

USO DO FDDI E SONET EM UMA IMPLEMENTAÇÃO DE COMUTAÇÃO DIGITAL DISTRIBUÍDA (CDD)

Paulo M. C. Pessoa Victor Valenzuela
FTPT (CPqD-Telebrás) CPqD-Telebrás
Rodovia Campinas/Mogi-Mirim Km 118
Caixa postal 1579 CEP 13085
bbpessoa@orion.CPqD.ansp.br

Abstract

The DDS (Distributed Digital Switching) Project has the goal of develop a system that through the geographical distribution of its switching functions, allows decrease the cost of the telephone Network. The basic concept of DDS is the distribution of the Telephone Exchange functions through a fiber optic ring. To chose the adequate access method for the DDS, FDDI-II was studied. This paper analyses the utilization of FDDI and SONET transmission on DDS. At first, a description of DDS, FDDI and SONET is made, and then the proposal of implementation is presented.

Resumo

O projeto CDD (Comutação Digital Distribuída) tem como objetivo desenvolver um equipamento que através da distribuição geográfica da comutação permita reduzir o custo das redes telefônicas primárias e secundárias. Para tal, as funções de uma central telefônica são distribuídas em um anel óptico. A escolha do método de acesso a este anel levou ao estudo do protocolo FDDI-II. Este trabalho faz uma análise do protocolo de acesso FDDI ("Fiber Distributed Data Interface") e do SONET ("Synchronous Optical Network") como meio de transmissão no CDD. Inicialmente é feita uma descrição do CDD, seguida do FDDI-II e do SONET, e em seguida é analisada a proposta de implementação no CDD.

1 - INTRODUÇÃO

O projeto CDD (Comutação Digital Distribuída) é um projeto de pesquisa aplicada que se encontra em desenvolvimento no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento-CPqD da Telebrás. O projeto tem como objetivo levar a eletrônica, e portanto as funções

telefônicas, mais perto do usuário, permitindo reduzir os custos das redes telefônicas. Hoje, estes custos contribuem com cerca de 50 % dos investimentos das empresas operadoras de telecomunicações.

A idéia do CDD é distribuir as funções de uma central telefônica em um anel óptico, substituindo assim a estrutura da rede telefônica primária, que hoje apresenta uma topologia tipo estrela. Aos nós do anel poderão ser conectados diversos tipos de terminais, tais como : assinantes, outras centrais telefônicas, concentradores de linha de assinante, etc.

A implementação do anel óptico levou ao estudo do protocolo FDDI ("Fiber Distributed Data Interface")[1] e do SONET("Synchronous Optical NETwork")[2], como propostas de implementação do método de acesso e da transmissão respectivamente.

O FDDI vem sendo desenvolvido pela ANSI ("American National Standards Institute") no ASC("Accredited Standard Committee") X3T9 e inicialmente foi proposto como uma rede de comutação de pacotes. Entre as aplicações iniciais do FDDI encontram-se: a interligação entre as CPU's e os periféricos de um computador de grande porte; e "backbone" de redes locais de baixa velocidade. Com o objetivo de expandir suas aplicações surgiu o FDDI-II, que adiciona ao FDDI básico o tratamento de tráfego isócrono por comutação de circuito, e propõe um mapeamento físico sobre o SONET.

O SONET, por sua vez, foi proposto inicialmente pela BELLCORE("Bell Communication Research") e hoje está padronizado pela ANSI como padrão de transmissão para meios ópticos.

Além disto a ANSI estuda uma nova proposta de padronização do FDDI, denominada FFOL("FDDI Follow-on LAN") [3], compatível com o SONET e ATM/BISDN.

O Objetivo deste trabalho é, justamente, avaliar a possibilidade da aplicação do FDDI-II e do SONET no projeto CDD. Para tal, na seção 2 será feita uma descrição do projeto CDD, já na seção 3 o FDDI é analisado a nível de arquitetura, topologia, formato de ciclo e operação. Na seção 4 é apresentada a interconexão das redes FDDI via fibra óptica mono-modo e via SONET. Na seção 5 analisa-se a aplicação do FDDI e do SONET sobre o CDD. Finalmente, na seção 6, apresenta-se as conclusões da proposta CDD FDDI/SONET.

