecer os canais AAL 2, isto é atribuir novos valores CID a novos fluxos de pacotes de aplicação e multiplexá-los com os existentes. Da mesma forma, para suprimir conexões, implica em eliminar CIDs e os correspondes fluxos de pacotes. Um protocolo para estabelecer conexões AAL 2, denominado ANP (*AAL 2 Negotiation Protocol*), está em fase de definição, e faz parte dos procedimentos de gerência de camada. O ANP interage diretamente entre as terminações AAL 2 origem e

destino, de modo transparente através da rede. Com este mecanismo é possível se criar uma rede comutada AAL 2 sobre uma rede de canais virtuais ATM pré-configurada.

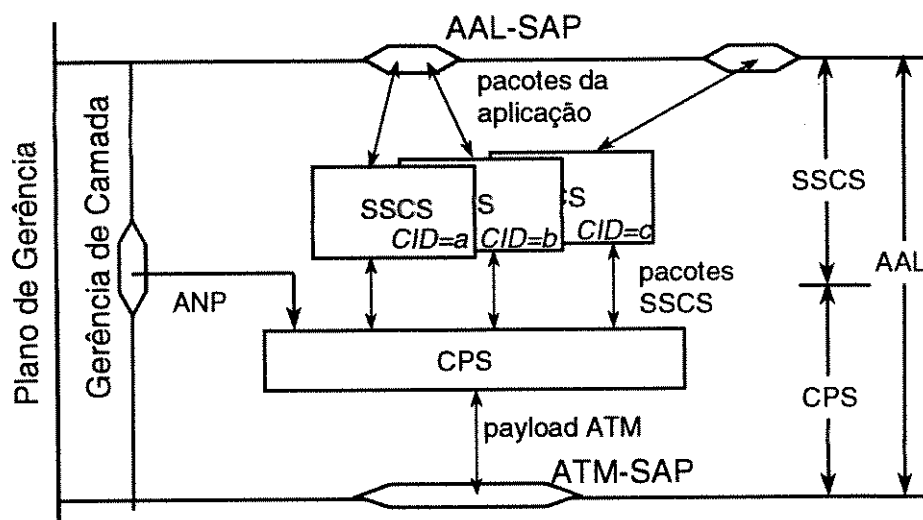


Figura 3-10 Modelo de referência de protocolo AAL 2

A Figura 3-11 mostra a operação da AAL 2 e a Figura 3-12 mostra os campos do seu protocolo. A CPS constrói os pacotes CPS (*CPS-Packet*), adicionando um cabeçalho (contendo os campos CID, LI, UII, HEC) a um campo de informação de 1 a 64 octetos originado pela SSCS ou aplicação. Os pacotes CPS pertencentes a diferentes aplicações são identificados pelo campo CID, multiplexados e adaptados ao *payload* da célula ATM. O alinhamento dos pacotes CPS na célula ATM é realizado com auxílio de um ponteiro no campo STF (*Start Field*) no primeiro *byte* do *payload* da célula, e pela informação de comprimento contida dentro de cada pacote CPS-Packet (*LI - Length Indicator*).

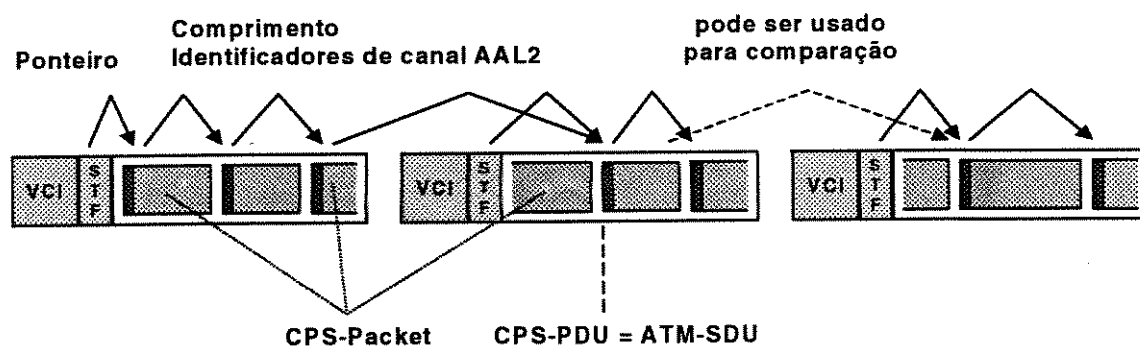


Figura 3-11 Operação da AAL 2

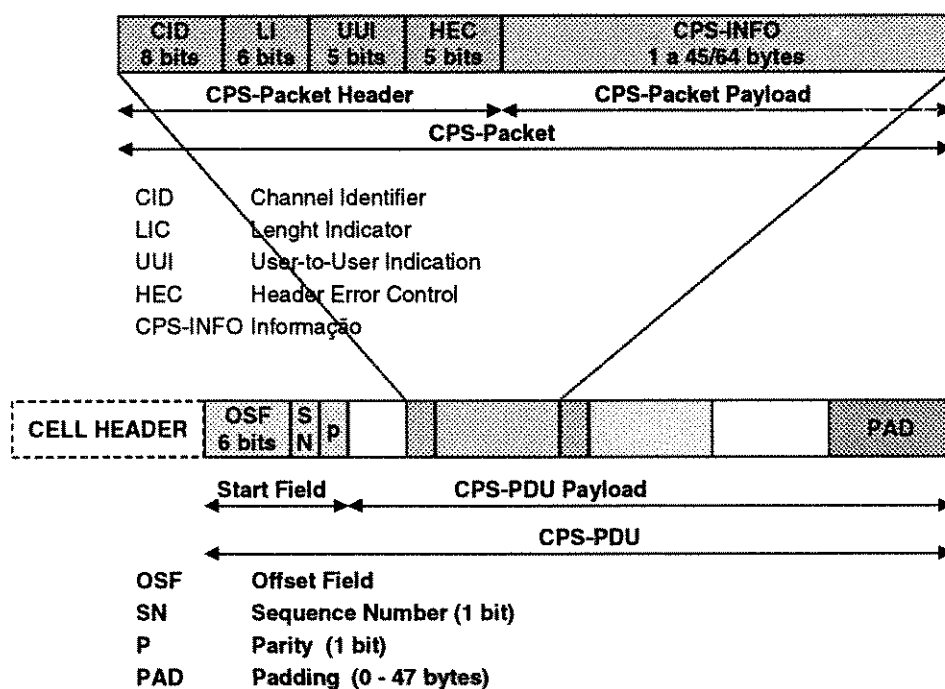


Figura 3-12 Campos de protocolo da AAL 2

Os cabeçalhos das unidades CPS-Packet e CPS-PDU são compostos dos seguintes campos:

- **CID (Channel Identifier):** identifica a conexão que é multiplexada sobre um determinado VPI/VCI. O mesmo canal é utilizado nas duas direções. O valor 0 é utilizado para preenchimento e o valor 1 para o protocolo ANP (AAL Negotiation Procedure)
- **LI (Length Indicator):** indica o comprimento do campo de informação da CPS-PDU cujo valor máximo pode ser configurado por canal como 45 ou 64 bytes.
- **UUI (User to User Indication):** utilizado para o transporte transparente de informação entre as entidades usuárias da subcamada CPS. As aplicações são: a supervisão de conexões AAL 2, isto é comunicação entre gerências de camada AAL; e a comunicação de protocolo entre as subcamadas SSCS para negociação de parâmetros da aplicação.
- **HEC (Header Error Control):** são 5 bits de CRC que permitem a detecção de erros no cabeçalho CPS.
- O cabeçalho da unidade CPS-PDU tem a função de indicar o início do primeiro pacote CPS-Packet através do ponteiro OSF (Offset Field). O campo PAD é de preenchimento para o caso de células não totalmente preenchidas.

Protocolos SSCS

Diversos protocolos SSCS estão sendo definidos. Os principais são para aplicações de dados e para aplicações de entroncamento telefônico.

A SSCS para dados, especificada na recomendação I.366.1 [22] , é utilizada para segmentar grandes pacotes de dados em pacotes compatíveis com a CPS da AAL 2. Pode ser usado para transportar sinalização associada aos canais de voz também transportados pela AAL 2, ou outras aplicações de comunicação de dados.

A SSCS para entroncamento, cuja recomendação, denominada *I.trunk*, ainda está em desenvolvimento, especifica formatos de pacotes e procedimentos para informações como voz comprimida, descritores de inserção de silêncio, informações modo circuito, facsimile demodulado, dígitos discados (DTMF), *bits* da sinalização por canal associado e outras. Atribui valores para o campo UUI do pacote CPS para os diferentes formatos de codificação de voz e silêncio, tipos de pacotes com ou sem proteção de erros, e delimitação de pacotes de dados.

4. MÉTODOS DE INTERFUNCIONAMENTO PARA VOZ: EMULAÇÃO DE CIRCUITO E ENTRONCAMENTO COMUTADO

Os diferentes métodos de interfuncionamento ATM para serviços de voz ou dados a 64 *kbps* são descritos neste capítulo. Várias modalidades de emulação de circuitos, utilizando uma configuração estática da rede ATM, são apresentados. O método de entroncamento comutado, no qual VCCs podem ser dinamicamente estabelecidos de acordo com a intensidade de tráfego, é detalhado. O interfuncionamento de rede é realizado por uma unidade de interfuncionamento, sem o mapeamento dos procedimentos de sinalização entre a rede telefônica e ATM.

4.1. Emulação de circuitos

Características gerais

O serviço de emulação de circuito [34] [35] é utilizado para a transmissão de enlaces síncronos através da rede ATM, utilizando conexões ponto a ponto e a classe de serviço CBR (*Constant Bit Rate*).

Presentemente a conexão entre centrais utiliza múltiplos troncos permanentes E1 de 2.048 *kbps*, multiplexados e transmitidos por equipamentos da rede de transmissão plesiócrona ou síncrona. O serviço de emulação de circuito na rede ATM pode emular esses troncos de 2.048 *kbps*, e também canais individuais ou fracionais múltiplos de 64 *kbps*, de modo mais flexível, adaptando-os para circuitos virtuais semi-permanentes e multiplexando-os sem hierarquia.

Outras aplicações que utilizam serviços do tipo E1 a 2.048 *kbps*, podem utilizar o serviço de emulação de circuitos, como a comunicação de dados, a interligação de PABX ou o seu acesso à central.

O serviço de emulação de circuito é prestado por *unidades de interfuncionamento* entre as *interfaces de serviço* e a rede ATM. A unidade de interfuncionamento é responsável pela adaptação dos circuitos para ATM, e pelo tratamento de funções de sinalização e supervisão. A Figura 4-1 mostra o modelo de referência do interfuncionamento.

A unidade de interfuncionamento possui de um lado a interface de serviço a ser emulada, dos tipos E1 de 2.048 *kbps*, fracional ($N \times 64$ *kbps*) ou E3 de 34.368 *kbps*, e do lado ATM uma interface UNI com camada física E1, E3 ou STM-4.

Várias unidades de interfuncionamento podem ser logicamente instanciadas em um único equipamento, compartilhando uma interface UNI ATM de alta velocidade. Essa

facilidade permite a multiplexação dos múltiplos circuitos virtuais para múltiplos destinos e o uso eficiente de tráfego no acesso à rede.

O serviço de emulação de circuito também pode ser provido como um serviço lógico, sem a existência física das interfaces modo circuito, quando implementado internamente a um equipamento, como numa central ou um PABX com terminação ATM.

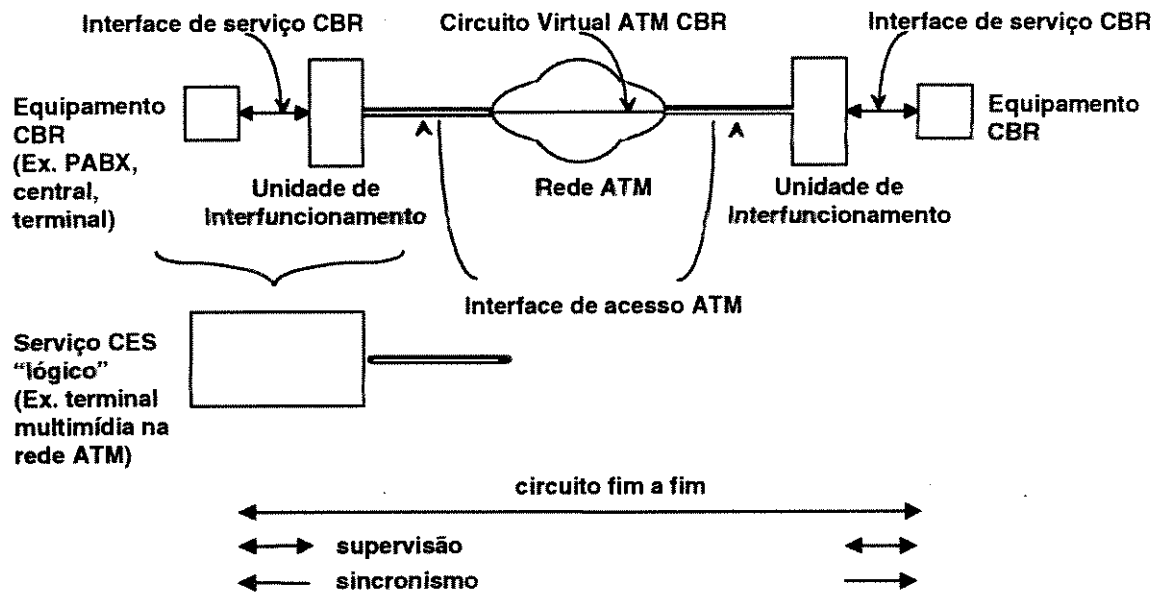


Figura 4-1 Modelo de referência do serviço de emulação de circuito

O serviço de emulação de circuito emula canais digitais de 64 *kbps* adaptando-os para células ATM utilizando a AAL1, em três modos distintos:

- modo E1 não estruturado;
- modo estruturado com utilização de banda dinâmica
- modo $N \times 64$ *kbps* e E1 estruturados;

Provisionamento do serviço de emulação de circuito

As conexões ATM de suporte para o serviço de emulação de circuito podem ser PVC ou SVC, estabelecidas com os parâmetros e elementos de informação apropriados: descritor de tráfego ATM, capacidades de suporte faixa larga, parâmetros de qualidade de serviço e parâmetros da camada de adaptação ATM.

4.1.1. Emulação de circuitos $N \times 64 \text{ kbps}$ e E1 estruturados

Descrição do serviço

No modo de emulação de circuitos E1 ou $N \times 64 \text{ kbps}$ estruturados a estruturação de quadro PDH é eliminada e os N canais de 64 kbps , individualmente ou agrupados, são mapeados em VCCs ATM, juntamente com informações sobre a estrutura do quadro. N é um número qualquer de canais, entre 1 e 31, de qualquer posição no quadro. Um modo simples de utilizar este serviço é emular os 31 canais do enlace inteiro. Nas aplicações de entroncamento de centrais ou PABX, pode haver sinalização por canal associado. Essas informações de sinalização também são transportadas transparentemente entre as interfaces de serviço.

Os canais pertencentes a um grupo $N \times 64 \text{ kbps}$ são alocados a um VCC por configuração, tanto na interface de serviços origem como na interface destino, e não necessitam ser contíguos nem ocuparem as mesmas posições no quadro, mas a sequência temporal deve ser mantida. O serviço $N \times 64 \text{ kbps}$ mantém a estrutura de quadro de 8 kHz ou $125 \mu\text{s}$. Isto é, canais do mesmo grupo presentes num quadro devem estar presentes no destino também num mesmo quadro e na mesma ordem.

O serviço $N \times 64 \text{ kbps}$ pode ser configurado para emular diversas frações (grupos) dos 31 canais circuitos da mesma interface de serviço E1, adaptando-as para vários VCCs (um para cada grupo) usando diversas entidades AAL1. A Figura 4-2 mostra um modelo de referência de protocolos da unidade de interfuncionamento com múltiplas instâncias AAL 1.

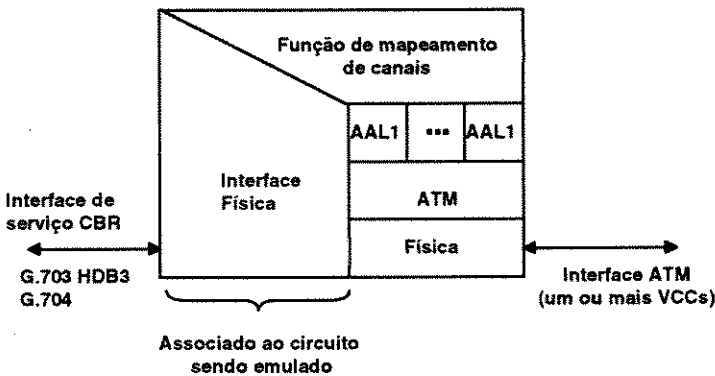


Figura 4-2 Modelo de referência de protocolo da emulação de circuito modo estruturado

Um exemplo de utilização da emulação de circuito estruturada é a implementação de uma rede cross-connect. A Figura 4-3 ilustra uma aplicação de interligação de centrais. Uma central é entroncada com três centrais distintas através de diferentes números de troncos

(canais a 64 *kbps*), utilizando três VCCs. A Figura 4-4 ilustra o modelo funcional da unidade de interfuncionamento.

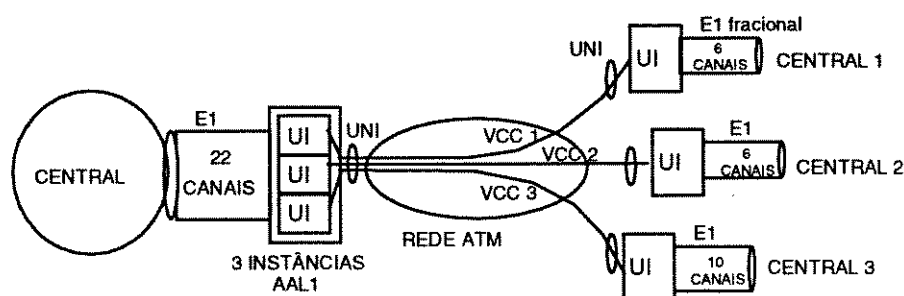


Figura 4-3 Aplicação cross-connect

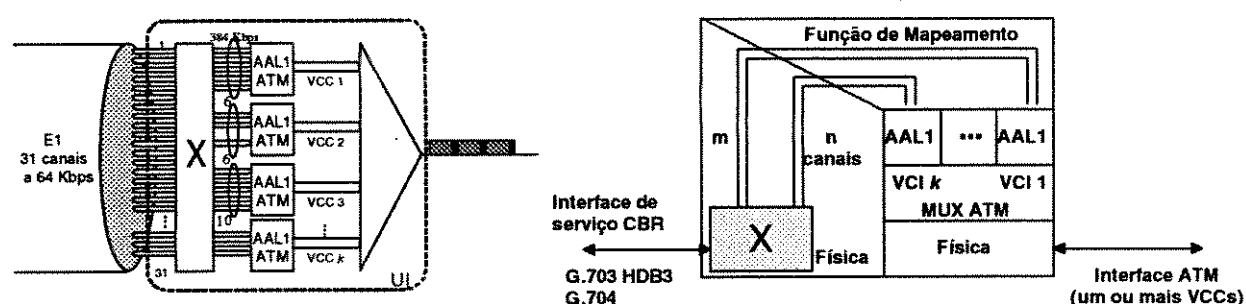


Figura 4-4 Modelo funcional da unidade de interfuncionamento

Uma função de mapeamento de canais da unidade de interfuncionamento aloca os agregados de canais a 64 *kbps* para várias entidade AAL1, onde são mapeados nos VCCs apropriados. A camada ATM é responsável pela multiplexação e demultiplexação dos vários VCCs, que podem ser roteados para diferentes destinos. Assim as UI e a rede ATM operam como uma rede cross-connect, com granularidade de 64 *kbps*.

Modos de sinalização na interface E1

O serviço $N \times 64$ *kbps* pode suportar dois modos de sinalização, para os quais se aplicam diferentes métodos de adaptação da informação de estrutura de quadro:

- com sinalização por canal associado (CAS);
- com sinalização por canal comum (ou DSS1 da interface primária ISDN).

O modo de sinalização com CAS requer o reconhecimento e a adaptação dos *bits* de sinalização da estrutura multi-quadro G.704 (*bits* ABCD do canal 16) [33] referente a cada canal a 64 *kbps*, pela unidade de interfuncionamento.

A sinalização por canal comum é transportada transparentemente como um canal a 64 *kbps* qualquer. O vínculo entre os N canais e a sinalização é estabelecida por procedimentos de configuração da *UI*.

Modo de operação da AAL 1

O serviço $N \times 64 \text{ kbps}$ usa o modo SDT (*Structured Data Transport*) definido para a AAL1. Este modo possui a capacidade de delinear blocos de octetos de tamanho fixo repetidos, permitindo o transporte agregado de N canais. O *payload* das células é composto por blocos consecutivos de N octetos. Periodicamente o 2º octeto do *payload* da célula contém um ponteiro para o início do primeiro bloco, característico do modo SDT, para inserir o sincronismo de quadro.

A codificação da célula depende do modo de sinalização no quadro E1. No caso do serviço básico sem CAS, a codificação da célula é mostrada na Figura 4-5. O ponteiro do modo SDT é inserido na 1ª oportunidade em um ciclo de 8 células ou na 6ª célula do ciclo, conforme descrito na Recomendação I.363.1 [14] . No exemplo, os canais do enlace PCM são consecutivos.

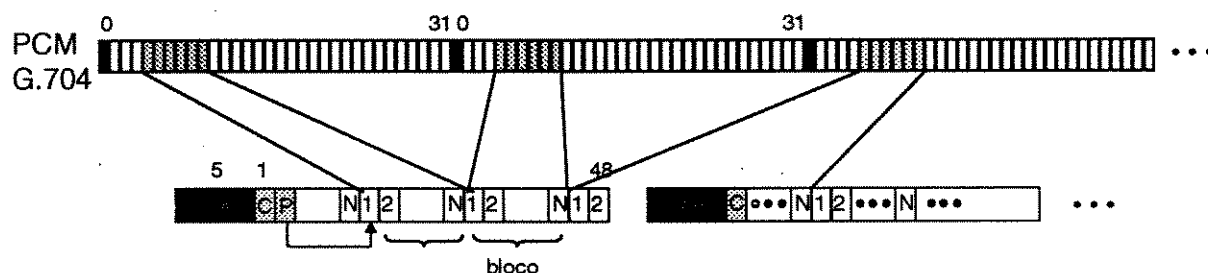


Figura 4-5 Codificação da célula no modo estruturado sem CAS

No caso de serviço com sinalização CAS, usando o multi-quadro G.704, o *payload* da célula é dividido em duas partes: uma correspondente aos 16 blocos de N octetos, correspondentes aos 16 quadros do multi-quadro e uma segunda parte denominada subestrutura de sinalização, contendo os *bits* de sinalização ABCD presentes no canal 16, correspondentes a cada um dos N canais de 64 *kbps* integrante do bloco N . A Figura 4-6 mostra a estrutura do bloco multi-quadro adaptado para ATM.

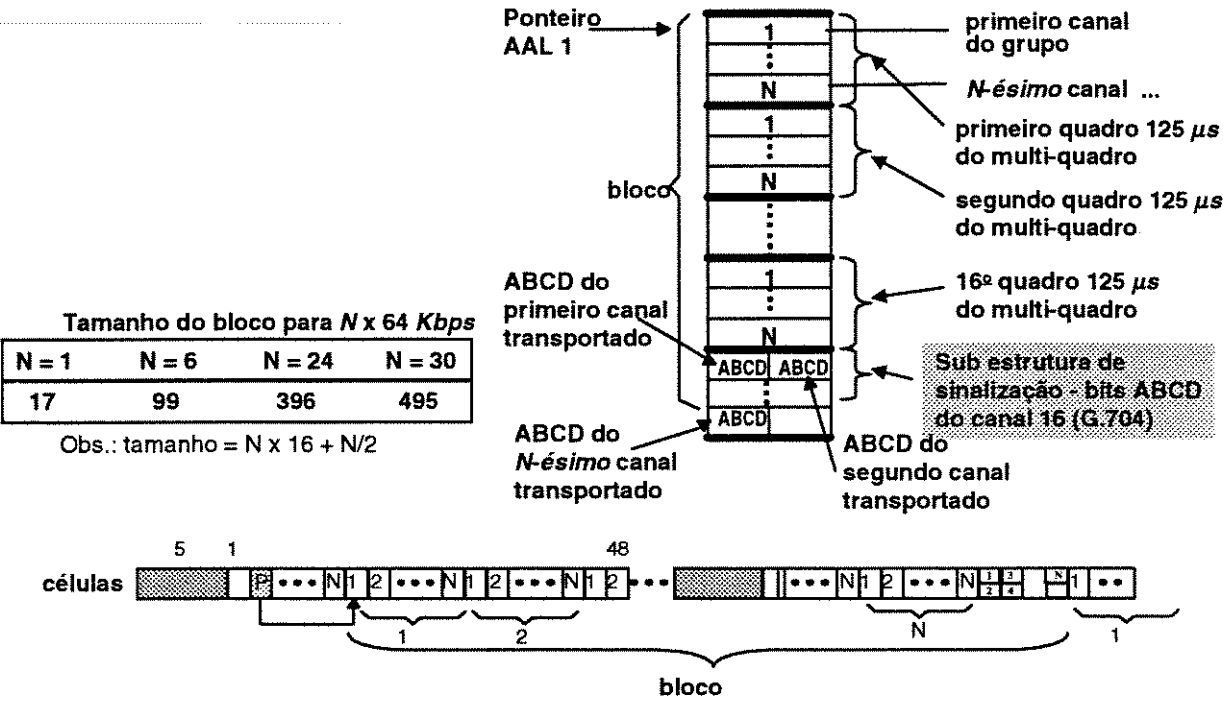


Figura 4-6 Codificação da célula no modo estruturado com CAS

Tráfego do Canal Virtual ATM

No serviço de emulação de circuitos básico sem CAS a taxa de pico de células PCR para o transporte de $N \times 64 \text{ kbps}$ é $\lceil (8000 \times N)/46,875 \rceil \text{ células/s}$ (onde $\lceil x \rceil$ significa menor inteiro maior ou igual a x e o valor 46,875 é o tamanho médio do *payload* dos blocos consecutivos de 7 células de 47 *bytes* e 1 célula de 46 *bytes* (presença do ponteiro). Se preenchimento parcial for usado, a taxa de pico PCR será $\lceil (8000 \times N) / K \rceil$, onde K é o número de octetos preenchidos da célula.

No serviço de emulação $N \times 64 \text{ kbps}$ com CAS, considerando preenchimento parcial ou total das células, as taxas de pico de célula são dadas pelas seguintes fórmulas, explicadas a seguir:

Serviço $N \times 64 \text{ kbps}$, célula cheia, N par	$\lceil 8000 \times \lceil N \times 33 / 32 \rceil / 46,875 \rceil$	<i>células/s</i>
	(1)	
Serviço $N \times 64 \text{ kbps}$, célula cheia, N ímpar	$\lceil 8000 \times \lceil (1 + N \times 33) / 32 \rceil / 46,875 \rceil$	<i>células/s</i>
	(2)	
Célula parcialmente preenchida, N par, K octetos preenchidos	$\lceil 8000 \times \lceil N \times 33 / 32 \rceil / K \rceil$	<i>células/s</i>
Célula parcialmente preenchida, N par, K octetos preenchidos	$\lceil 8000 \times \lceil (1 + N \times 33) / 32 \rceil / K \rceil$	<i>células/s</i>

- (1) $N \times 33 / 32 = N + (N/16) \times (1/2)$ (nº de canais + ½ byte dos bits ABCD)
- (2) $(1 + N \times 33) / 32 = N + (N/16) \times (1/2) + (1/16) \times (1/2)$ (nº de canais + ½ byte dos bits ABCD + ½ byte para completar o número inteiro de bytes da subestrutura de sinalização)

Sincronismo

O serviço de emulação de circuito requer uma referência de relógio comum para as unidades de interfuncionamento, derivada de uma fonte de referência primária, que pode ser fornecido através da interface física ATM, ou por outro meio. No exemplo de entroncamento de centrais, a própria central pode ter troncos modo circuito com outras centrais, dos quais pode-se derivar o relógio e fornecê-lo na interface de serviço. Alternativamente um relógio de 2.048 MHz pode ser distribuído pela rede ATM a partir da interface com uma central telefônica integrante da hierarquia de distribuição de sincronismo.

Supervisão e alarmes

No serviço de emulação de circuito, os alarmes da interface de serviço deverão ser detectados pela unidade de interfuncionamento, e reproduzidos na interface remota. Não é utilizado o mapeamento para células de OAM, mas converte-se os alarmes para um padrão de bits de informação. Esse procedimento é denominado condicionamento de linha.

Os alarmes AIS (*Alarm Indication Signal*), LOS (*Loss of Signal*) e OOF (*Out of Frame*) [33] detectados na interface de serviço são propagados na forma de um padrão de bits, significando o sinal *idle* ou *out of service*, para sinalizar a condição de alarme AIS. Esses bits são transmitidos em células na taxa nominal do serviço. O sinal RAI (*Remote Alarm Indication*) é enviado em direção à central origem. Estes procedimentos são ilustrados na Figura 4-7. Quando um sinal RAI (*Remote Alarm Indication*) for recebido na unidade de interfuncionamento, apenas o condicionamento de linha é enviado à unidade remota.

Quando se utiliza o modo CAS, a unidade de interfuncionamento insere sinais específicos de supervisão nos *bits* de sinalização AB antes da adaptação AAL1.

Quando se utiliza o modo CCS, a supervisão da terminação dos canais CCS deve interpretar os alarmes e condições de linha.

Para compensar a variação de retardo da rede ATM, a função de remontagem requer um *buffer* de retardo, sujeito a *overflow* e *underflow*. Estes eventos podem resultar de pequenas diferenças de relógio e devido a CDV demasiado longo. Em caso de *overflow* ou *underflow* por curto período, preenchimento ou supressão de *bytes* compensam o erro. Um *underflow* longo é considerado perda de sinal. Neste caso o condicionamento de linha é aplicado na interface de serviço E1 destino.

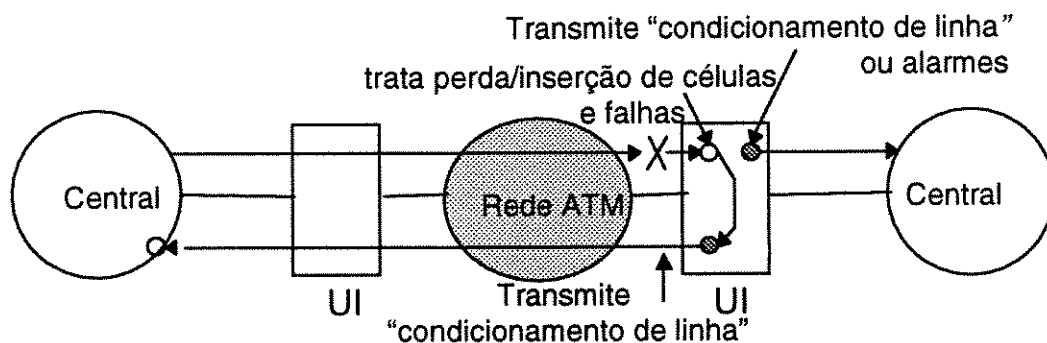


Figura 4-8 Tratamento de erros e perdas de células

4.1.2. Emulação de circuitos com utilização de banda dinâmica

Descrição do serviço

O serviço de emulação de circuito com banda dinâmica, é caracterizado pela emulação dos canais efetivamente ativos de um tronco PCM. A banda da rede ATM é dinâmica e proporcional ao número de canais ativos, uma vez que apenas estes são transferidos.

Este serviço é baseado na detecção de atividade dos canais nos enlaces E1 pela unidade de interfuncionamento. Vários métodos para detecção de canais ativos podem ser empregados:

- monitoração dos *bits* AB se utilizada a sinalização CAS;
- detecção de um padrão de inatividade, como a recepção contínua de um código pré-definido por um intervalo de tempo configurável;
- monitoração da sinalização por canal comum, se esta for utilizada

Modo de operação da AAL1

A técnica de interfuncionamento empregada é derivada do serviço de emulação de circuitos estruturados já descrita, utilizando o modo $N \times 64 \text{ kbps}$ estruturado da AAL1, porém com uma estrutura dinâmica de bloco SDT e um mecanismo de modificação do número de canais e do tamanho do bloco AAL 1.

A estrutura de bloco estruturado SDT é mostrada na Figura 4-9. Dois tipos de estruturas de blocos são empregadas, a *tipo 1* que contém um *bitmask* e a *tipo 2* sem *bitmask*. O *bitmask* indica quantos canais estão configurados no bloco e quais estão ativos, utilizando 1 *bit* para cada canal. Canais configurados são todos os canais provisionados que podem estar ativos no circuito emulado, portanto correspondente ao número *N*, tamanho máximo do bloco. *N* pode variar de 1 a 31. A estrutura tipo 1 é utilizada sempre que o ponteiro SDT é inserido, a cada 8 células, indicando o início e descrevendo o tamanho do bloco. Os blocos que seguem são do tipo 2. Sempre que um canal é ativado ou desativado, o *bit* correspondente no *bitmask* é atualizado e o bloco redimensionado. Na inserção do bloco tipo 1, o tamanho do bloco pode ser modificado.

A Figura 4-9 ainda mostra duas aplicações, portanto duas estruturas diferentes, para os casos de sinalização de linha CAS e para a sinalização por canal comum.

Se nenhum canal pode estar ativo, é gerado um tráfego fictício no VCC, de uma célula de OAM de cheque de continuidade a cada 2,5 s. A célula tem seu formato descrito na recomendação I.610 [32] .

Tráfego do Canal Virtual ATM

A banda alocada para o circuito virtual corresponde à soma banda de todos os *N* canais do bloco. A taxa é calculada do mesmo modo que na emulação de circuitos estruturados apresentados anteriormente. A banda eventualmente ociosa pode ser aproveitada por outros serviços, do tipo ABR ou UBR, numa aplicação em que se multiplexa vários serviços.

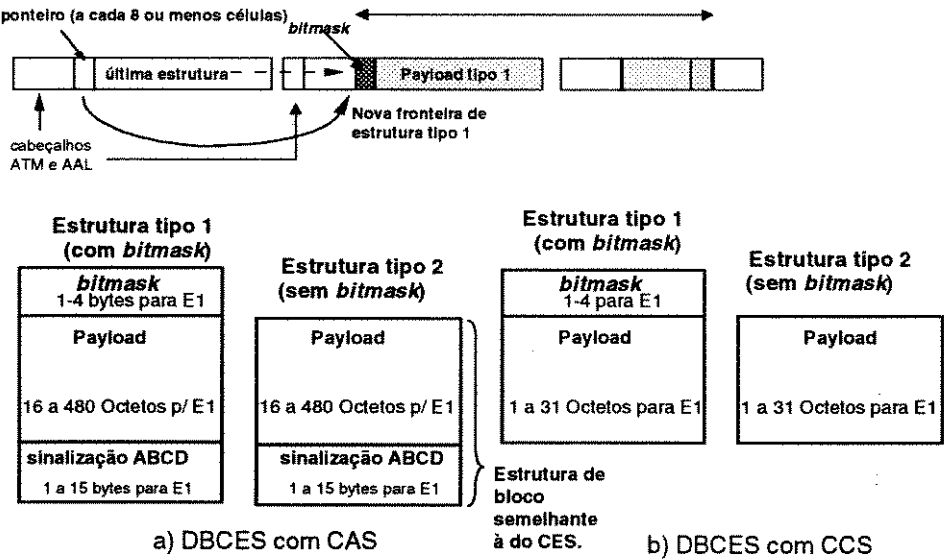


Figura 4-9 Estrutura de adaptação AAL 1 para o serviço DBCES

4.1.3. Emulação de circuitos E1 não estruturados

Descrição do serviço

O modo de emulação de circuito E1 não estruturado provê o transporte transparente do agregado de *bits* do enlace E1, ignorando a estrutura de quadro, o delineamento de octetos e os *bits* de supervisão do quadro PDH. Este modo é equivalente ao serviço de transmissão do enlace E1 não multiplexado, com repetidores, e pode ser usado de modo equivalente à rede de transmissão E1, ou à rede determinística para dados.

A entidade AAL1 da unidade de interfuncionamento, simplesmente faz o mapeamento dos *bits* da interface de serviço no *payload* das células ATM. A Figura 4-10 apresenta o modelo de referência deste serviço.

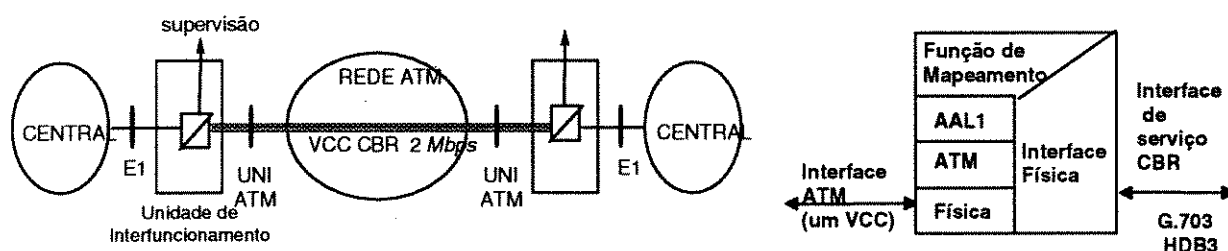


Figura 4-10 Modelo de referência do modo não estruturado

Em aplicações onde se emprega estrutura de quadro G.704, permite-se monitorar o enlace, sem entretanto interferir no circuito, com o objetivo de coletar estatísticas de desempenho, detecção de alarmes e mensagens.

O sincronismo pode operar de duas formas:

- modo síncrono - o relógio é fornecido pela unidade de interfuncionamento à interface de serviço E1, como no modo de emulação de circuitos estruturados.
- modo assíncrono - o relógio é fornecido pela central através da interface E1, não necessariamente derivado de uma referência primária. Neste caso o método de recuperação adaptativo é empregado.

Os dois métodos de recuperação de relógio podem ser empregados, SRTS e adaptativo, desde que satisfaçam os requisitos de *jitter* da aplicação.

Modo de operação da AAL1

O serviço não estruturado usa o modo não estruturado da AAL1, com preenchimento de 47 octetos no *payload*. Os *bits* recebidos na interface de serviço são adaptados ao *payload* sem preocupação com o alinhamento de quadro ou de octetos. Entretanto a ordem e a integridade

dos *bits* deve ser mantida, utilizando detecção de perda e inserção de células e sua compensação, incluindo as situações de *underflow* e *overflow* do *buffer* de recepção.

Tráfego do Canal Virtual ATM

A taxa de células para o transporte AAL1 de 2.048 *kbps* é 5447 células/s, derivado da fórmula: $(2.048 \times 10^6 \text{ bits/s}) / (47 \text{ octetos/célula} \times 8 \text{ bits/octeto})$.

Uma tolerância de CDV adicional deve ser somada. O CDV é um parâmetro de rede, que deve considerar a introdução de células de OAM e efeitos de multiplexação na rede de acesso.

4.2. Entroncamento ATM comutado para serviços de telefonia e faixa estreita

Características gerais

O serviço de entroncamento comutado ATM provê a interconexão de duas redes, ou centrais telefônicas ou de faixa estreita através da rede ATM, adaptando e roteando um número arbitrário de canais tronco a 64 *kbps* para troncos ATM. Os canais a 64 *kbps* são completamente dissociados das estruturas de transmissão, como quadros, canais de sinalização e supervisão. Circuitos virtuais ATM distintos transportam os canais a 64 *kbps* e a sinalização associada aos mesmos. A Figura 4-11 apresenta o modelo de referência para o serviço de entroncamento ATM comutado.

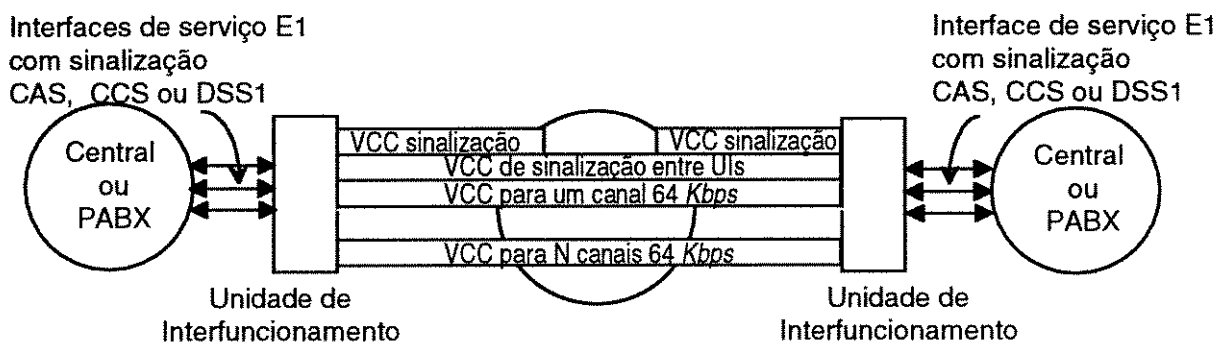


Figura 4-11 Modelo de referência do serviço de entroncamento ATM comutado

A interface de serviço é um conjunto de uma ou mais interfaces tronco E1, com sinalização por canal comum, sinalização de linha com canal associado (CAS) ou a sinalização DSS1 da ISDN. Do lado da rede ATM são empregadas interfaces de usuário UNI. Os VCCs

entre unidades de interfuncionamento são provisionados por gerência de rede, ou estabelecidos sob demanda através de sinalização da rede ATM, com a banda necessária para suportar o número apropriado de canais a 64 *kbps*. Juntamente com os circuitos virtuais transportando os canais a 64 *kbps* é estabelecido o circuito virtual para transportar a sinalização entre unidades de interfuncionamento.

Enquanto o serviço de emulação de circuito se limita a emular circuitos $N \times 64 \text{ kbps}$ até 2.048 *kbps* de modo estático, o serviço de entroncamento comutado provê um serviço comutado, roteando dinamicamente canais a 64 *kbps* (chamadas) para diferentes destinos, mapeando-os em diferentes VCCs associados a estes destinos, como mostrado na Figura 4-11.

O roteamento de chamadas é implementado pela unidade de interfuncionamento que interpreta a sinalização do enlace circuito para definir em qual circuito virtual de entroncamento será mapeado o canal a 64 *kbps*. Uma unidade de interfuncionamento pode se interconectar com um número arbitrário de outras unidades de interfuncionamento como mostrado na Figura 4-12.

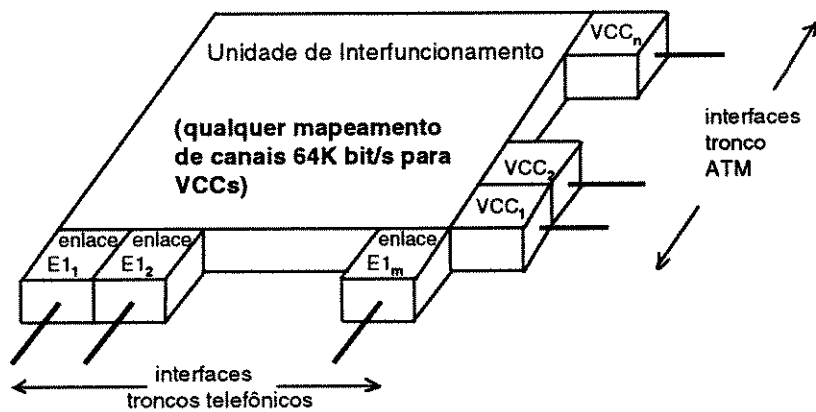


Figura 4-11 Função de comutação da unidade de interfuncionamento

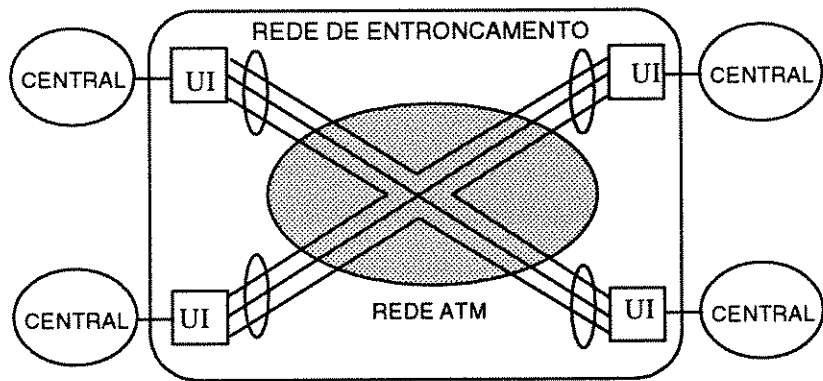


Figura 4-12 Aplicação do serviço de entroncamento comutado como rede trânsito

Com estas características, o serviço de entroncamento comutado proporciona uma rede trânsito virtual, através da qual as centrais circuito são entroncadas por circuitos virtuais diretos, sem necessidade física da central tandem. A unidade de interfuncionamento pode fisicamente ser integrante do equipamento de comutação de circuito ou do equipamento ATM ou um equipamento independente.

Adaptação e modo de operação da AAL 1

Os canais de voz com o mesmo destino são organizados em um grupo formando um bloco estruturado. Este bloco é adaptado pela AAL1 de acordo com o modo de emulação de circuito estruturado, porém suportando um número teoricamente ilimitado de canais a 64 *kbps* no bloco.

O método de transferência da sinalização entre unidades de interfuncionamento é dependente do tipo de sinalização empregada para os troncos a 64 *kbps*. Quando utilizada a sinalização CAS, esta é transferida juntamente com os canais (no mesmo VCC) de acordo com a estrutura do bloco mostrada na Figura 4-6. Quando utilizada sinalização por canal comum ou DSS1, as mensagens de sinalização são adaptadas com a AAL 5 e transmitidas no circuito virtual VCC dedicado.

Os canais a 64 *kbps* podem ser mapeados para circuitos virtuais VCC de acordo com as opções a seguir.

1) Mapeamento 1-para-1

Para cada canal a 64 *kbps* é estabelecido um VCC ATM, havendo N VCCs para um grupo de N canais de voz. O VCC de sinalização transporta a sinalização relativa a todos os canais a 64 *kbps*.