2 - O PROJETO CDD

O CDD é um sistema de comutação distribuída através de unidades de derivação e comutação (UDC), interligadas em anel através de fibras ópticas, figura 1. A UDC implementa o acesso ao anel, efetuando a comutação por circuito para voz e por pacote para a sinalização e mensagens entre processadores do sistema. Associada a cada UDC existe um NAT (Nó de Acesso aos Terminais) cujas funções são agrupadas em módulos funcionais: MT (módulo de terminais); MSX (módulo de sinalização e comutação local); MO&M (módulo de operação e manutenção) etc.

A divisão de funções entre módulos, (módulo de terminais MT, módulo de operação e manutenção MO&M, etc), segue a mesma filosofia utilizada no projeto TRÓPICO. O TRÓPICO é um sistema multi-aplicações de comutação, desenvolvido no CPqD-Telebrás [4]. Uma das aplicações do sistema é a central telefônica de médio e grande porte TRÓPICO-RA, que se encontra em operação comercial desde setembro de 1991. O objetivo é aproveitar ao máximo o hardware e software já existentes do TRÓPICO para a implementação do CDD [5].

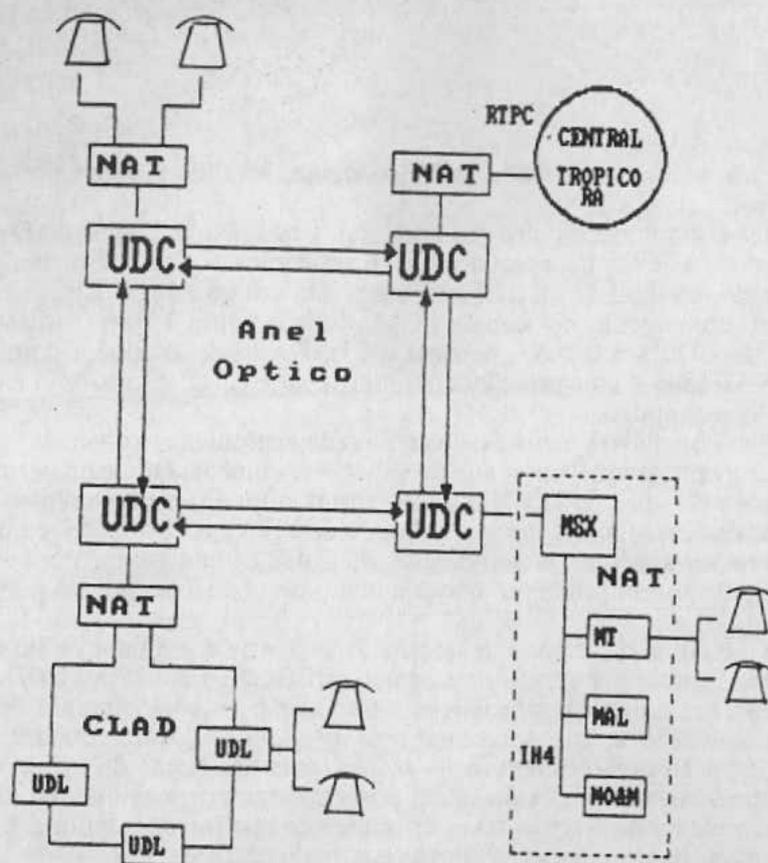


Figura 1 Nós do Anel Óptico

Os módulos são agregados em grupos de módulos, que se conectam, cada um, a um barramento específico. O acesso aos barramentos é definido e implementado por uma interface semelhante à interface intermodular das centrais TRÓPICO-RA, denominada de IH4 [6]. Isto permite a utilização de módulos aplicativos, muito semelhantes, tanto no hardware como no software, aos do TRÓPICO-RA. As várias IH4 do NAT se conectam a um bloco que realiza as funções locais de comutação de voz e sincronismo (MSX). No TRÓPICO, estas funções são realizadas para todas as IH4 do sistema, de forma geograficamente centralizada em módulos de comutação MX, sinalização MZ e sincronismo MS. No CDD as funções de comutação e sincronismo são distribuídas no anel óptico e suas UDC's e NAT's.