Os VCCs para canais circuito podem ser estabelecidos individualmente para cada chamada, ou um mesmo VCC pode ser reutilizado por chamadas consecutivas. Isto é possível porque o provisionamento dos VCC é realizado por sinalização ATM, independente da sinalização entre unidades de interfuncionamento. Traz vantagem de desempenho devido ao tempo de estabelecimento de VCCs. Por outro lado, traz desvantagem devido ao retardo de adaptação é aproximadamente 6 *ms*. Este método é apropriado para pequenos grupos de troncos.

2) Mapeamento fixo N -para-1

Múltiplos canais a 64 *kbps* são mapeados para um mesmo VCC, utilizando o bloco estruturado. Vários VCCs contendo grupos de canais podem ser estabelecidos entre duas unidades de interfuncionamento. Várias interfaces EI podem ser servidas, roteando seus canais de acordo com o destino. Um único VCC de sinalização é estabelecido entre cada par de

unidades de interfuncionamento para transportar a sinalização associada a todos os canais a 64 kbps independente do número de VCCs.

O modelo de referência de protocolos do serviço de entroncamento comutado é mostrado na Figura 4-13, para os dois casos de sinalização.

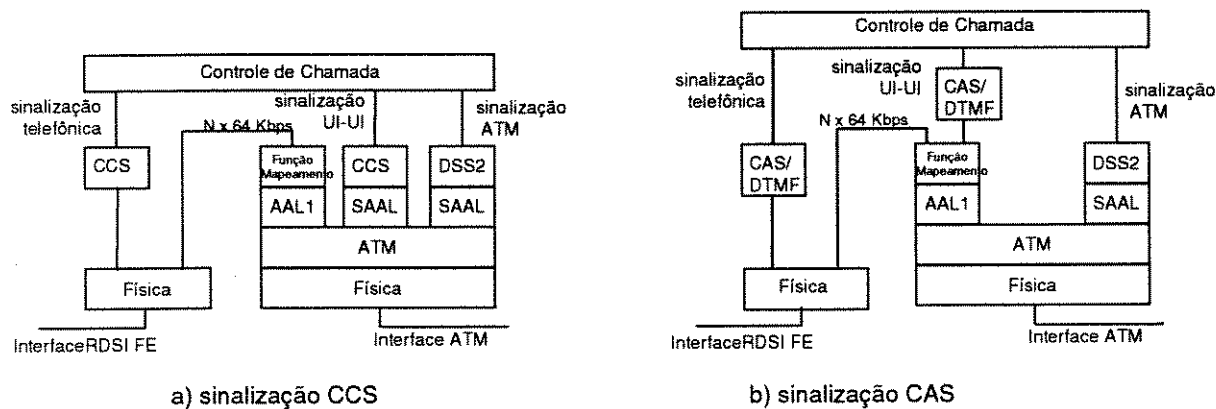


Figura 4-13 Modelo de referência de protocolo do serviço de entroncamento comutado

O canal de sinalização da interface circuito é transferido à função de tratamento de chamada, que recupera as mensagens de sinalização para duas finalidades: controlar a função de mapeamento de canais para associar os canais a 64 kbps aos VCC corretos, e converter as mensagens de sinalização em fluxos de células AAL 5 equivalentes entre as unidades de interfuncionamento e ainda inserir informações acerca da relação entre a identidade do canal a 64 kbps na interface E1 e sua posição no VCC estruturado.

Neste modo o retardo devido a adaptação é de $6/N$ ms.

5. ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL DA UNIDADE DE INTERFUNCIONAMENTO ATM PARA TRONCOS TELEFÔNICOS DIGITAIS

Neste capítulo apresenta-se uma especificação funcional da unidade de interfuncionamento - UI. Uma partição funcional é apresentada, descrevendo-se tanto as funções de cada bloco funcional como as interações entre os blocos nas diferentes operações da unidade de interfuncionamento. São descritos como elementos funcionais externos, o *servidor de tradução de endereços* e a *central trânsito lógica*, e os protocolos empregados na comunicação com os mesmos.

5.1. Requisitos fundamentais

Unidade de interfuncionamento autônoma

A unidade de interfuncionamento é especificada como uma unidade autônoma, isto é, possui interfaces físicas E1 do lado da central telefônica e interface de usuário ATM, STM-1 ou PDH, do lado da rede ATM. Uma implementação integrada, com parte das funções da UI implementadas pelas funções internas da central é descrita no Apêndice.

Serviços implementados

Os métodos de entroncamento e interfuncionamento suportados são: o serviço de emulação de circuitos estático e dinâmico; e o entroncamento comutado, com roteamento independente chamada por chamada. São analisadas duas alternativas de auxílio ao processo de encaminhamento e de acesso a serviços de valor adicionado, o *servidor de tradução de endereços* e a *central trânsito lógica*.

Métodos dinâmicos de estabelecimento de VCCs

São propostos dois métodos de alocação de recursos na rede ATM. VCC semi-permanentes, com alocação estática de banda, são propostos para os serviços de emulação de circuitos. Para o serviço de entroncamento comutado é proposta a abertura dinâmica de rotas, com estabelecimento de múltiplos grupos de troncos virtuais por rota, em função da demanda. A medição contínua do tráfego é utilizada para ajustar a capacidade de banda necessária, proporcionando o uso otimizado dos recursos ATM.

Suporte das sinalizações de tronco existentes na rede digitalizada

As seguintes sinalizações nos troncos telefônicos são especificadas: R2 digital, CCS, e DSS1(*Digital Signaling System N. 1*) para interfaces primárias da ISDN. Em todos os casos, a *UI* também implementa a sinalização CCS para se comunicar com a central trânsito lógica e com o servidor de tradução de endereços através de nós STP da rede de sinalização.

Esta especificação focaliza as redes públicas e seus métodos de sinalização, roteamento e gerência. As especificações do ATM Forum relativas ao entroncamento de PABX [37] [34] [41] [42] foram utilizadas como base neste trabalho.

5.2. Descrição da operação da *UI*

A Figura 2-7 ilustra a arquitetura de referência do interfuncionamento entre a rede telefônica e a rede ATM, apresentando os elementos de rede envolvidos. As funcionalidades internas da *UI* são mostradas na Figura 5-1, e podem ser divididas em quatro grupos: o grupo de funções de transporte, incluindo a comutação e as adaptações para ATM; o grupo de funções de sinalização nas interfaces telefônica, ATM e CCS; o grupo de funções de tratamento de chamadas; e o grupo de funções de supervisão e gerência.

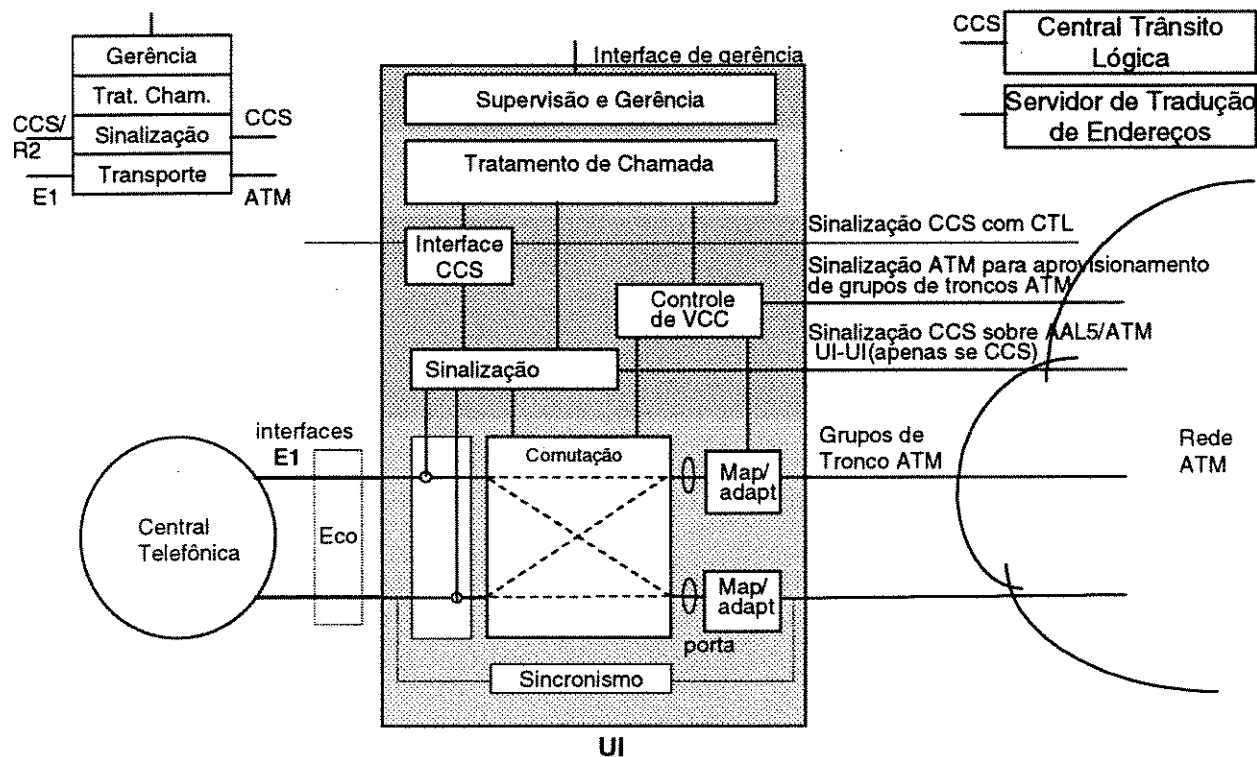


Figura 5-1 Funções da unidade de interfuncionamento

Esta modularidade permite a configuração flexível da *UI*, de forma apropriada para cada aplicação.

Apenas os grupos de funções de transporte e de supervisão e gerência da *UI* são necessários no modo de entroncamento estático, utilizando a emulação de circuitos. Toda a configuração dessas funções é pré-definida a partir de sistemas de gerência.

No modo de operação com entroncamento dinâmico comutado, a *UI* implementa funções equivalentes às das centrais trânsito com roteamento de cada chamada, sendo envolvidos os demais grupos de funções.

A *UI* suporta múltiplas interfaces E1 do lado da central (ou de várias centrais) e múltiplos grupos de troncos virtuais do lado da rede ATM, em uma ou mais interfaces ATM.

Os troncos de voz e os canais de sinalização dos enlaces E1 terminam na *função de comutação*, programada para comutar canais 64kbps de modo que, os canais que utilizam a mesma rota através da rede ATM, sejam agrupados em *portas* de saída da matriz. A porta representa um subgrupo de canais que constituirão um circuito virtual. A função de comutação possibilita que qualquer canal de qualquer enlace E1 seja mapeado em qualquer porta. A *função de mapeamento e adaptação* estrutura os canais presentes numa porta em blocos SDT, de acordo com uma das estruturas de blocos AAL 1 estáticos ou dinâmicos. Os blocos são adaptados para as células ATM de um VCC que interconecta duas *UI*. O mapeamento é controlado pelas *funções de tratamento de chamadas*. O tratamento de chamadas se inicia a partir da recepção de sinais de sinalização dos troncos, seja do lado circuito ou do lado ATM.

A sinalização dos tronco é terminada na *função de sinalização*, que apresenta as informações para as funções de tratamento de chamadas. No serviço de entroncamento comutado, os troncos do lado E1 e do lado ATM são independentes, assim a sinalização de ambos os lados deve ser terminada. A função de sinalização também adapta as mensagens (ou sinais) da sinalização trocada entre *UIs*, para células ATM. A sinalização R2 é transportada em banda, isto é, mapeada no bloco SDT juntamente com os canais a 64 kbps transportados no VCC; as sinalizações baseadas em mensagens, como a CCS e DSS1, são transportadas em VCCs dedicados, um entre cada par de *UIs*, adaptados pela AAL 5.

As funções de tratamento de chamadas efetuam o roteamento, a seleção do VCC a ser utilizado, o estabelecimento das conexões internas e iniciam a sinalização com a central destino. Neste processo, caso a *UI* não possua todos os dados ou serviços necessários para o encaminhamento, possui as seguintes alternativas. Caso não possua um grupo de troncos estabelecidos com uma central destino e desconheça seu endereço na rede ATM, deve iniciar a comunicação, através da rede CCS, com um servidor de endereços que forneça estes dados (a

partir do prefixo da central ou do DPC - *Destination Point Code* - da rede CCS), e iniciar o estabelecimento de um novo VCC com esta central. Caso uma chamada requeira um serviço não provido pelas funções da *UI* (por exemplo serviços de rede inteligente), é encaminhada para a *central trânsito lógica*.

A *função de controle de VCC* estabelece os VCCs entre *UIs*, solicitados pelo tratamento de chamadas, tanto para o transporte de canais de voz como de sinalização, utilizando a sinalização com a rede ATM. Num processo de gerenciamento dinâmico de recursos, supervisiona o tráfego realizando medidas sobre a utilização momentânea dos recursos VCC.

Os VCC dos troncos virtuais ATM podem transportar um ou múltiplos canais a 64 kbps. As duas alternativas podem conviver numa rota e são ilustradas na Figura 5-2.

Através da interface de gerência são realizadas as operações de configuração do modo de operação, o provisionamento dos recursos estáticos, a gerência de falhas e de tráfego e a gerência de tarifação.

As *funções de sincronismo* transferem o sincronismo da rede entre as interfaces ATM e E1 e fornecem o sincronismo para a operação interna da *UI*. As funções de controle de eco, quando necessárias, são colocadas externamente como equipamentos autônomos na interface modo circuito da *UI*.

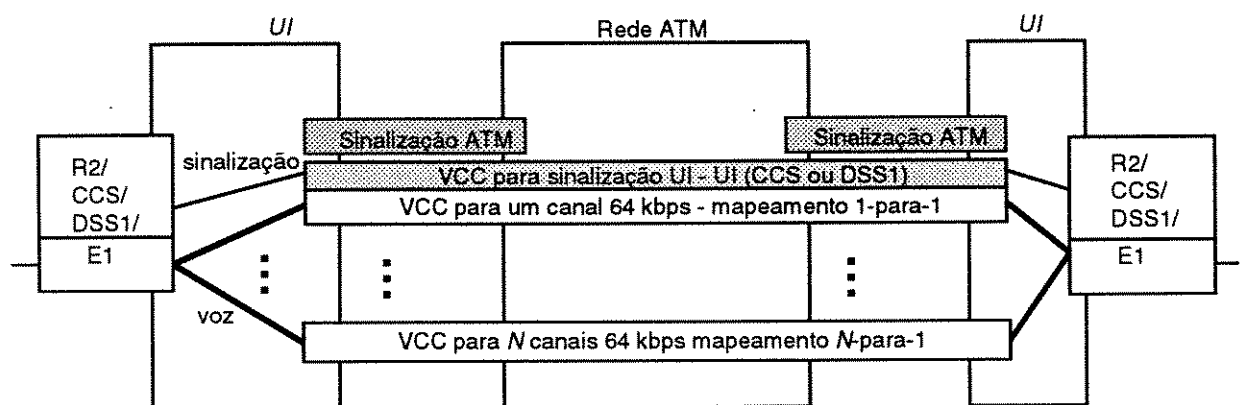


Figura 5-2 Mapeamento de canais de voz e sinalização em VCCs

A Figura 5-3 mostra uma partição funcional detalhada da unidade de interfuncionamento. A modularidade desta partição leva em consideração os princípios da arquitetura funcional da central Trópico RA, com o objetivo de facilitar o mapeamento das funções da *UI* nas funções dessa central, na proposta de implementação da *UI* integrada à central. A arquitetura funcional do Trópico RA e a proposta da *UI* integrada à mesma é detalhada no Apêndice.

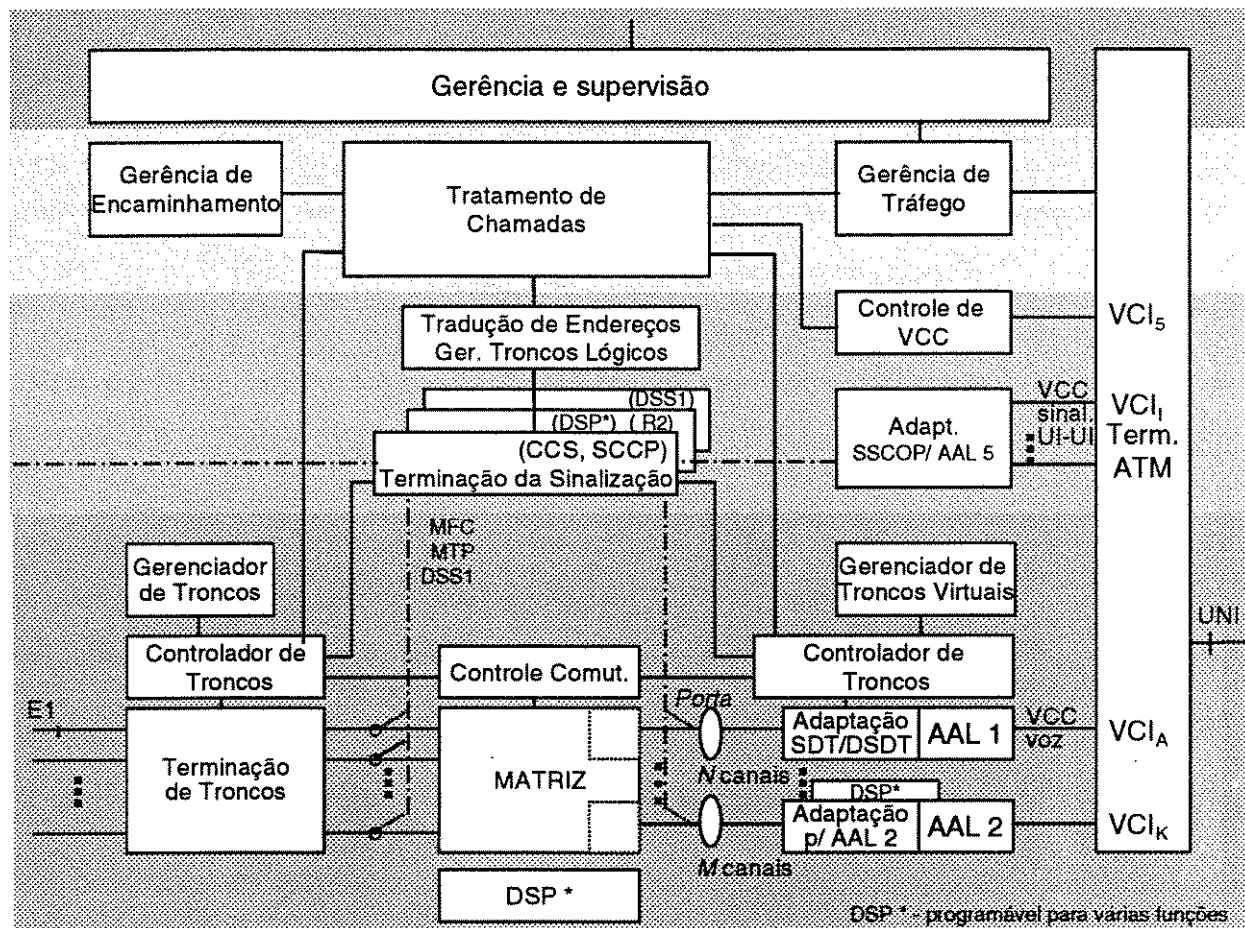


Figura 5-3 Blocos Funcionais da Unidade de Interfuncionamento

5.3. Funções de transporte – comutação e adaptação

Estas funções são responsáveis por comutar informações entre enlaces E1 na interface circuito, e VCC de transporte de canais de voz na interface ATM. Os enlaces E1 podem ser provenientes de diferentes centrais. Cada canal a 64 *kbps* representa um tronco cursando chamadas que serão roteadas para centrais quaisquer, determinadas pela sinalização associada aos troncos.

A sinalização associada aos troncos é transferida para as funções de *terminação de sinalização* da Figura 5-3, em interfaces apropriadas ao tipo de sinalização, R2, CCS ou DSS1.

As funções de transporte são configuradas (programadas) pelas funções de *gerência e supervisão* e pelas funções de *tratamento de chamadas*.

Antes de detalhar as funções de transporte, são definidos os recursos envolvidos nas conexões através da *UI*.

5.3.1. Definição de recursos de conexão

A Figura 5-4 apresenta uma visualização dos recursos utilizados nas conexões através da unidade de interfuncionamento. São divididos nos seguintes grupos:

- recursos da interface E1 com troncos a 64 kbps;
- recursos da interface ATM;
- recursos da interface tronco lógica.

Os recursos de conexão são definidos de modo que possam ser estruturados em uma base de informações, que possa conter tanto os dados dos objetos gerenciáveis das configurações estáticas de emulação de circuitos, para a qual há MIB (*Management Information Base*) especificadas pelo ATM Forum [34] [35] como para as informações dinâmicas utilizadas pelo tratamento de chamadas e pelas operações de supervisão internas. Os recursos específicos ao modo de entroncamento comutado são baseados em proposições de MIB em estudo no ATM Forum [41] [42] , e nos recursos de chamada implementados na central Trópico RA [43] .

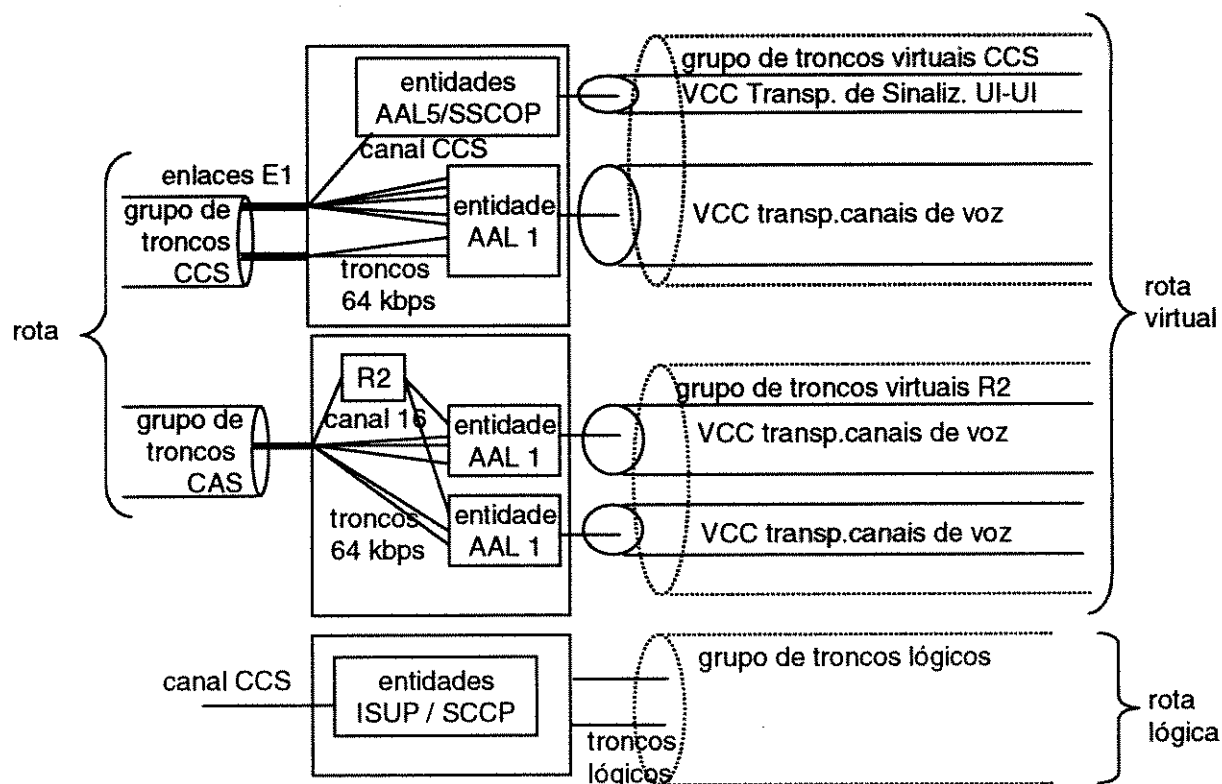


Figura 5-4 Visualização dos recursos de conexão

Recursos da interface tronco a 64 kbps

a) *enlaces físicos E1* - são os enlaces bidirecionais que ligam a central telefônica à unidade de interfuncionamento, contendo os *trancos* a 64 kbps e os canais de sinalização. A identificação de um enlace E1 está associada ao DPC (*Destination Point Code*) da central a que está ligado, na rede CCS. Na *UI* possuem os seguintes atributos:

- modo de operação (emulação de circuito ou entroncamento comutado);
- tipo de sinalização (R2, CCS ou DSS1 ou transparente - assume-se que todos os canais tem o mesmo tipo de sinalização);
- modo de sincronismo (da central ou da rede ATM);

b) *tronco a 64 kbps* - é um canal individual na interface de troncos telefônicos ou na interface de troncos ATM, ao qual são associadas chamadas telefônicas. Sua identificação, associada a um grupo de troncos e a um enlace E1, é o *Circuit Identification Code* (CIC) na sinalização TUP e ISUP, ou é implicitamente derivada da sinalização de linha R2. Seus atributos são:

- o estado operacional (inativo, conectando, desconectado, bloqueado);
- método de sinalização;
- *grupo de troncos telefônicos* a que pertence; e
- dados dinâmicos associados a uma chamada em curso (endereço DPC da central origem, endereço de destino do tronco, instante do início e término da última chamada).

c) *grupos de troncos telefônicos* - consiste de um ou mais canais de 64 kbps, pertencentes a uma *rota*, através dos quais um dado conjunto de endereços telefônicos pode ser atingido. Todos os canais empregam o mesmo método de sinalização. Os troncos pertencentes ao grupo pode ser distribuídos em um ou mais enlaces E1. Uma rota pode conter um ou mais grupos de troncos com diferentes sinalizações. Seus atributos são:

- capacidade em número de troncos;
- número e identificação dos enlaces que compõem o grupo e o respectivo mapeamento dos troncos;
- identificação do canal de sinalização, se utilizada a CCS;
- identificação DPC da central telefônica origem;
- estado operacional (em serviço ou bloqueado).

Pode ser classificados em:

1. *grupos de troncos R2*, com sinalização por canal associado e sinalização de registro;
 2. *grupos de troncos CCS*, com sinalização canal comum.
- d) *Rota* - é o conjunto de *grupos de troncos* configurados para entroncar duas centrais. A capacidade da rota pode ser configurada, adicionando ou removendo grupos de troncos. Possui como atributos:
- a relação dos *grupos de troncos* que a compõem;
 - método de controle de tráfego efetuado nesta rota (bloqueio, distribuição uniforme de chamadas por tempo, bloqueio de percentagem de chamada).

Recursos da interface ATM

- e) *grupo de troncos virtuais ATM* - consiste de um conjunto de circuitos virtuais ATM denominados *subgrupos de troncos virtuais*, que provêem a interconexão de um par de unidades de interfuncionamento através da rede ATM. No serviços de entroncamento comutado, um grupo de troncos virtuais ATM transporta canais a 64 *kbps* provenientes de diferentes rotas e grupos de troncos telefônicos. No serviço de emulação de circuito transporta canais de uma rota e grupo de troncos. O grupo de troncos virtuais é caracterizado principalmente pelo tipo de sinalização associado aos troncos que o compõem:
- 1) *grupos de troncos virtuais ATM com sinalização CCS* - para transportar troncos provenientes de *grupos de troncos CCS*. É composto por dois tipos de VCCs:
 - *VCC transporte de sinalização UI-UI* – para transporte da sinalização CCS associada ao *grupo de troncos virtuais ATM*, na forma de mensagens utilizando o protocolo de adaptação;
 - *VCC de transporte de canais de voz* - VCC que suporta quadros estruturados com canais a 64 *kbps*. Um ou mais VCCs podem compor um grupo de troncos virtuais. Podem ainda ser divididos em combinações de:
 - estáticos com CAS ou sem CAS – número de canais a 64 *kbps* fixos no quadro AAL1;
 - dinâmicos com CAS ou sem CAS – número de canais a 64 *kbps* variável no quadro AAL 1;
 - estáticos ou dinâmicos com AAL 2

- 2) *grupos de troncos virtuais ATM com sinalização R2* - para transportar troncos provenientes de *grupos de troncos R2*. É composto de um ou mais *VCC de transporte de canais de voz*.

A configuração de um grupo de troncos virtuais ATM possui ainda os seguintes atributos:

- identificação do grupo;
 - endereço ATM da *UI* remota que termina o grupo de troncos;
 - modo de estabelecimento dos VCC (PVC, SVC, SPVC);
 - protocolo de sinalização (TUP, ISUP, DSS1);
 - parâmetros e critérios para conexão/desconexão (por exemplo em função de demanda, horário pré-programado, ausência de chamadas após um período)
 - estado operacional (associado à interface física ATM);
 - estado de habilitação para tráfego (associado ao controle de banda).
- f) *rota virtual* - é composta de número configurável de *grupos de troncos virtuais*, em função do interesse de tráfego entre as centrais que entroncam. A unidade de interfuncionamento implementa múltiplos grupos de troncos virtuais ATM, para acomodar grupos de troncos CCS e R2 e para interoperar com múltiplas unidades de interfuncionamento remotas. Os principais atributos são:
- a identificação dos grupos de troncos virtuais que compõem a rota;
 - o método de controle de tráfego empregado.
- g) *entidade AAL 1* - é uma instância de mapeamento e adaptação AAL 1 associada a um VCC de transporte de canais de voz, configurada com os parâmetros de um dos modos de operação de entroncamento. Esta entidade possui uma MIB padronizada [46] com as seguintes informações de gerência de configuração, desempenho e falhas:
- sub-tipo de AAL 1 (p. ex. modo estruturado ou não estruturado);
 - taxa de serviço (p. ex. 64 kbps, 1544 kbps, 44736 kbps, $N \times 64$ kbps);
 - método de recuperação de relógio (síncrono, assíncrono com SRTS, assíncrono adaptativo);
 - tamanho do bloco SDT ($1 \leq \text{tamanho do bloco} \leq 2^{16} - 1$ em octetos);
 - período de integração de perda de células;
 - estatísticas de desempenho do protocolo (erros no cabeçalho, violações de sequência, erros de paridade, *overflow* e *underflow* de *buffers*, re-sincronizações de ponteiros);

- alarme da AAL 1.
- h) *entidade AAL 2* - é uma instância de mapeamento e adaptação AAL 2 associada a um *VCC de transporte de canais de voz*, configurada com os parâmetros de operação do VCC.
- i) *entidade AAL5* - é uma instância AAL 5 associada ao *VCC tronco virtual de sinalização*, para transporte da sinalização CCS associada ao grupo de troncos virtuais ATM. Esta entidade possui uma MIB padronizada [46] com as seguintes informações de gerência de configuração, desempenho e falhas:
 - tamanho máximo da unidade de dados de serviço ($0 \leq \text{SDU} \leq 2^{16} - 1$ octetos);
 - modo de operação (assegurado ou não-assegurado);
 - tipo de protocolo na subcamada de convergência (p. ex. SSCOP).
- j) *entidade SSCOP* - é o protocolo da subcamada de convergência sobre a AAL 5, da interface de sinalização entre duas unidades de interfuncionamento, emulando o protocolo de nível 2 (LAP D ou MTP 2). Uma instância SSCOP é associada à *entidade AAL 5* usada pelo *VCC transporte de sinalização UI-UI*. Possui os seguintes atributos:
 - porta ATM (interface física ATM na unidade de interfuncionamento);
 - VPI/VCI usado pelo circuito virtual alocado ao *VCC de transporte de sinalização UI-UI*;
 - tipo de sinalização emulada (TUP, ISUP, DSS1);
 - estado de tráfego e estado operacional.

Recursos da interface tronco lógica

- k) *grupo de troncos lógicos* - consiste de um conjunto de troncos lógicos pertencentes a uma *rota lógica* com uma *central trânsito lógica*, através dos quais um dado conjunto de serviços e endereços telefônicos pode ser atingido. Empregam a sinalização CCS em canal quasi-associado. Os principais atributos são:
 - capacidade em número de troncos;
 - identificação DPC da central telefônica origem;
 - estado operacional (em serviço ou bloqueado).
- l) *tronco lógico* - é um tronco emulado, ao qual é associada uma chamada encaminhada para a central trânsito lógica. Sua identificação é associada a um grupo de troncos lógicos e um identificador CIC.

- m) *rota lógica* é o conjunto de grupos de troncos configurados para interconectar logicamente uma unidade de interfuncionamento com uma central trânsito lógica.

5.3.2. Função de terminação de troncos

A função *terminação de troncos* mostrada na Figura 5-3 é responsável pela terminação da interface física do enlace de 2 Mbps, pelas funções de supervisão do enlace e pela configuração de sincronismo. Empregando-se a sinalização R2, termina a sinalização de linha no canal 16, passando os estados dos troncos para o *controlador de troncos*. Do lado ATM, a terminação da sinalização de linha é realizada pela função de *mapeamento/adaptação*.

A função do *controlador de troncos* é responsável pelo controle dos estados de chamada nos troncos, recebendo, interpretando e gerando as mensagens de sinalização CCS ou sinais R2 na interface que controla. Implementa as sinalizações TUP ou ISUP, DSS1 ou R2, como mostrado na Figura 5-5. Os protocolos de rede são implementados pela *função de terminação de sinalização*.

O *controlador de troncos* traduz os estados de chamada e os dados de endereçamento nas diversas sinalizações para os estados e endereços utilizados pela *função tratamento de chamadas* (ocupação de tronco, obtenção dos dígitos de endereço, atendimento, desligamento, etc.).

A função *controlador de troncos* seleciona o tronco a ser utilizado numa chamada. A identificação do tronco selecionado é trocada com a *UI* remota através da sinalização *UI-UI*. A transferência dessa identificação depende do tipo de sinalização. Na sinalização CCS a identificação do tronco é codificada no campo CIC. No lado ATM, a identificação do tronco é composta pelo VCCI que identifica o *VCC de transporte de canais de voz* e pelo canal utilizado na estrutura de bloco AAL 1 (ou CID da AAL 2). O CIC é derivado desses dois identificadores através de uma tabela de correspondência {CIC, VCCI+canal}. Uma faixa de valores de CIC é configurada nas *UIs* no momento do estabelecimento de um *subgrupo de troncos virtuais*. No modo DSS1, o campo LLI (*Low Layer Information*) da mensagem *setup* leva esta mesma informação. No modo R2 a sinalização de linha implicitamente identifica o tronco.

Após o estabelecimento da chamada, a função *controlador de troncos* efetua a supervisão das chamadas, trocando informações com a função *terminação de sinalização*.

Os dois *controladores de troncos*, do lado circuito e do lado ATM, operam de modo semelhante. As diferenças entre os troncos telefônicos e virtuais são confinadas na função *gerenciador de troncos*.

A função *gerenciador de troncos* telefônicos ou virtuais, é a base de informações de configuração e de estados dos recursos de conexões. Essa base de informações é consultada por várias outras funções: pela função *tratamento de chamadas*, para avaliar as características dos grupos de troncos, ao encaminhar chamadas; pelas funções de *controlador de troncos* para a seleção do tronco apropriado; e pelas funções de *gerência e supervisão* para configurar os serviços e os recursos para a operação da *UI*. Os dados estáticos são configurados pela função de *gerência e supervisão*, e os dados dinâmicos pelas funções envolvidas no processo de tratamento de chamadas.

No modo de emulação de circuito o *controlador de troncos* e o *gerenciador de troncos* recebem a configuração dos troncos das funções de *gerência* e apenas supervisionam o desempenho e as falhas da conexão.

5.3.3. Funções de comutação

A função da *matriz de comutação* é a comutação entre canais a 64 *kbps* de enlaces PCM na entrada e *portas* com número variável de canais a 64 *kbps* na saída. A porta pode ser implementada, por exemplo, como um quadro com um número arbitrário de canais, organizado em um *buffer* atualizado a cada 125 μ s. Múltiplas instâncias de portas são implementadas com a alocação de múltiplos *buffers*.

A cada *porta* corresponde uma instância da função de *mapeamento e adaptação AAL1* ou *AAL2*. A capacidade de criação dinâmica de portas e instâncias de mapeamento/adaptação permite a utilização eficiente de banda na rede ATM.

A função *controlador da comutação* é responsável pela criação das instâncias de *portas* e funções de *mapeamento/adaptação*, pela programação do modo de operação do mapeamento/adaptação, e pela associação do canal e enlace da entrada com a porta e o canal no VCC de saída e vice-versa. A atuação do *controlador da comutação* é solicitada pelos *controladores de troncos*.

5.3.4. Funções de processamento digital de sinais

A função *processamento digital de sinais* mostrada na Figura 5-3 é uma função auxiliar utilizada para processar diversos sinais. Uma das aplicações é realizar a detecção e o envio de sinais MFC da sinalização de registro R2 na fase de estabelecimento de chamadas, em que os troncos são terminados nesta função. Outra aplicação é a compressão/descompressão de voz associada à utilização da AAL 2 na função de mapeamento/adaptação, numa aplicação da *UI* para entroncamento com sistemas celulares digitais com transporte ATM.

5.3.5. Funções de mapeamento/adaptação

A função de *mapeamento/adaptação* é responsável por estruturar os canais a 64 *kbps* presentes em uma *porta* para uma das estruturas de bloco SDT, correspondente ao tipo de adaptação de circuitos definido para o subgrupo de troncos virtuais.

As instâncias da função de *mapeamento/adaptação* dos canais e das *portas* da matriz são criadas simultaneamente com o estabelecimento dos *VCC de transporte de canais de voz*. A instância será programada para adaptar um número de canais entre 1 a *N* e operar num determinado modo de entroncamento e adaptação AAL 1 ou AAL 2:

- a) os modos programáveis de operação da AAL 1 para os diferentes serviços da unidade de interfuncionamento são:
 1. emulação de circuito:
 - tamanho de quadro (1 a 31);
 - operação com ou sem CAS da sinalização de linha R2 (sem CAS pode significar sinalização CCS ou DSS1).
 2. emulação de circuitos com banda dinâmica:
 - tamanho de quadro (1 a 31);
 - com ou sem CAS (sem CAS pode significar sinalização CCS, DSS1).
 3. entroncamento comutado com emulação de circuito, com número de troncos fixo *N* no *subgrupo de troncos virtuais*, entre 1 e 128, com as opções de sinalização CAS ou DSS1. A especificação do ATM Forum para entroncamento de PABX especifica o máximo de 8192 VCCs, cada um limitado a 128 canais, em função da restrição dos campos de protocolo da sinalização DSS1. Na sinalização CCS, o campo CIC é limitado a 4096 valores e deve representar o VCCI identificador do VCC de transporte de canais de voz e o canal nesse VCC. A limitação de 128 canais por VCC não se aplica neste caso.
 4. entroncamento comutado com *N* troncos, *N* variável entre 1 e 128, com as opções de sinalização CAS, CCS ou DSS1.
- b) na operação da *UI* com adaptação AAL 2, até 256 canais AAL 2 podem ser multiplexados. A maior utilidade da adaptação AAL 2 entretanto não é a adaptação de circuitos a 64 *kbps*, e sim canais em taxa baixa e variável, como voz comprimida. Os seguintes modos de operação podem ser programados:
 1. número de canais fixo, entre 1 e 256, com sinalização CCS

2. número de canais variável, empregando o protocolo ANP entre *UIs* para estabelecer e alocar canais AAL 2 dentro do *VCC de transporte de canais de voz*.

5.3.6. Funções de terminação ATM

As funções da *terminação ATM* são responsáveis pela multiplexação dos diferentes VCCs originados na *UI*, além de todas as funções de protocolo das camadas ATM e física, pelas funções de supervisão das conexões ATM e pelo controle de tráfego de células.

Estas funções são padronizadas e uma descrição funcional detalhada de terminações ATM encontra-se em [47]. Um dos procedimentos da supervisão da camada ATM a destacar é o mecanismo de *loopback*, com o qual é possível avaliar o retardo da rede. Este dado é importante na configuração dos modos de operação da *UI*, e pode ser utilizado também para acionar a função externa de *controle de eco*, quando o retardo total ultrapassar o especificado na recomendação G.131 para redes públicas (25 ms).

Quanto ao controle de tráfego, é necessário implementar o *traffic shapping* dos VCCs de transporte de voz para controlar o CDV (*Cell Delay Variation*), tanto na *UI* como nas interfaces NNI da rede ATM.

5.4. Funções de sinalização

A Figura 5-5 mostra os protocolos envolvidos nas funções de sinalização.

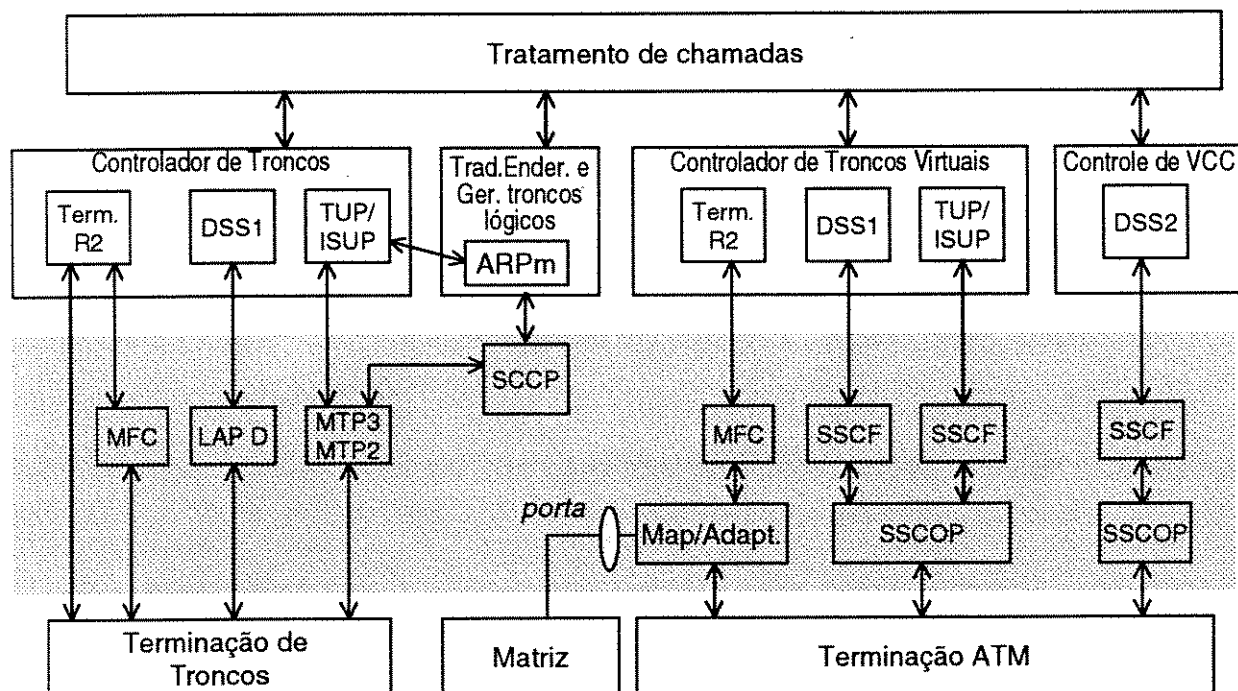


Figura 5-5 Protocolos de sinalização presentes na unidade de interfuncionamento

5.4.1. Função terminação da sinalização

As funções de *terminação de sinalização* implementam os protocolos de sinalização de rede, tanto do lado E1 como do lado ATM. Os protocolos de aplicação, TUP e ISUP, são tratados pela função *controlador de troncos*.

Cada protocolo implementado na *UI* requer terminações diferentes. A sinalização R2 requer emissores e receptores MFC para a troca de dígitos e outros sinais (a função de processamento digital de sinais é utilizada para identificar as frequências). A sinalização CCS requer as funções de transferência de mensagens níveis 2 e 3 do MTP, para as mensagens TUP ou ISUP. A sinalização DSS1 requer as funções LAP D da sinalização de usuário da ISDN. Uma *UI* flexível deve implementar estas três sinalizações. Numa simplificação, apenas a sinalização CCS pode ser implementada.

O método de sinalização associado a cada enlace ou grupo de troncos é configurado na função *gerenciador de troncos*. Estas informações são obtidas pelo controlador de troncos no processo de seleção do grupo de troncos.

A sinalização é transferida o mais transparentemente possível entre os grupos de troncos E1 e ATM. Apenas a identificação do tronco específico em cada interface é alterado em virtude da comutação e dos diferentes tipos de grupos de troncos. A utilização de sinalizações diferentes nas interfaces telefônica e ATM é possível, se a *UI* implementa todos os protocolos mostrados na Figura 5-5.

5.4.2. Função de transferência da sinalização entre *UIs*

A sinalização de registro e de linha R2, quando utilizada para troncos virtuais, é mapeada diretamente na estrutura SDT dos canais de voz.

A função de transferência de sinalização entre *UIs* é responsável pela adaptação e o transporte das sinalizações orientadas a mensagens, CCS e DSS1, nos *VCC de transporte de sinalização UI-UI*. Utiliza-se a mesma pilha de protocolos de adaptação empregados pela sinalização ATM, denominada *SAAL (Signaling AAL)*: o AAL 5 para a segmentação de mensagens, o SSCOP (*Service Specific Connection Oriented Protocol*) [15] sobre a AAL 5, para a transferência confiável das mensagens e uma SSCF (*Service Specific Coordination Function*) sobre o SSCOP específica para emular os serviços MTP nível 3 quando é utilizada a sinalização CCS(Q.2210) [45], ou o protocolo LAP D (*Link Access Protocol*) no caso da sinalização DSS1(Q.2130) [44].

5.4.3. Função controle de VCCs

A criação de uma rota e um grupo de troncos virtuais através da rede ATM implica no estabelecimento de um *VCC de transporte de sinalização entre UIs* e um ou mais *VCCs de transporte de canais de voz*. A *função controle de VCC* é responsável pelo estabelecimento desses VCCs utilizando a sinalização de usuário com a rede ATM(DSS 2 - Q.2931) [17]. Essas conexões são identificadas nas duas UIs com os mesmos VCCIs e passam a identificar os subgrupos de troncos virtuais.