Cada NAT funciona na realidade como uma mini-central telefônica, pois havendo conexão entre usuários do mesmo NAT, a comutação ocorre no MSX local, não havendo acesso ao anel. Caso a conexão seja entre usuários de NAT's diferentes, a comutação é efetuada pelo método de acesso implementado pela UDC. Desta forma através do anel existirá um fluxo grande de informações entre os processadores dos módulos dos NAT's, além dos sinais de voz e sinalização.

Está previsto a existência de alguns NAT's que executem funções específicas e centralizadas, tais como tarifação, operação e manutenção. Neste caso a UDC correspondente deve apresentar funções para o monitoramento e controle de falhas nos enlaces e no acesso ao meio.

O anel óptico pode ser conectado, via NAT's específicos, a centrais telefônicas e através delas à Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC). Através de um tipo específico de MT, pode ser acoplado um Concentrador de Linha de Assinante Distribuído (CLAD). O CLAD faz também parte do projeto CDD e está em fase de implementação no CPqD [7].

Através dele, a rede secundária será também reduzida, levando a eletrônica ainda mais próxima do usuário.

O CLAD é um concentrador em anel, cujos nós são Unidades de Derivação de Linha (UDL), com capacidade para atender até 16 assinantes, figura 1. No anel pode haver até 32 UDL's, dando um total de até 512 assinantes em um raio de 32 Km. A estrutura do anel é dividida sincronamente em canais PCM, onde o canal 16 será utilizado para a sinalização entre as UDL's e o NAT, ao qual o CLAD está acoplado. A comutação será centralizada no NAT caso a conversação seja interna ao CLAD, e caso seja externa, será efetuada através do anel óptico.

Devido ao objetivo de reduzir o custo da rede telefônica em diversas aplicações, o CDD deve atender a uma grande variedade de situações, influenciando na determinação das possíveis dimensões do anel óptico. Em zonas rurais o anel deve apresentar dimensões grandes, (centenas de Km's), com número reduzido de assinantes por NAT. Já nos grandes centros, as dimensões são menores (dezenas de Km's), com maior concentração de assinante. Foi estipulado, em princípio, que o número de assinantes por nó pode variar de 500 a 3000.

Quanto à escolha do método de acesso do anel, este é um fator muito importante, pois, o mesmo, deve apresentar características que satisfaçam à aplicação CDD. O método deve apresentar as seguintes características : permitir o estabelecimento de conexões síncronas para a comutação de voz; apresentar uma estrutura de quadro com duração de 125 μ seg; apresentar uma alocação dinâmica da banda, pois nas horas de maior movimento (HMM) mais recursos devem ser realocados; possuir características distribuídas, sendo a supervisão centralizada e satisfazer às taxas de tráfego de voz (modo circuito), sinalização e troca de mensagens entre processadores (ambas em modo pacote).

Na seção 3 é feita uma descrição do FDDI como proposta de método de acesso, e na seção 5, será apresentada a aplicação do FDDI e SONET sobre o CDD.

3 – FDDI

3.1 Arquitetura das Estações

A arquitetura de uma estação FDDI é composta de sete entidades funcionais, figura 2, cada uma representando um padrão, desenvolvido segundo o modelo de referência OSI correspondente aos níveis físicos e de enlace.