5.5. Funções de estabelecimento de chamadas

5.5.1. Funções de tratamento de chamadas e encaminhamento

As funções de *tratamento de chamadas* são responsáveis pelo encaminhamento de *chamadas trânsito* através da UI. Cada chamada é tratada por uma *instância de tratamento de chamada*, criada no instante em que um *controlador de troncos* envia informações de sinalização relativas à nova chamada. Esta instância existe apenas na fase de estabelecimento da chamada. Ao receber as mensagens de sinalização, efetua um conjunto de análises relativas ao *serviço de chamada* e ao *roteamento da chamada*. É importante distinguir estes dois procedimentos, que determinarão o modelo de encaminhamento da chamada para a UI destino. As principais análises relativas ao serviço de chamada, são:

- análise das características da rota de entrada;
- análise dos dígitos de endereço para determinar o destino e a rota de saída;
- determinação do método de tarifação;
- análise de serviços suplementares e serviços de valor adicionado;

e as principais relativas ao roteamento de chamada são:

- métodos de seleção de troncos;
- determinação do grupo de troncos e do tronco de saída;
- determinação do tipo de controle de tráfego aplicável à rota de saída;

Na fase de análise, são efetuadas trocas de sinalização adicionais e consultas às bases de dados das funções *gerenciador de encaminhamento* e *gerenciadores de troncos*.

A função *gerência de encaminhamento* tem a finalidade de gerenciar todos os dados relativos aos recursos para o encaminhamento de chamadas, reunidos em tabelas de configuração de rotas, grupos de troncos, áreas de tarifação, métodos de controle de tráfego e estados operacionais dos vários recursos.

Ao final dessas análises, a *instância de tratamento de chamada* estabelece uma conexão lógica entre os *controladores de troncos* de entrada e de saída. O *controlador de troncos* de entrada então solicita à função de *controle de comutação* o estabelecimento da conexão física para o circuito de voz através da matriz de comutação.

Uma vez que a conexão está estabelecida através da *UI*, a *instância de tratamento de chamada* é liberada, e a supervisão e a liberação da chamada são efetuadas pelas funções *controlador de troncos* da entrada e da saída.

Nas chamadas cujo destino é uma central para a qual a *UI* não possui um grupo de troncos virtuais estabelecidos, a função *tratamento de chamadas* utiliza os serviços da função *tradução de endereços* a fim de obter o seu endereço ATM e estabelecer os VCCs.

As chamadas que solicitam serviços de rede trânsito não implementadas na *UI*, são encaminhadas com o auxílio da central trânsito lógica.

5.5.2. Recursos para o controle de chamadas

Os recursos para o controle de chamadas são as informações dinâmicas associadas aos recursos de conexão, utilizadas e atualizadas pelo tratamento de chamadas. Várias propostas de MIB estão em estudo no ATM Forum[41] [42] , das quais algumas informações são aproveitadas. Vários outros recursos e informações são necessários em centrais para a análise de desempenho de tráfego da rede, e podem ser encontrados nas especificações do Trópico RA [43] .

As informações necessárias para as funções de tratamento de chamadas e as operações características da rede trânsito são:

- a) *tabela de encaminhamento* – tabela que contém a relação dos *grupos de troncos telefônicos* e dos *grupos de troncos virtuais ATM* através dos quais os endereços telefônicos podem ser atingidos. É utilizada pela função *tratamento de chamadas* na análise de roteamento, e faz parte da função *gerência de encaminhamento*. A configuração da tabela pode ser estática, criada por procedimentos de gerência de rede, ou dinamicamente alterada em função do estabelecimento dinâmico de grupos de troncos virtuais, ou pela função de gerência de tráfego. Contém as seguintes informações:
 - endereço telefônico – faixa de números telefônicos identificando destinos de chamadas;
 - destino – características do endereço destino, incluindo:

- tipo de destino (grupo de troncos telefônicos, grupo de troncos lógicos ou grupo de troncos virtuais ATM);
 - grupo de troncos destino – identificação do grupo de troncos telefônicos, lógicos ou virtuais ATM pelo qual o endereço telefônico chamado pode ser atingido.
- b) *endereço ATM local* – é o endereço da unidade de interfuncionamento na rede ATM. A unidade de interfuncionamento pode ter várias portas ATM, para divisão de tráfego ou para prover rotas alternativas, possuindo assim vários endereços ATM.
- c) *controle de chamadas ativas* - registro de informações de todas as chamadas ativas entre grupos de troncos telefônicos e grupos de troncos virtuais. Inclui as seguintes informações:
1. hora (tempo de sistema - *hr/min/s*) do início da chamada;
 2. informações da interface de origem:
 - endereço origem – número do chamador conectado ao canal, se conhecido;
 - tipo de interface do chamador – interface pela qual a chamada entrou (grupo de troncos telefônicos ou virtuais);
 - porta e canal – número do canal na estrutura AAL 1 da *entidade AAL 1* se o tipo da interface chamadora for tronco virtual, ou número do canal e identificação da interface se o tipo for tronco telefônico;
 3. informações da interface de destino:
 - endereço chamado – número do chamado conectado ao canal;
 - tipo de interface do chamado - interface pela qual a chamada sai – grupo de troncos telefônicos ou virtuais;
 - porta e canal – número do canal na estrutura AAL 1 da *entidade AAL 1*, se o tipo da interface chamada for tronco virtual, ou número do canal e identificação da interface E1 se o tipo for tronco telefônico;
 4. hora de conexão da chamada – tempo de sistema em que a chamada se completou;
 5. estado ativo da chamada – estado corrente da chamada (conexão iniciada, conexão em progresso, ativo).
- d) *mapeamento de canais entre interfaces telefônicas e ATM* – é uma tabela que contém todas as conexões correntes existentes entre grupos de troncos telefônicos e grupos de troncos virtuais. É mantida pela função de *tratamento de chamadas*. Cada

chamada possui um identificador que relaciona a chamada na rede à conexão na unidade de interfuncionamento. As informações incluem:

1. grupo de troncos, interface E1 e número do canal na interface telefônica;
2. grupo de troncos virtuais, VCC de transporte de canais de voz e o número do canal na estrutura AAL1, na interface ATM.

e) *histórico de chamadas* – a unidade de interfuncionamento deve armazenar um conjunto de informações sobre chamadas estabelecidas passadas. O objetivo deste histórico é disponibilizar o mesmo conjunto de informações armazenado pelas centrais trânsito atuais para diversas finalidades, como: dados para tarifação; dados para gerência de tráfego; e estatísticas de chamadas por serviço, assinante, endereço, etc. As informações armazenadas são:

1. hora da conexão - tempo de sistema (*hr/min/s*) em que a chamada foi conectada;
2. hora da desconexão - tempo de sistema em que a chamada foi desconectada;
3. causa da desconexão - causa da desconexão informada pela sinalização;
4. razão da desconexão – indica se a desconexão foi normal ou se teve causa anormal relacionada à rede ATM ou à sinalização por canal comum, como falhas, indisponibilidade de VCC ou outros recursos;
5. informações da interface chamadora:
 - endereço origem – número do chamador conectado ao canal;
 - tipo de interface do chamador – interface pela qual a chamada entrou – grupo de troncos telefônicos ou virtuais;
 - porta e canal – número do canal na estrutura AAL 1 da *entidade AAL 1* se o tipo da interface chamadora for tronco virtual ou número do canal e identificação da interface E1 se o tipo for tronco telefônico;
6. informações da interface chamada:
 - endereço chamado – número do chamado conectado ao canal;
 - tipo de interface do chamado - interface pela qual a chamada saiu – grupo de troncos telefônicos ou virtuais;
 - porta e canal – número do canal na estrutura AAL 1 da *entidade AAL 1* se o tipo da interface chamada tronco virtual ou número do canal e identificação da interface E1 se o tipo for tronco telefônico.

5.5.3. Uso dos modelos de encaminhamento de chamadas

São descritos funcionalmente os três modelos de encaminhamento de chamadas propostos.

1) Encaminhamento de chamada com entroncamento virtual existente

A Figura 5-6 mostra o encaminhamento direto de uma chamada entre duas *UI*, assumindo que os *VCCs de transporte de canais de voz* e o *VCC de transporte de sinalização UI-UI* já foram previamente estabelecidos, e que se utiliza a sinalização ISUP. São mostradas apenas as mensagens básicas do estabelecimento de chamadas. As principais etapas são:

- a. o *controlador de troncos* (CT) recebe a mensagem ISUP IAM (*Initial Address Message*) da função de *terminação de sinalização* (Sin), com os dados da chamada, que traduz para os dados e estados internos da função tratamento de chamadas;
- b. a função *tratamento de chamadas* (TCh), após as análises de serviços e de roteamento, encaminha a chamada para o *controlador de troncos virtuais* (CTV) selecionado, que seleciona um tronco específico para a conexão e comanda o estabelecimento da comutação interna;
- c. o *controlador de troncos virtuais* inicia a sinalização ISUP com a *UI* destino, por intermédio da função *terminação de sinalização*, que adapta as mensagens de nível 3 MTP para o *VCC de sinalização UI-UI*. Na mensagem IAM é informado o VCCI e o canal (C) relativo à nova chamada; a *UI* destino encaminha a chamada à central;
- d. a central destino encaminha a chamada ao assinante ou à rede telefônica se for uma central trânsito e prossegue com a troca de sinalização com as mensagens ACM (*Address Complete Message*) indicando chamadas em progresso e ANM (*Answer Message*) ao atendimento pelo assinante;
- e. na fase de conversação, as informações do canal a 64 *kbps* são adaptadas para o canal no VCC de transporte de canais de voz.

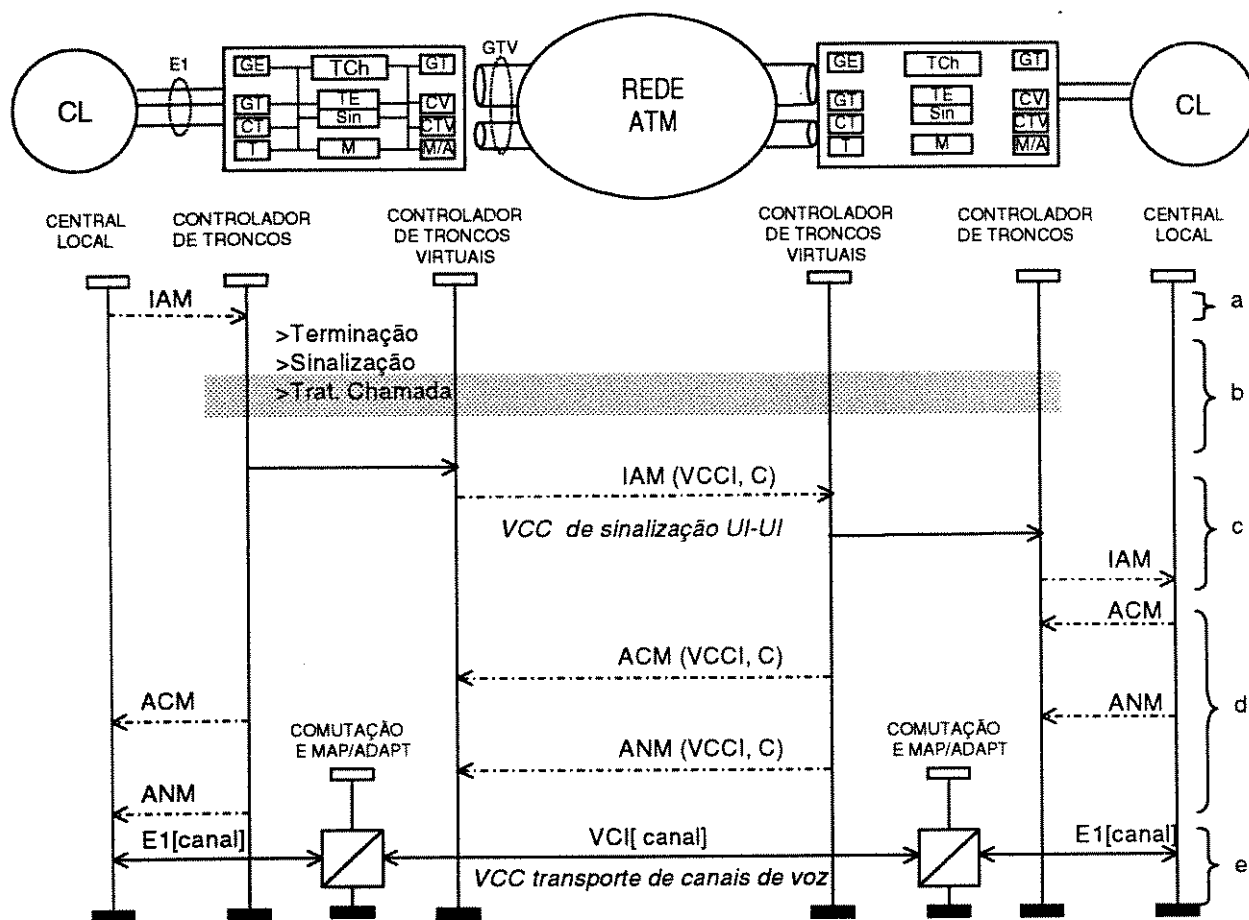


Figura 5-6 Estabelecimento de chamada ISUP sobre entroncamento virtual existente

2) Encaminhamento de chamada sem entroncamento virtual previamente existente

A Figura 5-7 mostra o modelo de referência deste método de encaminhamento de chamadas. O endereço ATM da UI destino é determinado através de consulta ao *servidor de tradução de endereços* (STE), que traduz uma identificação da central (o DPC ou o código de área e o prefixo da central), para o endereço ATM dos seus entroncamentos. Em seguida são estabelecidos os VCCs na rede ATM, através da sinalização ATM. O servidor é uma base de dados ligada à rede CCS, que possui a relação de todos os endereços ATM das centrais com entroncamento ATM.

A função de *tradução de endereços* da UI, mostrada na Figura 5-3 é uma função auxiliar ao tratamento de chamadas, cuja finalidade é implementar o *protocolo de tradução de endereços* para efetuar a comunicação com o *servidor de tradução de endereços* sobre a rede CCS.

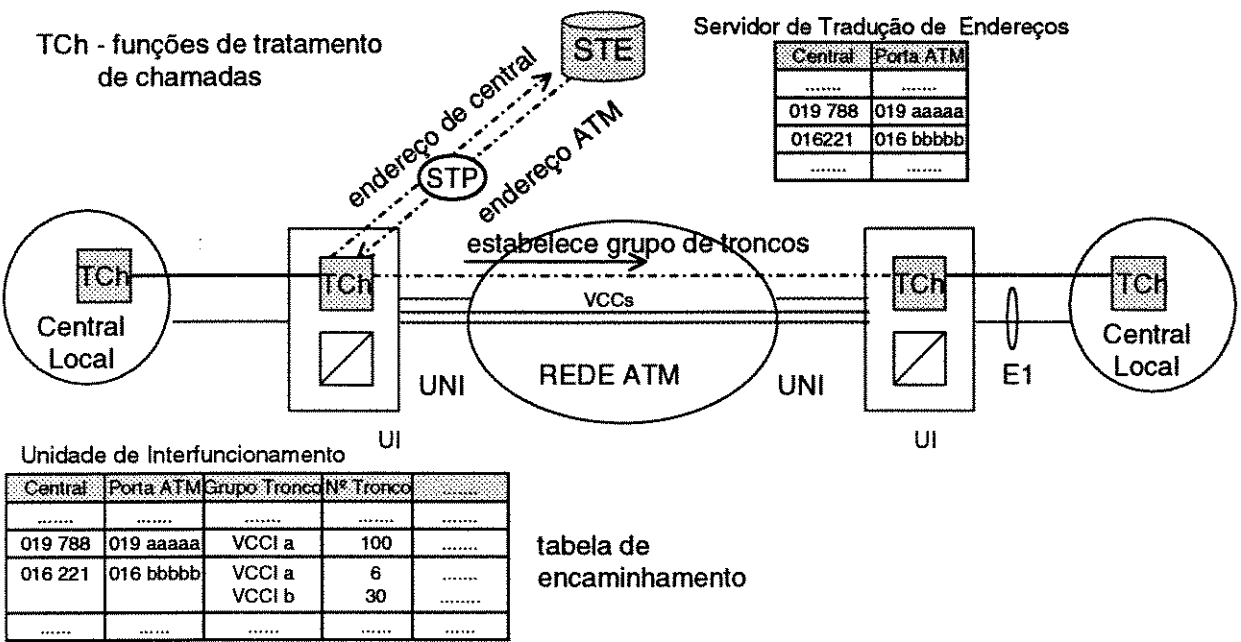


Figura 5-7 Chamada com tradução do endereço telefônico para ATM

O servidor implementa uma base de dados e um protocolo de acesso, que, constituindo um elemento funcional, pode ser implementado em uma *central trânsito lógica*, ou instalado como um sistema autônomo ligado a um STP, ou ainda implementado em algumas UI. Cada UI deverá ser configurada com um ou mais endereços desses servidores (DPC). A informação de endereço ATM da UI é configurada na função *gerenciador de troncos virtuais*.

O diagrama da Figura 5-8 mostra as fases de encaminhamento de uma chamada a uma central com a qual a UI não possui troncos virtuais estabelecidos.

As etapas da fase de tratamento da chamada, até a determinação do tronco virtual a ser utilizado pela chamada, são

- a. *controlador de troncos* recebe a mensagem ISUP IAM (*Initial Address Message*) da função de *terminação de sinalização* (Sin), com os dados da chamada, que traduz para os dados e estados internos da função *tratamento de chamadas* (TCh);
- b. na fase de análise de roteamento, a *instância de tratamento de chamadas* não encontra rota para o endereço destino, e solicita à função *tradução de endereços* (TE) a obtenção do endereço ATM da UI destino. Esta função comunica-se com o *servidor de tradução de endereços* (STE);

- c. obtido o endereço ATM, a *instância de tratamento de chamadas* solicita à função de *controle de VCCs* (CV) o estabelecimento de um *grupo de troncos virtuais* (GTV) com a *UI* destino;
- d. é iniciada a sinalização com a *UI* destino, prosseguindo o encaminhamento da chamada.

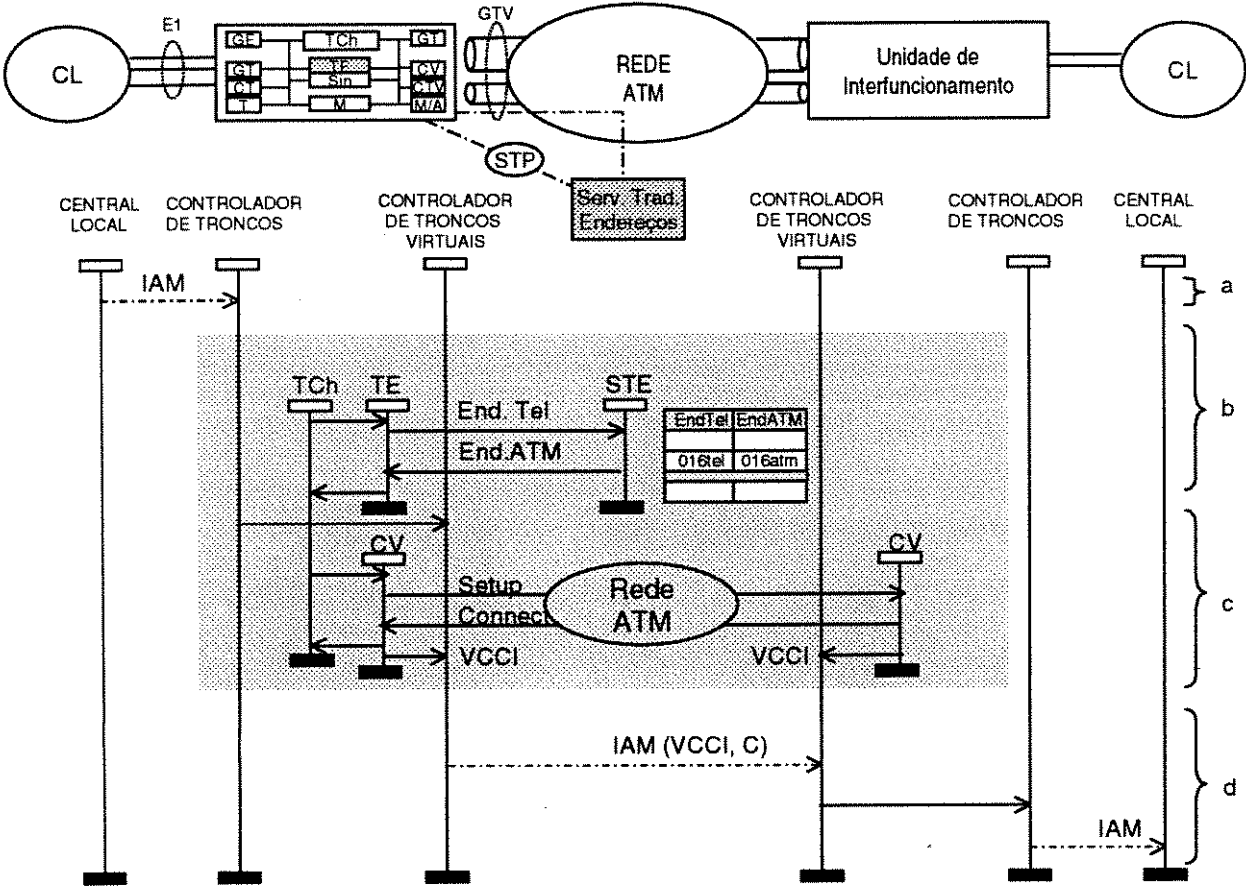


Figura 5-8 Encaminhamento de chamada sem entroncamento com a central destino

O protocolo de tradução de endereços telefônico para ATM proposto utiliza os princípios do protocolo ARP (Address Resolution Protocol) [49] utilizado para traduzir endereços IP para ATM nas redes locais ATM, modificando-o para esta aplicação específica, alterando os formatos de endereçamento telefônico e adaptando-o para o transporte sobre os protocolos SCCP e ISUP. O protocolo SCCP (Signaling Connection Control Protocol) Classe 0 - Classe Básica sem Conexão - [50] [51] é utilizado para transportar as mensagens ARP modificadas sobre a rede CCS. O protocolo ISUP é utilizado para transportar as mensagens

ARP modificadas no campo de informação do usuário, na comunicação com a *central trânsito lógica*.

Uma *UI* cliente consulta um servidor para determinar um endereço ATM. Configurada como uma servidora, uma *UI* também responde a consultas de outras *UI*. As mensagens do protocolo de tradução (ARP modificado) são:

- *arp_request* [parâmetros], solicitando a tradução;
- *arp_reply* [parâmetros], respondendo a solicitação;
- *arp_nak* [parâmetros], indicando endereço não registrado;

e os parâmetros são: tipo de mensagem, tipos de endereço, tamanho dos endereços, endereço telefônico e endereço ATM, identificador de chamada (para utilização com a *central trânsito lógica*).

A *UI*, como cliente, aprende e armazena os endereços evitando uma próxima busca. A *UI* também pode ser pré-configurada com um conjunto de endereços. Para o caso especial de reconfiguração da rede com mudança de endereços de centrais, a *UI* necessita ser reconfigurada para limpar os endereços aprendidos.

A informação de endereço ATM da própria *UI* é configurada na função *gerenciador de troncos virtuais*.

3) Encaminhamento de chamada através da central trânsito lógica (CTL)

Neste caso a *UI* encaminha chamadas através da central trânsito lógica, separando as fases de tratamento de chamadas e de conexão. A *central trânsito lógica* implementa os *serviços de chamada* não disponíveis na *UI* (SSP, modalidades de tarifação, etc.), independente do roteamento da conexão física para o canal de voz, ou *serviço de conexão*, implementado pela *UI* utilizando a rede ATM. A chamada é encaminhada pelas centrais trânsito lógicas até a *UI* destino, que informa seu endereço ATM para a *UI* origem. Em seguida a chamada novamente é encaminhada sobre a rede ATM. A Figura 5-9 ilustra esta concepção.

O princípio deste método de encaminhamento é associar um mesmo *identificador lógico de chamada*, tanto para a chamada encaminhada através das *centrais trânsito lógicas* como para a conexão a ser estabelecida sobre a rede ATM. Um *identificador de chamada lógica* é definido pela *UI* origem, e encaminhado juntamente com a sinalização à *UI* destino, onde é utilizado para estabelecer a relação entre os *troncos lógicos* (a conexão emulada) e os *troncos virtuais* (conexão real). Um *protocolo de gerenciamento de chamadas lógicas* é proposto para implementar esta relação nas *UIs*.

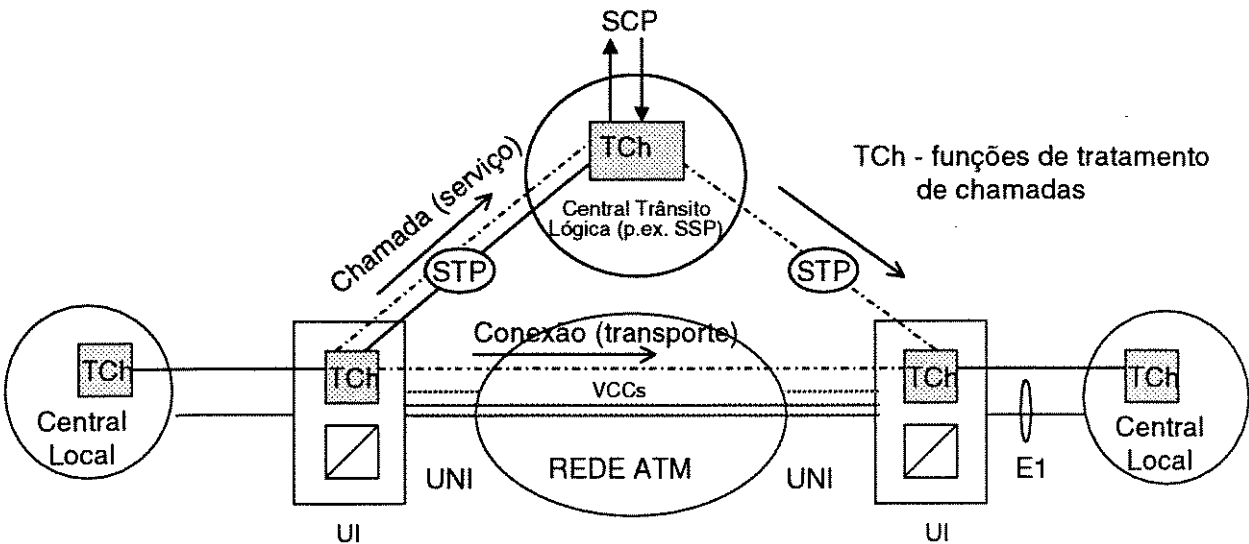


Figura 5-9 Separando o estabelecimento da chamada do estabelecimento da conexão

É proposto que o *protocolo de gerenciamento de chamadas lógicas* utilize as mensagens ARP modificadas no campo de informação usuário-a-usuário do protocolo ISUP, na fase de encaminhamento da chamada via CTL. As informações do *protocolo de gerenciamento de chamadas lógicas* são inseridas nesse campo, substituindo informações eventualmente existentes, que ficam retidas. Na fase de estabelecimento da conexão via rede ATM, as mensagens ISUP originais são reenviadas através do VCC de sinalização UI-UI.

A Figura 5-10 mostra as fases do estabelecimento de uma chamada.

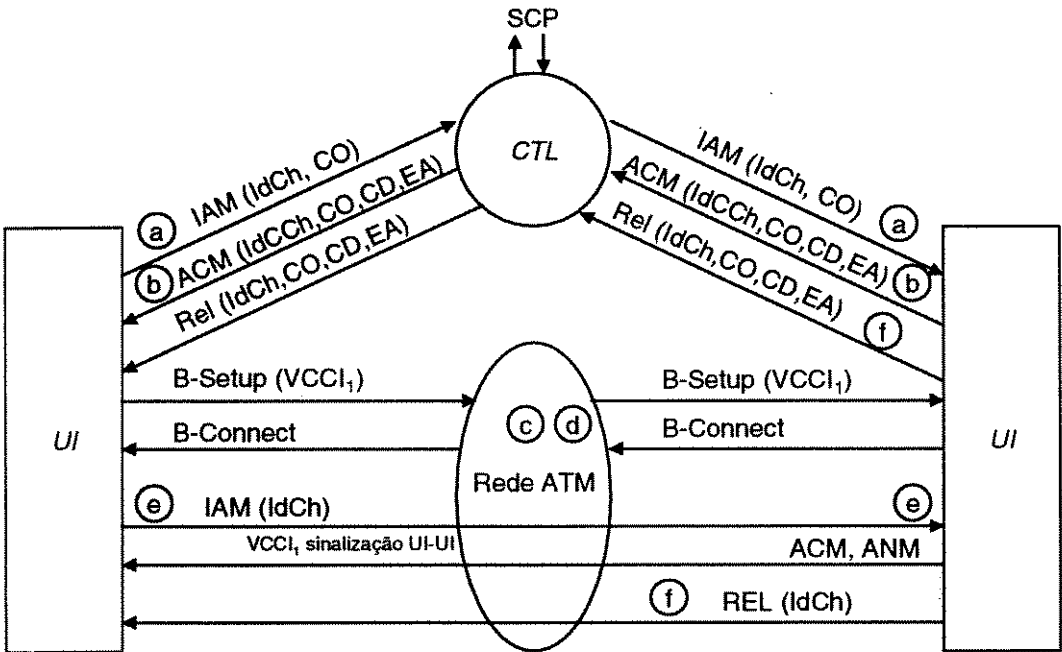


Figura 5-10 Encaminhamento de chamadas pela central trânsito lógica

- a) a *UI* encaminha a chamada à *CTL*, informando os identificadores de chamada lógica (IdCh) e da central origem (CO) e solicitando o endereço ATM da *UI*, na mensagem IAM modificada (mensagem *arp_request*, no campo de informações usuário-a-usuário). A *CTL* trata a chamada e a encaminha à *UI* destino, que registra estes identificadores;
- b) a *UI* destino informa a identificação da sua central destino (CD) e seu endereço na rede ATM (EA) nas mensagens ACM e ANM (mensagem *arp_reply*);
- c) caso a *UI* não possua conexão estabelecida com a *UI* destino, inicia o estabelecimento dos VCC de transporte de sinalização *UI-UI*, para o endereço ATM recebido (EA);
- d) e também o estabelecimento do VCC de transporte de canais de voz;
- e) a *UI* reenvia a mensagem de sinalização IAM original, sobre o VCC de sinalização *UI-UI*, informando os identificadores de chamada (IdCh), de modo que a *UI* destino possa encaminhar a chamada adiante, para a central destino;
- f) ao final da chamada, a desconexão é feita simultaneamente através da *CTL* e da rede ATM (mensagem *arp_reply* novamente incluída).

A central trânsito lógica é implementada sobre uma central trânsito convencional, adaptando-se a função *controlador de troncos* e configurando *troncos* e *rotas lógicas*. Uma *chamada trânsito lógica* é semelhante a uma chamada normal, encaminhada através da sinalização CCS, identificando um *tronco lógico* numa *rota lógica*, através do identificador CIC do ISUP. A diferença está na implementação da rota e dos troncos lógicos. Os troncos e enlaces físicos normais, identificados por um número de equipamento na central trânsito (indicando o módulo, a placa e a interface), são substituídos por troncos lógicos, identificados logicamente. O enlace de sinalização entre a *UI* e a central trânsito lógica, neste caso, é do tipo quasi-associada, pois não existem enlaces E1. Uma vez que *grupos de troncos lógicos* estão configurados na central trânsito, as chamadas associadas a troncos lógicos são tratadas como qualquer outra chamada associada a troncos físicos.

As chamadas encaminhadas para a rede trânsito lógica são roteadas exclusivamente através de centrais trânsito lógicas. Apenas uma, ou um número reduzido de *CTL* são necessárias. Eventualmente pode ser vantajoso configurar uma central apenas para esta função, que passaria a ser um servidor adicionado à rede CCS.

As funções necessárias na *UI* e na central trânsito lógica são mostradas Figura 5-11.

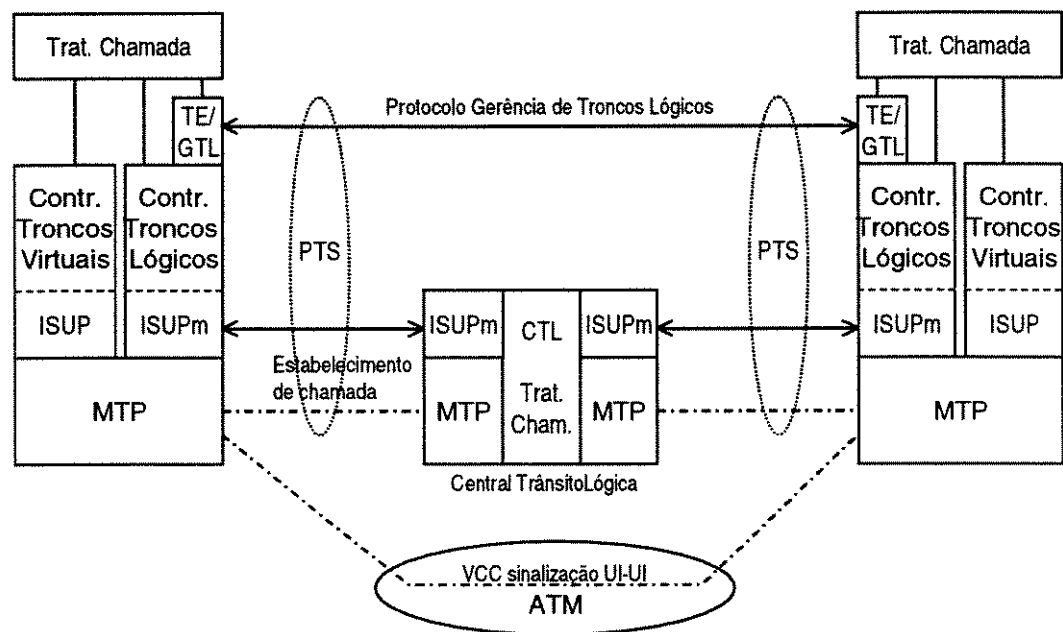


Figura 5-11 Funções e protocolos envolvidos na chamada via central trânsito lógica

O controlador de troncos lógicos é uma instância da função controlador de troncos. O protocolo de gerência de troncos lógicos é um modo de operação do protocolo de tradução de endereços implementado na função tradução de endereços, utilizando entretanto as mensagens ISUP como transporte ao invés do SCCP. O controlador de troncos lógicos utiliza a função de terminação de sinalização mostrada na Figura 5-3.

A função tratamento de chamadas da UI encaminha a chamada lógica para o controlador de troncos lógicos, que seleciona um tronco lógico e encaminha a chamada à central trânsito lógica. Através do protocolo de gerência de troncos lógicos, estabelece a associação entre o identificador lógico da chamada, os troncos lógicos tomados ao longo da rota até a UI destino e os endereços telefônico e ATM das UIs origem e destino.

5.6. Provisionamento e gerência dinâmica da capacidade de grupos de troncos virtuais ATM

Os seguintes princípios são adotados no provisionamento dos grupos de troncos virtuais ATM, visando utilizar a rede ATM da forma mais eficiente possível e ao mesmo tempo sendo flexível para operar através de redes ATM com quaisquer níveis de capacidades:

- 1. estabelecer grupos de troncos virtuais entre duas centrais, sob demanda ou de modo semi-permanente, aproximando-se do interesse de tráfego real;

2. reduzir ao mínimo o transporte de canais a 64 *kbps* inativos (troncos sem cursar uma chamada), permitindo o compartilhamento otimizado de banda com outros serviços na rede ATM;
3. medições contínuas do tráfego dos grupos de troncos, fornecendo dados históricos e momentâneos para a avaliação dos interesses de tráfego, permitindo o redimensionamento automático de capacidades em tempo de operação;
4. adoção de limiares para abertura e fechamento dinâmico de grupos de troncos virtuais, reduzindo em consequência o tráfego de sinalização, a intensidade de processamentos de chamadas na rede ATM e o retardo no estabelecimento de chamadas telefônicas.

A seguir são apresentadas alternativas de provisionamento de troncos virtuais nos métodos de entroncamento propostos.

1) Provisionamento estático no modo de operação com emulação de circuitos

Numa configuração estática de emulação de circuitos, os troncos virtuais são pré-estabelecidos com determinada capacidade, configurada por gerência de rede, de acordo com o interesse de tráfego entre cada par de centrais. A tarefa da unidade de interfuncionamento é simplesmente identificar um canal livre no grupo de troncos apropriado.

Não são efetuadas medidas de ocupação dos canais. Para realimentar o dimensionamento dos entroncamentos é necessário utilizar medidas de desempenho de chamadas das centrais.

As funções da *UI* são essencialmente as de transporte e gerência.

2) Provisionamento estático no modo de operação com emulação de circuitos com banda dinâmica

O provisionamento é semelhante ao do modo de emulação de circuito estática, isto é, banda dos VCC é reservada para o número máximo de canais configurados, entretanto o tráfego de células é proporcional ao número de canais ativos. A banda não utilizada, embora reservada com prioridade na rede ATM, pode ser utilizada por serviços menos prioritários.

A função adicional da *UI* é a interpretação da sinalização, para detectar a atividade dos troncos.

3) Provisionamento semi-estático nos modos de emulação de circuitos

O objetivo é introduzir uma modularidade de reserva de banda na rede ATM, quando o tráfego ao longo de períodos repetidos é conhecido e varia significativamente. Pode ser implementado, por exemplo:

- ativando vários VCCs em função da hora do dia;
- ativando e desativando os VCC em degraus;
- adotando métodos de ocupação dos canais dos VCCs de modo a concentrar o tráfego no menor número de VCCs permitindo a desativação de VCCs predeterminada.

A *UI* deverá empregar a sinalização ATM para ativar e desativar os VCCs, além de monitorar a ocupação dos troncos.

4) Provisionamento no modo de entroncamento comutado

Os circuitos virtuais VCC de transporte de voz e de sinalização *UI-UI* são estabelecidos por meio da sinalização ATM, apenas quando requeridos, e com modularidade variada. Atinge-se assim máxima eficiência de banda.

A partir da configuração de um número mínimo de troncos virtuais (eventualmente estabelecidos quando ocorrer a primeira chamada), novos grupos de troncos virtuais são estabelecidos sob demanda. Utilizando a realimentação dos mecanismos de supervisão de tráfego dos troncos, novos VCCs são estabelecidos em degraus quando limiares de ocupação dos canais dos VCCs existentes são atingidos, e desestabelecidos quando limiares de troncos ociosos são atingidos, como mostrado na Figura 5-12. Para liberar um VCC, seus canais são bloqueados para novas chamadas e o VCC será desestabelecido quando todas as chamadas estiverem liberadas.

Os limiares e o número de canais dos VCCs deverão ser configurados de acordo com a distribuição de tráfego conhecida ou “aprendida” pela *UI* utilizando a função de *gerência de tráfego*.

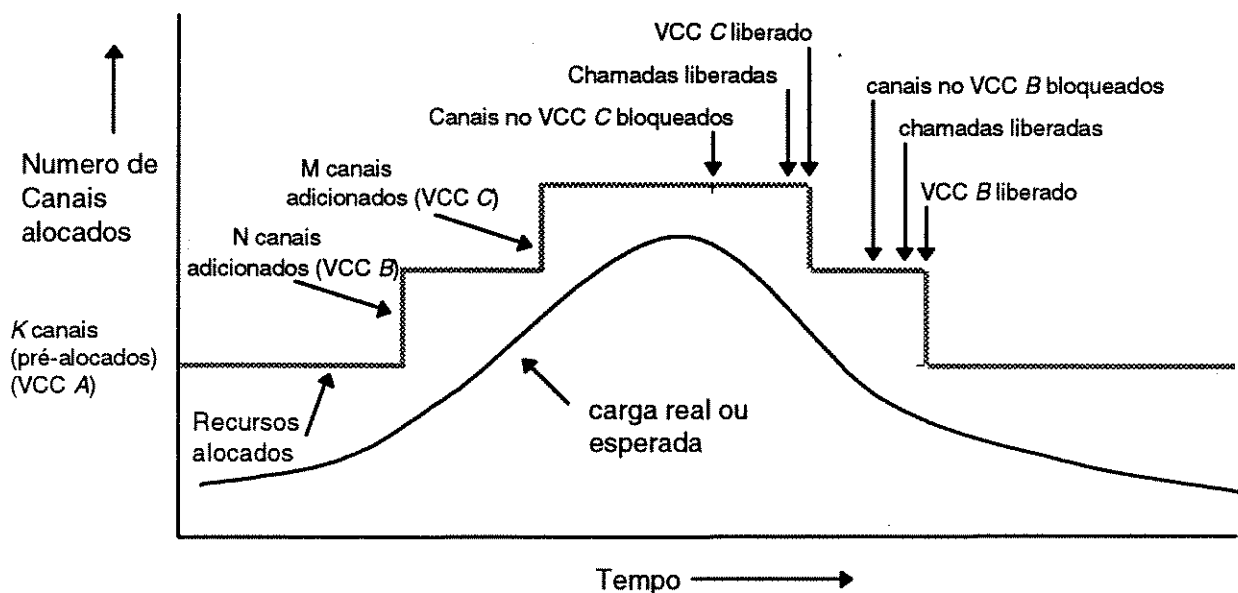


Figura 5-12 Alocação de capacidade de entroncamentos em degraus

Gerência de Tráfego

A função *gerência de tráfego* mostrada na Figura 5-3 implementa uma série de medidas de ocupação de canais e tráfego de células relativas ao grupos de troncos, para permitir a configuração dinâmica dos recursos utilizados da rede ATM, e para produzir dados para as funções de gerência que possam ser consultados por um operador de rede. A monitoração do tráfego pode ser realizada em várias funções da *UI*: na terminação ATM, medindo o tráfego de células nos VCCs; nos canais de sinalização entre *UIs*, monitorando a sinalização; e nas *função de tratamento de chamadas* e de *gerência de troncos virtuais*, que possuem as informações sobre chamadas correntes.

6. CONCLUSÃO

Uma proposta de solução para a expansão do segmento trânsito da rede telefônica utilizando a rede ATM foi apresentada nesta tese.

Uma análise do cenário brasileiro mostrando que a previsão dos crescimentos significativos da rede telefônica e da demanda de dados (Internet, redes virtuais privadas, multimídia), aliada à perspectiva de maior competição num cenário de privatização em que deverá ocorrer a aplicação das novas tecnologias, cria a oportunidade de consolidar a expansão simultânea das redes (telefônica e de dados) em uma única infra-estrutura de transporte ATM. Além das vantagens econômicas, esta estratégia deverá trazer vantagens operacionais, em virtude da racionalização da planta (uniformização dos equipamentos de rede e dos recursos de operação), e principalmente pelas facilidades inerentes à tecnologia ATM nos aspectos de provisionamento de banda e graus de qualidade de serviço, de configuração e gerência da rede e de escalabilidade. O paradigma de redes sobrepostas ATM, integrando apenas serviços de dados, é típico dos países desenvolvidos, cuja planta telefônica apresenta crescimento vegetativo, não se justificando a migração de serviços telefônicos para ATM, o que explica o retardamento do desenvolvimento da padronização de voz sobre ATM. A coerência da proposta é demonstrada pelo crescente emprego de ATM em outras redes de voz em franca expansão, como a rede celular, as redes corporativas, as redes Frame Relay e a Internet.

Uma arquitetura de rede telefônica não hierárquica, na qual as centrais são todas diretamente interligadas através de rotas e grupos de troncos virtuais, implementados por VCCs da rede ATM, e estabelecidos dinamicamente com as capacidades de tráfego correspondentes ao interesse de tráfego momentâneo entre as centrais foi proposta nesta tese. Complementando o dimensionamento da rede durante a fase de planejamento, propôs-se o redimensionamento em tempo de operação (em tempo de chamadas), criando ou alterando rotas segundo o interesse de tráfego. Este procedimento é apropriado para uma rede dinâmica, em constante evolução, motivação básica desta tese.

Foram analisadas as funções implementadas pela atual rede trânsito, avaliando-se quais funções não são implementados naturalmente pela rede ATM. As soluções para cada função foram propostas. Foi estabelecido um conjunto de premissas com o objetivo de garantir uma solução evolutiva. Vale destacar as seguintes: expansão da rede, com entroncamento ATM tanto em centrais novas como nas já existentes, tornando a solução proposta complementar e compatível com a rede telefônica hierárquica; entroncamento lógico direto entre as centrais telefônicas com conseqüente uso eficiente da rede ATM; preservação de alguns dos serviços

de chamada concentrados na atual rede trânsito, como algumas modalidades de tarifação e o acesso a serviços de rede inteligente; e o uso de protocolos e padrões existentes.

A unidade de interfuncionamento é o elemento fundamental das soluções propostas. As funções da central trânsito lógica e do servidor de tradução de endereços complementam a unidade de interfuncionamento na implementação dos serviços equivalentes aos da atual rede trânsito.

Foram analisados vários métodos de interfuncionamento do modo circuito para ATM, aplicáveis ao entroncamento telefônico. Com o objetivo de utilizar tanto redes ATM com capacidades para serviços PVC e SVC, foi proposta a implementação dos métodos de emulação de circuitos (utilizando recursos estáticos) e de entroncamento comutado (utilizando recursos dinâmicos), tornando a unidade de interfuncionamento configurável para qualquer rede ATM.

Uma arquitetura funcional da unidade de interfuncionamento foi especificada, com característica modular e configurável. Especificada como um elemento de rede independente, sua arquitetura se assemelha à de uma central, de modo que sua implementação física pode ser facilmente integrada a uma central telefônica. Como elemento independente ligado a troncos digitais R2 ou CCS, a unidade de interfuncionamento pode ser colocada junto a centrais existentes satisfazendo a premissa de expansão das centrais existentes com troncos ATM.

Alguns aspectos da especificação da unidade de interfuncionamento, são importantes a serem destacados.

A função de comutação (associada à capacidade das funções de adaptação de permitirem a implementação de grupos de troncos com capacidade variável de canais a 64 kbps) implementa a comutação equivalente à da rede trânsito, com as vantagens da modularidade de 64 kbps, das rotas com capacidade dinâmica e da interligação direta entre as centrais locais. A implementação da adaptação AAL 1 e AAL 2 permite adaptar canais a 64 kbps e canais de voz a baixas taxas.