O FDDI básico consiste nos quatro padrões seguintes : PMD – “Physical Layer Medium Protocol” especifica o enlace com fibras ópticas e relaciona os componentes ópticos [8]; PHY – “PHYSical Layer Protocol” inclui serviços de interfaces com a camada MAC e define a codificação/decodificação, “clock” e “data framing”[9]; P-MAC – “Packet-Media Access Control” descreve o acesso ao meio, endereçamento, checagem de dados e geração/recuperação de quadro [10] e SMT – “Station Management” especifica as configurações das estações FDDI e do anel, e o controle requerido para operações próprias das estações no anel FDDI.

Ampliando o raio de ação do FDDI, a ANSI propôs os seguintes módulos funcionais : SMF-PMD – “Single Mode Fiber” versão do padrão PMD, fornece uma alternativa para o PMD básico, via fibra óptica mono-modo, aumentando os enlaces de 2 Km para 60 Km de comprimento; SPM – “SONET Physical Mapping” fornece um transporte para FDDI sobre as facilidades comuns ao SONET STS-3; HRC – “Hybrid Ring Control” especifica uma versão do FDDI, conhecido como FDDI-II, que adiciona a

capacidade do serviço de comutação de circuito ao FDDI básico, criando assim uma rede na qual é possível transportar voz, dados e imagem [11].

O HRC é dividido em dois blocos funcionais: o H-MUX, que multiplexa e demultiplexa as informações isócronas e os pacotes de dados; e a I-MAC, responsável pelo mapeamento do tráfego isócrono sobre as devidas aplicações.

As aplicações isócronas não são definidas pela ANSI. Esta no entanto, propõe a existência de um bloco funcional chamado CS-MUX "Circuit Switching Multiplexer", cuja função é possibilitar a multiplexação de várias aplicações isócronas sobre um mesmo canal do ciclo FDDI.

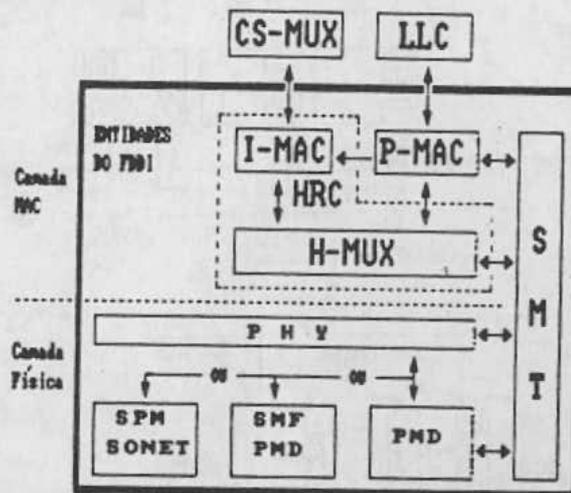


Figura 2 Arquitetura dos nós FDDI

3.2 Topologia e Formato de Ciclo

Quanto à topologia, o FDDI é um anel duplo onde em determinados nós da rede podem estar alocadas outras estações, em uma estrutura em árvore. Na figura 3 tem-se representada a topologia referida, onde fica evidente a existência de tipos diferentes de estações na rede.

O FDDI define um concentrador e duas classes de estações: estações concentradoras, possuem duas portas que são utilizadas para a ligação com o anel e portas que são utilizadas nos enlaces com estações escravas; a classe DAS ("Dual Attachment Station") apresenta duas portas de acesso ligadas, ou não, diretamente ao anel tronco, além de uma ou mais entidades MAC; finalmente a classe SAS ("Single Attachment Station") corresponde as estações escravas, que fazem parte logicamente do anel, apesar de estarem fisicamente isoladas pelo concentrador.

O FDDI-II emprega uma estrutura de ciclo para controlar a multiplexação dos pacotes e dados isócronos no mesmo anel. Esta estrutura se repete a cada 125 μ seg. A figura 4 mostra o formato do ciclo e do cabeçalho. No cabeçalho, o campo de preâmbulo (PA) (5 símbolos "Idle") é responsável pela manutenção do sincronismo de "clock" entre os quadros. O C1 e C2 (Controle de Ciclo) servem para distinguir ciclos FDDI-II de quadros do FDDI básico. O campo de sequência de ciclo (SC) representa uma sequência de ciclo ou uma classificação de estação monitora.