Nas funções de sinalização, destacam-se o suporte às sinalizações tradicionais R2, CCS e DSS1, permitindo uma ampla gama de interfaces de rede, e o transporte da sinalização entre unidades de interfuncionamento em VCCs dedicados (um canal comum), aproveitando protocolos de adaptação da própria sinalização da rede ATM.

As funções de tratamento de chamadas, especificadas de acordo com a premissa de oferecer uma solução evolutiva, permitem encaminhar chamadas numa rede ao mesmo tempo não hierárquica e dinâmica, através do auxílio de bases de dados e alguns serviços de chamada mantidos centralizadamente.

As funções centralizadas são: o servidor de tradução de endereços e a central trânsito lógica. O servidor de tradução de endereços permite à unidade de interfuncionamento a localização da central destino na rede ATM e o estabelecimento e controle dos recursos de conexão em tempo de chamada. Com este servidor é possível a adição ou expansão de centrais na rede sem ter que reconfigurar as demais. A central trânsito lógica permite manter alguns serviços de chamada centralizados na rede, como atualmente. A unidade de interfuncionamento encaminha chamadas lógicas à central trânsito lógica, porém a conexão permanece via rede ATM. Os protocolos de comunicação entre a unidade de interfuncionamento e esse dois elementos foram definidos, baseado em padrões existentes.

Métodos simples de provisionamento e gerência de capacidade de grupos de troncos virtuais, para os diferentes métodos de entroncamento, foram descritos.

Focalizando especificamente a integração da unidade de interfuncionamento na central telefônica, foram apresentadas soluções de hardware e software derivadas do módulo de terminais típico de uma central telefônica, substituindo-se os troncos E1 pelas funções de adaptação e terminação ATM e adaptando-se as funções da central relativas ao tratamento de chamadas, à gerência de troncos e de encaminhamento, para tratar recursos dinâmicos, realimentados pelas funções de controle e gerência de tráfego dos troncos virtuais.

A unidade de interfuncionamento, na forma proposta, pode potencialmente se transformar numa plataforma de interfuncionamento multi-aplicações, pois possui todos os elementos de interfuncionamento necessários para voz a 64 *kbps* (AAL 1), para voz codificada (AAL 2 + DSP), para dados (AAL 5), e para funções de sinalização e tratamento de chamadas, aliado à arquitetura de processamento de serviços baseada em servidores externos. Aplicações de acesso de PABX, interfuncionamento B-ISDN / ISDN, concentração de tráfego internet, entroncamento com a rede celular, foram relacionadas ao longo do corpo da tese. Essas funcionalidades podem trazer um grau de competitividade adicional às operadoras de serviços telefônicos.

Quanto aos aspectos de custo das soluções propostas, pode-se prever uma redução tanto do custo da comutação como da transmissão, considerando a unidade de interfuncionamento implementada tanto externamente como integrada à central. O custo adicional da unidade de interfuncionamento é compensado pela substituição dos equipamentos multiplex de transmissão PDH e SDH próximos à central e o custo de transmissão em longa distância sobre ATM deve ser vantajoso em virtude da utilização mais eficiente da banda. No caso integrado, a unidade de interfuncionamento substitui os módulos de troncos convencionais. Há ainda uma vantagem significativa, em virtude de não se necessitar mais

centrais trânsito na expansão da rede telefônica. Quanto à central trânsito lógica, sendo implementada numa central existente, não há significativo acréscimo de custo.

Com as soluções propostas nesta tese, acredito ter apresentado uma estratégia consistente e realizável para a evolução da rede trânsito decorrente da esperada expansão da rede telefônica.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Dittberner Associates, Inc. - Project ESS Update 35 Volume 2, "Public Network ATM Switching Systems".
- [2] Dittberner Associates, Inc. - Project ESS Update 35 Volume 1, "Digital Switching Systems".
- [3] PASTE - Programa de Recuperação e Ampliação do Sistema de Telecomunicações e do Sistema Postal - Edição 1997 - Ministério das Comunicações-
<http://www.mc.gov.br/Biblioteca/Publicacoes/paste/default.htm>.
- [4] Budri K., Yamakami A., Qualia E., Tavares H.M.F., Bonatti I.S., Ribeiro R.V., Figueiredo R.J.O., "Planejamento Integrado da Comutação e da Transmissão: Estudo de Caso. Revista Telebrás, Abril 1996.
- [5] Deloddere D., "Evolution of a Narrowband Exchange towards Broadband", ISS'95, P.g1.
- [6] Gard I., Petersen LG., "Supporting STM Traffic with ATM - A Switch Implementation", ISS'95 B1.3.
- [7] Fundneider O., Skaperda N., "Universal ATM Communication Node A Realistic Proposition?", ISS'92, A3.1.
- [8] Underwood D.J., "Using ATM-based Tandem Switches to Consolidate Narrowband Trunking", ISS'97 International Switching Symposium.
- [9] Höller J., "Switched Voice Over ATM with full Value Added Services Support", ISS'97.
- [10] Mauger R., Brueckheimer S., "The Role of ATM in 64 *kbps* Switching and Transmission Networks", ISS'95.
- [11] Orlamuender H., Stuerz H., Krank L., "ATM - More than a Basis for B-ISDN Only", ISS'95.
- [12] Inoue Y., Terada N., Kawarasaki M., Sano K., Koji I., "Granulated Broadband Network Aplicable to B-ISDN and PSTN Services", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 10, No. 9, Dec. 1992.
- [13] I.580 - General arrangements for interworking between B-ISDN and 64 *kbps* based ISDN.
- [14] I.363-1 - B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 1 AAL.
- [15] Q.2110 - B-ISDN ATM Adaptation Layer - Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP).
- [16] Q.2140 - B-ISDN ATM Adaptation Layer - Service Specific Coordination Function for Signaling at the Network-Node Interface (SSCF at NNI).
- [17] Q.2931 - B-ISDN Digital Subscriber Signalling System Nº. 2 (DSS 2) - UNI - Layer 3 Specification for Basic Call/Connection Control.
- [18] I.371 - Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN.
- [19] I.2761-4 - Recomendações da B-ISUP.
- [20] Q.2100 - B-ISDN signalling ATM adaptation layer (SAAL) overview description.

- [21] BTD-VTOA-LLTAAL2-00.03 (Draft) - ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services.
- [22] I.366-1 – Segmentation and Reassembly Service Specific Convergence Sublayer for the AALType 2.
- [23] I.121 - Broadband Aspects of ISDN.
- [24] I.150 - B-ISDN ATM Functional Characteristics.
- [25] I.361 - B-ISDN ATM Layer Specification.
- [26] I.211 - B-ISDN Service Aspects.
- [27] I.311 - B-ISDN General Network.
- [28] I.321 - B-ISDN Protocol Reference Model and its Application.
- [29] I.327 - B-ISDN Functional Architecture - Overall Network Aspects and Functions.
- [30] I.413 - B-ISDN User Network Interface.
- [31] I.432 - B-ISDN User-network Interface- Physical Layer Specification.
- [32] I.610 - B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Functions.
- [33] G.704 - Synchronous Frame Structures Used at 1544, 6312, 2048, 8488 and 44 736 *kbps* Hierarchical Levels.
- [34] af-vtoa-0078.000 - CES Circuit Emulation Service Interoperability Specification –ATM Forum - October 1996.
- [35] af-vtoa-0085.000 - Specifications of (DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization in 64*kbps* Time Slot Trunking over ATM Using CES - July, 1997.
- [36] af-vtoa-0083.000 - Voice and Telephony Over ATM to the Desktop Specification - March 1997.
- [37] af-vtoa-0089.000 - Voice and Telephony Over ATM - ATM Trunking using AAL1 for Narrowband Services Version 1.0 - July, 1997.
- [38] I.363.2 – B-ISDN ATM Adaptation Layer Type 2 Specification.
- [39] Technical Committee WATM – ATM Forum – <http://www.atmforum.com>.
- [40] af-vtoa-0085.000 - Specification of (DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization in 64*kbps* Time Slot Trunking over ATM Using CES - July, 1997.
- [41] STR-VTOA-LLT - 1.12: VTOA – ATM trunking for Narrowband Services – Annex A.
- [42] Contribuição ATM Forum AF97-1045 - VTOA AAL 1 Trunking MIB Requirements
- [43] Documentação de desenvolvimento da Central Trópico RA. Documentação pública: Livro Azul (1988) e Livro Ouro (1998). Documentos CA (Especificação de Características) e DF (Descrição Funcional) dos BS (Blocos de Serviço).
- [44] Q.2130 - B-ISDN ATM Adaptation Layer – Service Specific Coordination Function for Support of Signalling at the User-Network Interface (SSCF at UNI).
- [45] Q.2210 – Message Transfer Part Level 3 Functions and Messages using the Services of Recommendation Q.2140.
- [46] af-nm-0071-000 - AAL Management for the M4 NE View Interface -November 1996.
- [47] Klemz,C.G. e outros, “Descrição Funcional do Sistema Trópico ATM” – Relatório Técnico do Projeto PA SCAD – CPqD – Telebrás, Junho 1996.
- [48] Klemz, C.G, Conceição, M., Santi, A., Duarte, H., Curi, M., Sakomura N., Grael P., “Princípios de RDSI Faixa Larga”, Publicação Técnica do Projeto PA SCAD do CPqD, 1993.
- [49] RFC 1577 – Classical IP and ARP over ATM – January 1994.

- [50] Q.711 – Functional Description of The Signalling Connection Control Part (SCCP).
- [51] Q.712 – Definition and Function of SCCP Messages.

8. ABREVIACÕES

AAL 1	ATM Adaptation Layer Type 1	DBCES	Dynamic Bandwidth Circuit Emulation Service
AAL 2	ATM Adaptation Layer Type 2		
AAL 5	ATM Adaptation Layer Type 5	DBR	Deterministic Bit Rate
ABT	ATM Block Transfer	DPC	Destination Point Code
ABR	Available Bit Rate	DSP	Digital Signal Processor
ACM	Address Complete Message	DSS1	Digital Subscriber Signalling System #1
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	DSS2	Digital Subscriber Signalling System #2
AIS	Alarm Indication Signal	DTMF	Dual Tone Multi-Frequency
ANM	Answer Message	EA	Endereço ATM
ANP	AAL 2 Negotiation Procedure	ERB	Estação Radio Base
ARP	Address Resolution Protocol	F1 – F5	Fluxo de informações de OAM
ATC	ATM Transfer Capability	FEC	Forward Error Correction
ATM	Asynchronous Transfer Mode	GFC	Generic Flow Control
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network	HDLC	High-level Data Link Control
B-ISUP	Broadband ISDN User's Part	HDSL	High Speed Digital Subscriber Line
CAC	Connection Admission Control	HEC	Header Error Control
CAS	Channel Associated Signalling	IAM	Initial Address Message
CBR	Constant Bit Rate	ILMI	Interim Local Management Interface
CCC	Centro de Comutação e Controle	IP	Internet Protocol
CCS	Common Channel Signalling	ISDN	Integrated Services Digital Network
CDV	Cell Delay Variation	ISUP	ISDN User Part
CER	Cell Error Rate	ITU-T	International Telecommunications Union – Telecommunication Sector
CES	Circuit Emulation Service	LAN	Local Area Network
CIC	Channel Identification Code	LAP D	Link Access Procedure D Channel
CID	Channel Identifier	LI	Length Indication
CL	Central Local	LOS	Loss Of Signal
CLP	Cell Loss Priority	MFC	Multi-Frequency Compeled
CLR	Cell Loss Ratio	MIB	Management Information Base
CLT	Central Local Trânsito	MTP	Message Transfer Part
CPqD	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás	NNI	Network Node Interface
CPS	Common Part Sublayer	OAM	Operation, Administration and Maintenance
CRC	Cyclic Redundancy Check	OOF	Out Of Frame
CS	Convergence Sublayer	OSF	Offset Field
CSI	Convergence Sublayer Indication	PASTE	Programa de Recuperação e Ampliação do Sistema de Telecomunicações e do Sistema Postal
CT	Central Trânsito		
CTL	Central Trânsito Lógica	PCM	Pulse Code Modulation

PCR	Peak Cell Rate	SSCF	Service Specific Convergence Function
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	SSCOP	Service Specific Connection Oriented Protocol
PLL	Phase Locked Loop	SSCS	Service Specific Convergence Sublayer
PPP	Point to Point Protocol	S-SOH	Section Overhead
PTI	Payload Type Identifier	SSP	Service Switching Point
PVC	Permanent Virtual Connection	STF	Start Field
Q3	Interface de gerência padrão TMN	STM	Synchronous Transfer Mode
QoS	Quality of Service	STM-1	Synchronous Transport Module 1
RAI	Remote Defect Indication	STM-4	Synchronous Transport Module 4
R-SOH	Regeneration Section Overhead	STP	Signaling Transfer Point
SAAL	Signalling AAL	SVC	Switched Virtual Connection
SAP	Service Access Point	TUP	Telephone User Part
SAR	Segmentation and Reassembly	UI	Unidade de Interfuncionamento
SBR	Statistical Bit Rate	UNI	User Network Interface
SCCP	Signaling Connection Control Protocol	UNI	User Network Interface
SCP	Service Control Point	UPC	Usage Parameter Control
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	UUI	User to User Indication
SDT	Structured Data Transport	VC	Virtual Channel
SDU	Service Data Unit	VCC	Virtual Channel Connection
SE	Segundo Errado	VCCI	Virtual Channel Connection Identifier
SSE	Segundo Severamente Errado	VCI	Virtual Channel Identifier
SN	Sequence Number	VP	Virtual Path
SNC	Sequence Number Count	VPC	Virtual Path Connection
SNP	Sequence Number Protection	VPCI	Virtual Path Connection Identifier
SPVC	Soft PVC	VPI	Virtual Path Identifier
SRTS	Synchronous Residual Time Stamp		

APÊNDICE

UNIDADE DE INTERFUNCIONAMENTO INTEGRADA

Neste apêndice é apresentada uma proposta de arquitetura da unidade de interfuncionamento integrada na central Trópico RA do CPqD-Telebrás. Uma breve descrição das funções da central é apresentada com o objetivo de situar as funções da *UI*. Diversas aplicações potenciais da *UI* são apresentadas.

A.1 Visão geral do Trópico RA

A central Trópico RA é uma central de comutação com estrutura modular e controle distribuído, para aplicações como central local ou trânsito em redes públicas de telefonia e ISDN.

Os principais elementos construtivos da central são os módulos e suas interfaces internas e externas. Os módulos são interligados pela matriz de comutação de circuitos e por uma rede de comunicação entre processadores. Cada módulo possui uma função específica, implementada por um conjunto de placas e programas software.

Visão hardware

A central é constituída a partir dos seguintes módulos, mostrados na Figura A-1.

O módulo MX (Módulo de Comutação) incorpora as funções básicas de comutação de sinais de voz digitalizados a 64 *kbits*. A matriz de comutação da central é composta por um conjunto desses módulos, cujo número depende da capacidade da central. São organizados em 4 planos com divisão de carga, oferecendo escalabilidade e tolerância a falhas. Os módulos MT (Módulos de Terminais) realizam, através de especialização HW e SW, a interconexão tanto com a rede de acesso, tratando todo tipo de interface de assinante, como com a rede de entroncamentos com diversos tipos de sinalizações. O MT possui uma parte comum a todas as aplicações, e uma parte configurável para o tipo de interface tratado. O módulo MC (Módulo de Canal Comum) realiza a interface com a rede de sinalização por canal comum, implementando os protocolos até o nível 3. O módulo MA (Módulo Auxiliar) é um módulo equipado apenas com processador e opcionalmente periféricos, realizando funções relativas ao processamento de chamadas. O número desses módulos, que trabalham em partição de carga, depende da capacidade da central. O módulo MO (Módulo de Operação e Manutenção) é

responsável pela supervisão, operação e manutenção da central, e pela interface com o operador. O módulo MZ (Módulo de Sinalização entre processadores) é responsável pelo controle da rede local de comunicação entre os processadores dos módulos. O módulo MS é responsável pelo controle e pela distribuição de sincronismo na central.

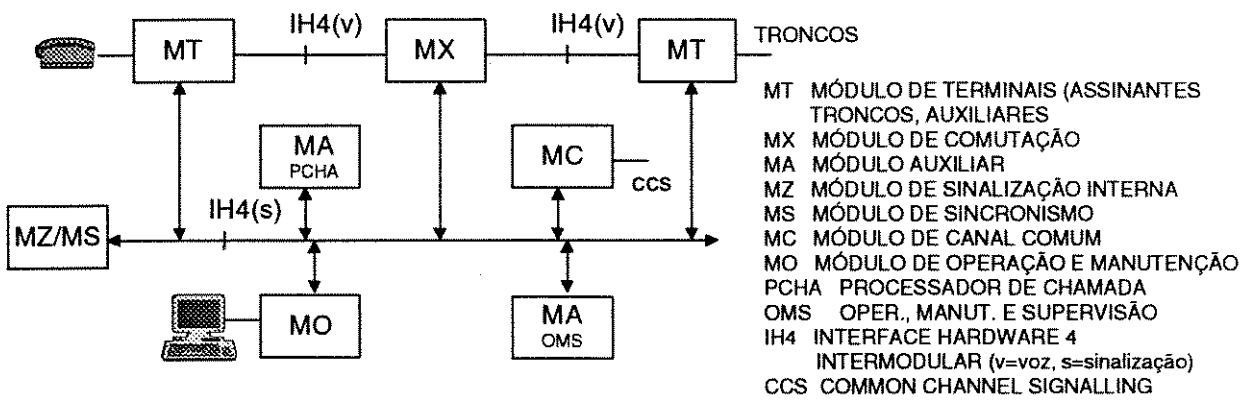


Figura A-1 Módulos hardware da central telefônica

Visão funcional

A Figura A-2 mostra um diagrama funcional do blocos envolvidos no processamento de chamadas. Os blocos envolvidos em outras funções não são mostrados. O significados das siglas é mostrado na própria figura.

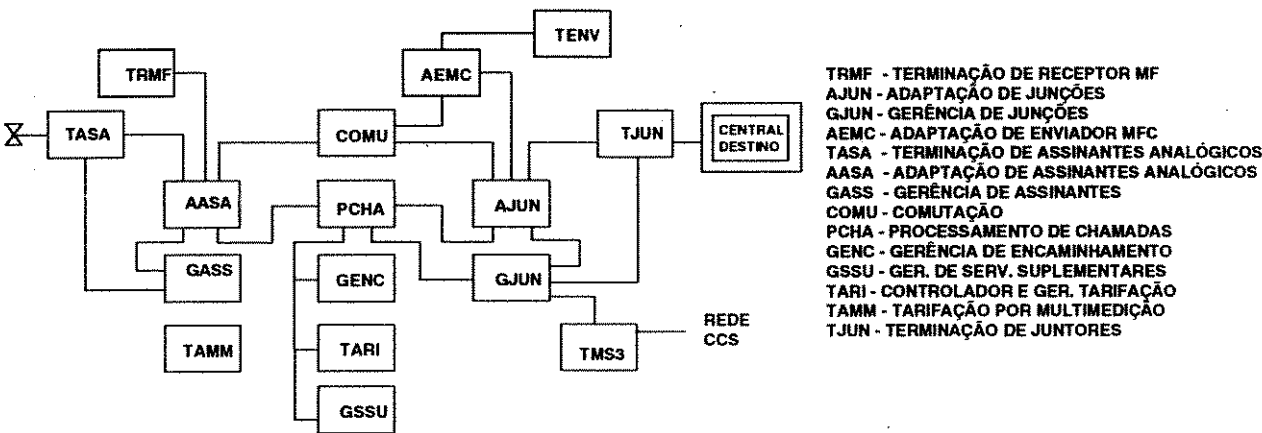


Figura A-2 Blocos funcionais envolvidos no processamento de chamadas

Os blocos centrais são responsáveis pelas funções de encaminhamento de chamadas da central, compostas pela comutação (COMU), pelo processamento de chamadas (PCHA), pelo gerenciamento e controle do encaminhamento (GENC), pela gerência de tarifação (TARI) e

pela gerência dos serviços suplementares (GSSU). As funções periféricas são relativas às interfaces com assinantes e troncos. A terminação de assinantes (TASA) é responsável pelo controle das interfaces físicas de assinantes. O bloco de adaptação de assinantes (AASA) converte a sinalização telefônica de assinantes num interface padrão interna com o processador de chamadas, e solicita o estabelecimento da conexão interna à comutação. O gerenciador de assinantes (GASS) armazena os dados dos assinantes, suas características e serviços habilitados. O bloco de gerência de tarifação registra os dados de tarifação das chamadas. O bloco TRMF é um bloco auxiliar que realiza a recepção da sinalização multi-frequencial das linhas de assinantes. Do lado da rede, a terminação de (junções) troncos (TJUN) é responsável pelo controle de interfaces físicas de troncos digitais ou analógicos, cuja sinalização é tratada e convertida para a interface interna do processador de chamadas pelo bloco de adaptação de juntores (AJUN). No processo de encaminhamento, o gerenciador de (juntres) troncos (GJUN) é responsável pela seleção do tronco apropriado para encaminhar uma chamada. A transmissão e recepção de sinais MFC da sinalização R2 são implementadas pelos blocos de adaptação e terminação MFC (TRMF e AEMC). Quando é utilizada a sinalização CCS, esta é implementada pelo bloco de terminação de mensagens de sinalização (TMSS).

A.2 Arquitetura da unidade de interfuncionamento

Plataforma de interfuncionamento

A proposta da integração da unidade de interfuncionamento na central consiste na criação de um novo módulo, derivado do módulo de terminais, com interface externa ATM, e de dois novos blocos funcionais, o *adaptador de interfuncionamento* derivado do adaptador de juntores e a *terminação de interfuncionamento*, implementando as funções básicas da UI.

As funcionalidades da UI são mapeadas na central de tal modo que as funções telefônicas envolvidas no processo de encaminhamento sejam executadas pelas funções existentes na central, com as adaptações necessárias analisadas neste apêndice. As funções relativas aos entroncamentos ATM são acopladas à central do mesmo modo que os demais adaptadores e terminações.

A Figura A-3, derivada da Figura 5-3, mostra estes dois conjuntos de funções. A parte sombreada é implementada pelas funções existentes na central.

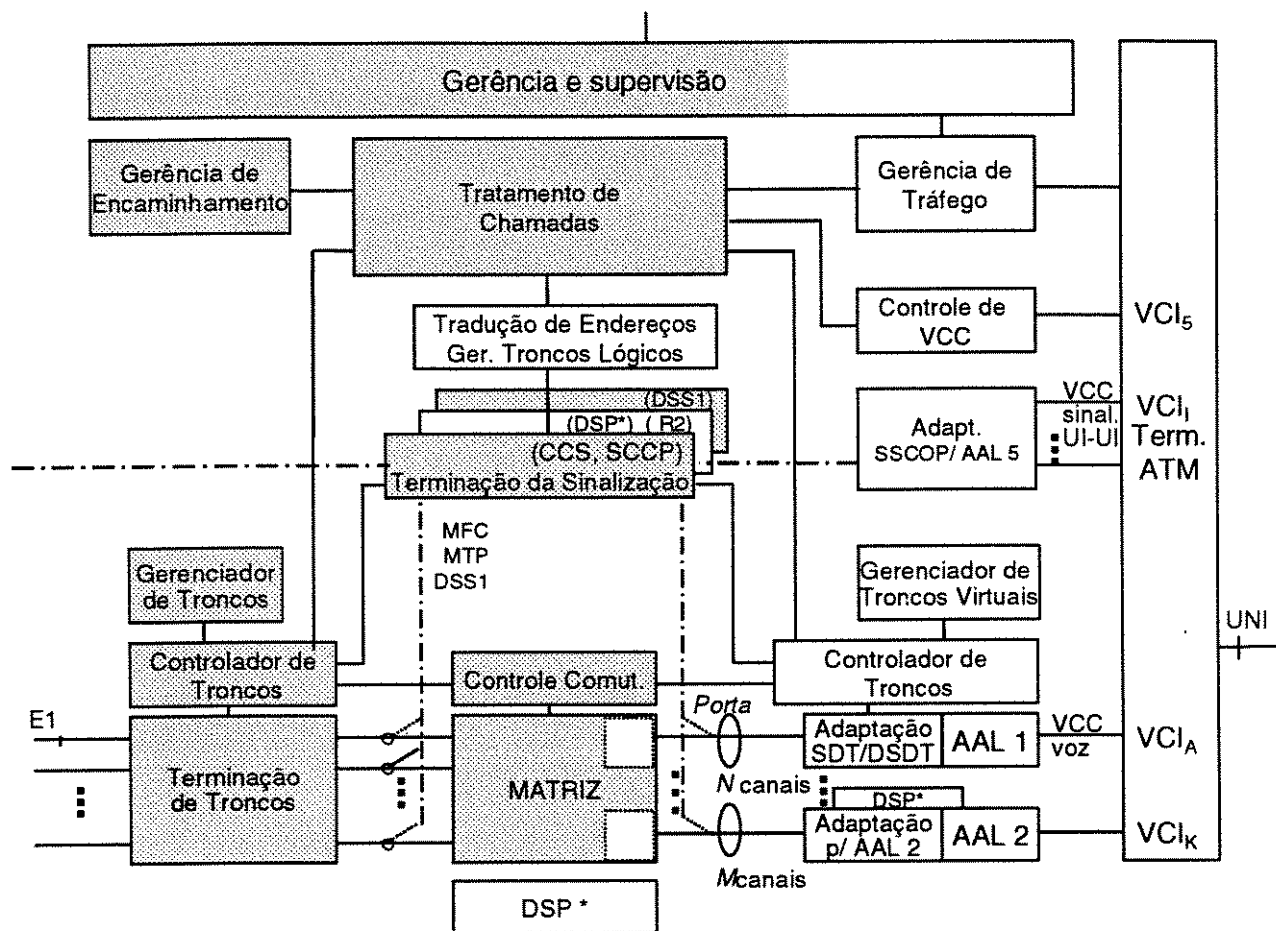


Figura A-3 Mapeamento das funções da UI nas funções da central e as novas funções adicionadas

Impactos na arquitetura da central

São analisados alguns aspectos de concepção da UI que requerem uma análise em relação à arquitetura de HW e SW da central:

- o estabelecimento dinâmico de recursos de rede;
- a capacidade da UI;
- as novas funções e protocolos.

1. Estabelecimento dinâmico de recursos de rede

A arquitetura da central telefônica, leva em consideração que a configuração dos recursos de rede, como rotas, troncos, sistemas de transmissão e enlaces de sinalização por canal comum, são estáticos em relação ao tempo de chamada. Isto é, são configurados em tempo de planejamento da rede e são criados, ativados, ou tem seus estados alterados, pelo operador em situações de falhas, reconfiguração ou expansão. As bases de dados são mantidas de modo centralizado, nas funções do módulo OM e os dados mais consultados no processo de encaminhamento de chamadas são distribuídos para processadores periféricos.

As duas funções mais diretamente envolvidas no entroncamento ATM são os gerenciadores de juntores (troncos) e de encaminhamento (rotas). O gerenciador de juntores é em parte implementado no módulo OM (GEJUN), onde presta serviços de gerência ao operador (comandos para a criação, interrogação de dados, modificação de estados, etc.), e em parte distribuído nos diversos módulos de troncos (CISUP) onde presta serviços de informações dos recursos de troncos disponíveis para a seleção do tronco mais apropriado no processo de encaminhamento de chamadas. O gerenciador de encaminhamento também é implementado em parte no módulo OM, onde o operador administra os dados de encaminhamento através de comandos de operação da central, e em parte nos processadores de chamadas para onde são distribuídas diversas tabelas utilizadas no processo de encaminhamento de chamadas (CONEC).

A introdução de recursos de rede dinâmicos, como as rotas e grupos de troncos estabelecidos sob demanda, requer operações de alteração dessas bases de dados dos recursos, em tempo de estabelecimento de chamadas. Isto causa impactos na arquitetura da central tanto em termos de desempenho como em termos de estrutura das bases de dados. Um grande número de verificações de consistência são realizados sobre os comandos que interagem com as bases de dados centralizadas, e as atualizações (tabelas) são distribuídas a grande número de processadores periféricos. Consequentemente, uma pequena alteração de recursos desencadeia um pesado processamento e um processo de atualização de bases de dados distribuídas.

Uma solução para o problema de excessiva atualização das bases de dados e que minimize as modificações nos gerenciadores atuais, é dividir os recursos de entroncamento em recursos lógicos e físicos, dividindo a cadeia que atualmente identifica completamente os troncos, composta por rota, grupo de troncos, subgrupo de troncos, tronco e número de equipamento (módulo, placa, interface, canal) em duas partes. A parte lógica são os grupos de troncos lógicos. A parte física são os troncos dinamicamente associados ao grupo.

Quando a central é configurada, criado-se rotas sobre entroncamentos ATM, um super-conjunto de grupos de troncos lógicos são criados de forma estática atribuindo-se um identificador lógico aos grupos de tronco. Os número dos troncos e de equipamento, como a parte física dessa cadeia, passam a ser atribuídos e controlados de forma distribuída pelas funções da UI. Os novos blocos *adaptador de interfuncionamento* e *terminação de interfuncionamento* (implementando o *gerenciador de troncos virtuais* juntamente com o *controlador de VCCs* e o *gerenciador de tráfego* do modelo funcional da Figura A-3) gerenciam a associação entre o identificador lógico do grupo de troncos e os troncos quando estes são estabelecidos e desestabelecidos. O gerenciador de juntores centralizado terá que ser

adaptado para esta proposta. A mesma estratégia pode ser adotada para o gerenciamento de dados de encaminhamento.

A criação de recursos lógicos também é uma solução apropriada para os entroncamentos com uma central trânsito lógica, que não requer troncos físicos, e para a configuração da própria central como uma central trânsito lógica.

Esta proposta tem impacto sobre diversas outras funções de operação e manutenção da central, não analisadas, como estatísticas de tráfego nas rotas, o controle de sobrecarga, o gerenciamento de diversos planos de encaminhamento, procedimentos de supervisão e manutenção de falhas, e outras.

2. Capacidade da *UI*

As interfaces padronizadas internas do Trópico são estruturadas em grupos de canais em número múltiplo de 32. Atualmente, a interface entre um módulo de terminais e a matriz de comutação suporta até 512 canais 64 *kbps*, que, adaptados para ATM, podem ser transportados num enlace de 34 *Mbps*.

Uma alternativa para agregar o tráfego da central em interfaces de mais alta taxa, como STM-1 ou STM-16, é implementar uma função adicional de multiplexador ATM no módulo *UI*, que multiplexa as interfaces de saída de outros módulos *UIs*. Esta solução permite agregar não apenas tráfego de voz, mas também de outras aplicações de interfuncionamento.

Outra alternativa seria implementar o módulo de interfuncionamento ao nível da matriz de comutação, em paralelo com os MX, tendo acesso a todos os canais comutados por um plano, o que possibilita enlaces com grande número de troncos. Essa alternativa, por outro lado, traz grande impacto na arquitetura do software da central.

3. Novas funções e protocolos.

As novas funções introduzidas pela *UI* podem ser implementadas no novo módulo físico que implementa a *UI*. As funções de comunicação com o servidor de tradução de endereços e com a central trânsito lógica, utilizam enlaces de sinalização existentes implementados em módulos MC. Os protocolos acima da camada MTP 3 são implementadas na *UI*, mantendo a atual arquitetura de sinalização por canal comum. As funções de estabelecimento de chamadas na rede ATM, como a sinalização ATM e a supervisão das conexões, e as funções de controle de tráfego são também implementadas no módulo físico *UI*.

A central trânsito lógica pode ser implementada criando-se recursos e alocando-se um ou mais módulos de terminais sem interfaces físicas de troncos, para abrigar o processamento das funções telefônicas semelhantes às de troncos físicos normais. Uma outra alternativa é criar um processador virtual, mapeando-se diversos controladores de terminais (ou instâncias de

processador) em um módulo com maior capacidade de processamento, do tipo MA. As alterações concentram-se no software básico.

Arquitetura hardware

A arquitetura de hardware proposta para a *UI* é derivada de um módulo de terminais (trancos), no qual as funções de interfuncionamento substituem as interface de linha ou trancos digitais E1.

É proposta uma arquitetura para uma unidade de interfuncionamento multi-aplicações, na qual se considera que os canais a 64 *kbps* comutados pela matriz transportam em geral dois tipos de informações:

- sinais analógicos digitalizados, como voz, sinalização multi-freqüencial, sinais de modems, etc.;
- dados digitais, utilizando o protocolo de enlace HDLC, como PPP, Frame Relay, X.25, V.120, etc.

Estes tipos de informações requerem as adaptações dos tipos AAL 1, AAL 2 e AAL 5.

A arquitetura do módulo de interfuncionamento, implementando o entroncamento ATM e diversas outras aplicações de forma modular, é mostrada na Figura A-4.

As partes comuns a todos os módulos terminais são o controlador integrado de terminais (CIT) e o controlador de circuitos em módulos terminais (CCT). O CIT é responsável pelo controle do módulo e pelas funções telefônicas, como o controle dos trancos, a sinalização telefônica e o controle da comutação local ao módulo. O CCT é responsável pela comutação entre canais das interfaces entre módulos (IH4) e as interfaces internas ao módulo (IH1).

As partes específicas da *UI* possuem interface com os controladores do módulo através da interface IH1. A unidade de *adaptação* contém os componentes para as diversas AALs. A unidade de *terminação* ATM implementa as funções da camada ATM e da camadas física, incluindo funções de controle de tráfego de células. O software de interfuncionamento é implementado no *processador*. Este processador se comunica com o controlador do módulo para executar funções telefônicas e integrar as funções de operação e manutenção com as funções de OM da central. O banco de DSP é um conjunto de *processadores digitais de sinais* programáveis para executar diversas funções. Na aplicação de entroncamento telefônico utilizando a AAL 2, os DSPs realizam a compressão dos sinais de voz PCM a 64 *kbps* implementando um dos algoritmos de compressão recomendados para esta aplicação. Outras aplicações do banco de DSPs são a implementação de modems e a sinalização MFC da sinalização R2. Os controladores HDLC são utilizados para terminar canais circuito a 64 *kbps*

que transportam dados que utilizam o protocolo HDLC, nas aplicações de interfuncionamento com redes de dados e com a Internet. A interface denominada IH4 interliga o módulo à matriz e a interface IH1 distribui os canais 64 *kbps* dentro do módulo.

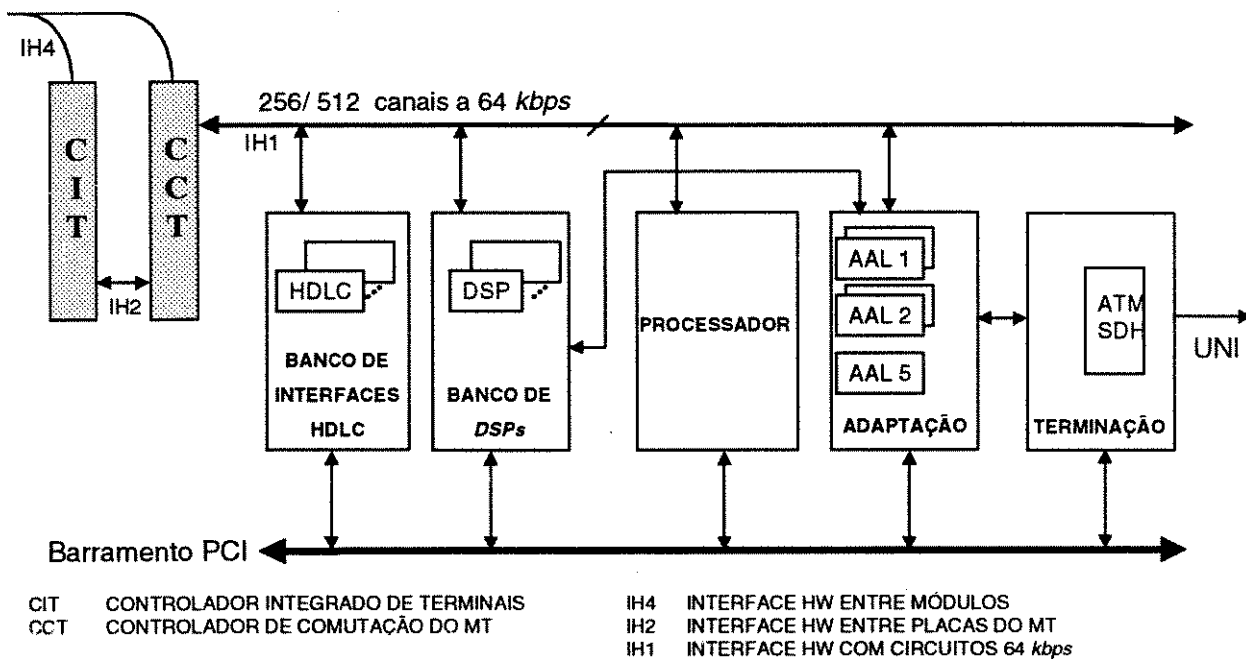


Figura A-4 Arquitetura de hardware da central telefônica

Arquitetura software

A arquitetura de software da unidade de interfuncionamento é mostrada na Figura A-5.

O controlador comum do módulo, CIT, abrigará o controlador de troncos atual (CISUP no caso de troncos com sinalização CCS ISUP), modificado para controlar troncos lógicos e para se comunicar com o gerenciador de troncos lógicos (o gerenciador de juntores modificado) centralizado no módulo OM. O controlador de encaminhamento também é modificado para refletir a existência de rotas lógicas e dinâmicas. Dois novos programas são incorporados neste processador, os controladores de protocolo com a central trânsito lógica (CPCTL) e com o servidor de tradução de endereços (CPSTE).

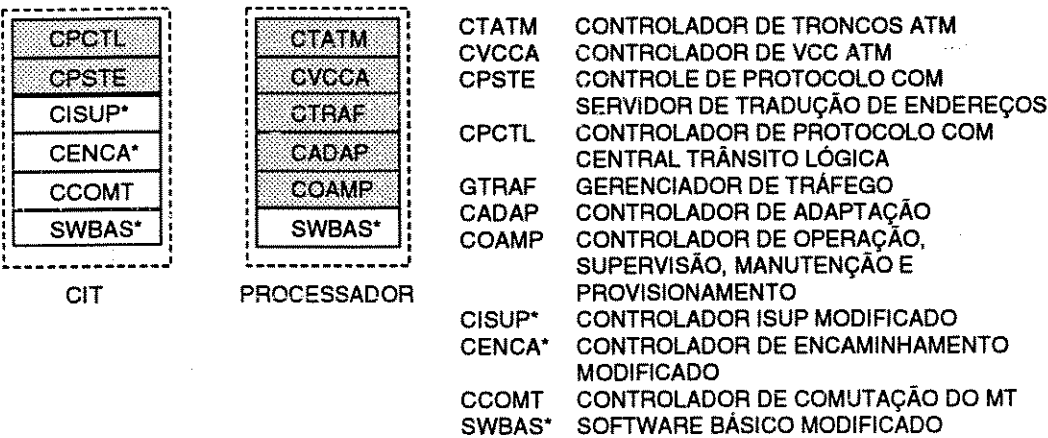


Figura A-5 Estrutura de software do módulo UI

O processador da UI abrigará os demais programas específicos do interfuncionamento, incluindo o controle dos recursos dinâmicos. O controlador de troncos ATM (CTATM) controla os grupos e troncos virtuais, associados aos troncos lógicos gerenciados pelo controlador de troncos ISUP modificado (CISUP*), estabelecendo também a associação dos troncos com o VCC de transporte de sinalização entre UIs. O controlador de VCCs ATM (CVCCA) estabelece os circuitos virtuais ATM implementando a sinalização ATM. O gerenciador de tráfego (GTRAF) realiza as medições e a modelagem do tráfego em cada VCC, realimentando o controlador de troncos ATM e as funções de gerência da UI (COAMP). O controlador de adaptação (CADAP) é responsável pela configuração das funções de adaptação para os modos específicos de operação do entroncamento (AAL 1, AAL 2) e controla também a operação dos DSP e dos controladores HDLC.

A.3 Aplicações da plataforma de interfuncionamento

A plataforma de hardware mostrada na Figura A-4, configurada com software apropriado, pode ser utilizada para realizar uma variedade de interfuncionamentos de serviços que utilizam o acesso da rede telefônica ou que se entroncam com a rede telefônica. Algumas aplicações potenciais para a plataforma de interfuncionamento são mostradas na Figura A-6.

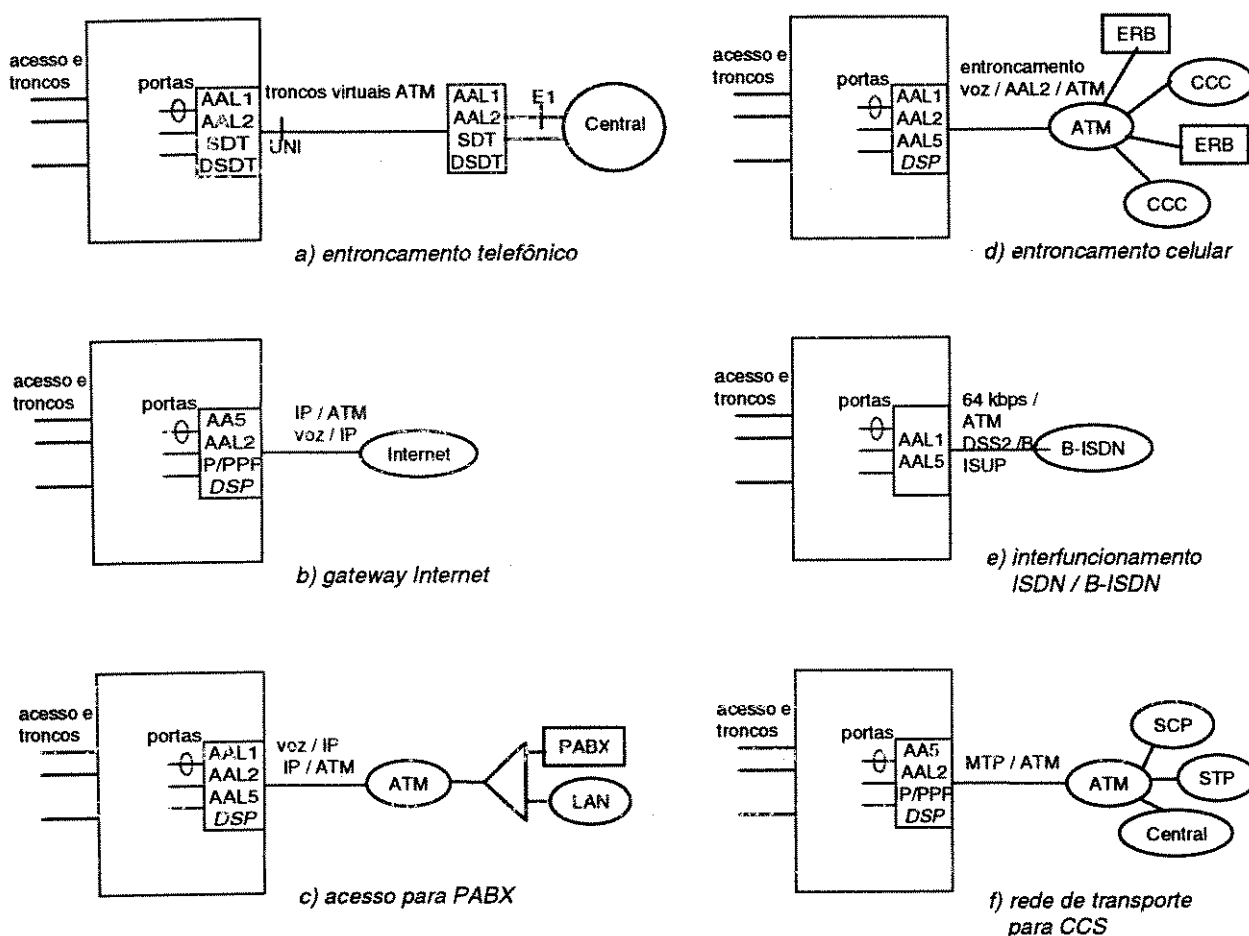


Figura A-6 Múltiplas aplicações da plataforma de interfuncionamento integrada

Os exemplos a) a f) da Figura A-6 são:

a) Entroncamento telefônico

Esta aplicação, exemplificada como aplicação 1) na Figura A-6, foi descrita no corpo desta tese.

b) Gateway para a rede Internet e para interfuncionamento de voz sobre IP

Uma das aplicações básicas do *gateway* é multiplexar o tráfego estatístico típico de chamadas à Internet, utilizando uma rede de dados para encaminhá-lo a roteadores, ISP e computadores empresariais. O objetivo é reduzir o tráfego internet na rede trânsito, devido às características de tráfego dessas chamadas (longa duração), para a qual a rede não foi dimensionada.

Outra aplicação é implementar a terminação de seções de voz sobre IP, encaminhando chamadas de voz entre terminais da rede telefônica e terminais na Internet. Além das funções de transporte, sinalização e controle de chamadas da *UI* descrita, são necessárias funções específicas dessa aplicação relativas à operação e gerência do serviço.

c) Rede de acesso para PABX

Esta aplicação é semelhante à de entroncamento telefônico, entretanto utilizando a sinalização DSS1 de interfaces primárias e os procedimentos de encaminhamento de chamadas para PABX.

d) Entroncamento ATM na rede celular

Esta é uma aplicação viabilizada pela AAL2 e intensamente explorada atualmente tanto pela indústria como pela padronização [39][21].

e) Interfuncionamento de serviços ISDN / B-ISDN

O interfuncionamento de serviços entre a ISDN e B-ISDN permite que um usuário da rede telefônica ou ISDN faça uma chamada para um terminal da B-ISDN e vice-versa. Requer a tradução entre as sinalizações ISUP para B-ISUP.

f) Rede de transporte para CCS

Esta aplicação é a implementação de uma rede de transporte das mensagens de sinalização CCS através da rede ATM, constituindo uma rede sobreposta. A unidade de interfuncionamento realiza a adaptação das mensagens para ATM utilizando a AAL 5 e o protocolo SSCOP.