Os 16 símbolos de informações de programação (P0-P15) determinam se um canal escolhido (C0-C15) está alocado para tráfego isócrono ou não. Assim, Pn controla a multiplexação do canal Cn, figura 4. Cada canal C alocado para dados isócronos pode ser

O campo Grupo Dedicado de Pacote (GDP) fornece uma garantia mínima de largura de banda de 768 Kbps (12 bytes por ciclo) para pacotes de dados, caso todos os Cn's sejam alocados para serviços isócronos.

Sobre os canais alocados para dados e o GDP, circulam o "token" e os quadros da P-MAC, conforme as referências [10,12]. Na realidade para a P-MAC todos os canais de dados funcionam como um canal único, onde os quadros são repartidos na transmissão e agrupados na recepção.

3.3 Operação do FDDI

O procedimento de operação do protocolo FDDI no modo básico é efetuado pela P-MAC através do protocolo TTR ("Timed Token Rotation") baseado no protocolo "Token Ring". Em [8] tem-se a descrição detalhada do seu procedimento, não entrando no escopo deste trabalho. Já o modo híbrido (FDDI-II), aproxima-se da aplicação CDD, valendo a pena detalhá-lo.

3.3.1 Modo Híbrido

Para a compreensão do modo híbrido é importante analisar as duas entidades do HRC: H-MUX e o I-MAC.

A) H-MUX

O H-MUX multiplexa e demultiplexa os dados isócronos e os pacotes de dados, enviando-os e retirando-os da camada física. A arquitetura funcional do H-MUX está ilustrada na figura 5.

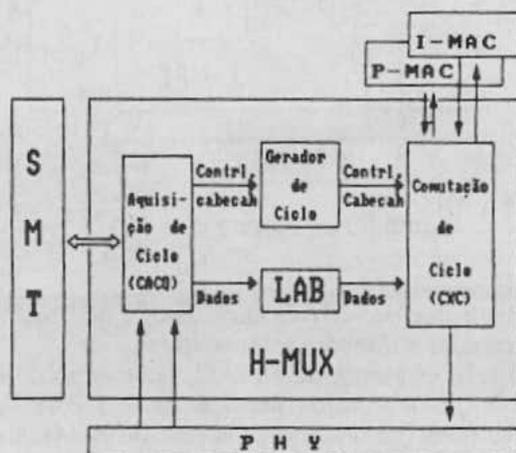


Figura 5 Arquitetura do H-MUX

O gerador de ciclo (CGEN) e o "buffer" de ajuste de latência (LAB), são blocos requeridos somente nas estações capazes de gerar ciclos (estações monitoras). O H-MUX em uma estação SAS contém somente o ciclo de aquisição e o ciclo de comutação de canais.

O processo de aquisição de ciclo é responsável pela quebra dos ciclos de chegada entre cabeçalhos e campo de dados. O cabeçalho é utilizado pelo controle de ciclo,

enquanto o campo de dados é enviado para o LAB (caso a estação seja monitora), ou para o CXC (nas estações não monitoras).

As principais funções do processo de comutação de ciclos (CXC) são : retirar do ciclo de chegada qualquer Cn que esteja aberto naquela estação e envia-los para a P-MAC e I-MAC; inserir dados da P-MAC e I-MAC dentro dos Cn, combinando o novo ciclo de dados com a informação do cabeçalho vindos do processo de aquisição ou geração de ciclo.

B) I-MAC

A I-MAC executa uma função análoga à P-MAC só que para dados isócronos. Essencialmente, as funções do I-MAC envolvem controle do acesso dos canais com C's abertos. Isto é feito sobre controle do SMT, o qual pode abrir e fechar canais isócronos, atualizando o mapa de gerenciamento, com o qual a I-MAC identifica os canais abertos. A I-MAC recebe todos os símbolos contidos nos C's abertos do H-MUX, e separa os canais baseados no mapa de gerenciamento. Canais em uso na estação são desviados pela I-MAC para os CS-MUX e vice-versa. Canais não abertos nesta estação são passados pela I-MAC de volta ao H-MUX, de tal forma que são retransmitidos.

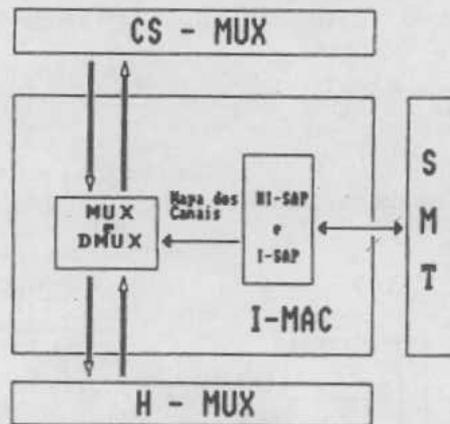


Figura 6 Arquitetura da I-MAC

É possível também que a I-MAC abra canais no modo "Broadcast", onde as informações devem ser recebidas e também retransmitidas.

Na figura 6 tem-se o esquema da I-MAC, onde o ponto de acesso do CS-MUX para a I-MAC é o I-SAP's ("Isochronous Service Access Point") e o HI-SAP ("Híbrido Isochronous Service Access Point") é o ponto de acesso do H-MUX com relação à I-MAC.

3.3.2 Procedimentos de Operação

Em geral, o FDDI é inicializado no modo básico (FDDI-I). O SMT de uma estação monitora, operando no modo básico, que desejar passar para o modo híbrido, deve inicialmente capturar o token. Em seguida deve transmitir um ciclo de inicialização, onde CS contém um número válido de ciclo e o Pn é definido pelo SMT local. Em seguida é gerado um novo "token" dentro da estrutura do ciclo. Se o anel é maior que 125 μ seg, a estação continua a transmitir novos ciclos, até o primeiro ciclo retornar.

As outras estações, ao receberem o ciclo de inicialização entram no modo híbrido, propagam o cabeçalho do ciclo, e tornam-se escravas, dependendo da classificação da monitora. A monitora espera até receber de volta o ciclo enviado; neste instante o anel está no modo híbrido.

Outra forma de inicialização do modo híbrido, ocorre quando uma estação, de posse do token, requisitar a inicialização. Neste caso a estação monitora é selecionada por um processo de prioridade.

A operação normal no modo híbrido adquire procedimentos diferentes, dependendo se a estação é mestre do ciclo ou não. Na estação mestre, os ciclos são transmitidos em resposta a um sinal gerado por uma referência externa ou interna de 8 KHz. Os campos de controle C1 e C2 são setados com o símbolo S.

Normalmente os ciclos retornam entre sinais de requisição de ciclo de 8 KHz. Cada ciclo retornado é colocado no LAB até que o próximo sinal de requisição de ciclo seja concluído. Os C's isócronos são enviados pelo LAB para a I-MAC, já os dados não isócronos vão para a P-MAC.

Na estação escrava os campos P's são utilizados como entrada para identificação dos canais isócronos e de dados. Caso os P's estejam abertos na estação, o H-MUX os distribui para a P-MAC e I-MAC. Da mesma forma, os dados a serem transmitidos pela estação são recebidos pela H-MUX, vindos da P-MAC e I-MAC, e multiplexados na estrutura de ciclo do anel.

Finalizando o exemplo da operação, vale ressaltar outros pontos importantes da operação do FDDI-II : o processo de sinalização de ciclo, a troca da programação dos canais C's e a identificação de erro [11].

4 - EXPANSÃO DAS REDES FDDI

Para aumentar os enlaces máximos de transmissão de uma rede FDDI pode-se utilizar fibras mono-modo ou o padrão SONET.

A) Fibras Mono-modo

As redes FDDI foram dimensionadas para atuar com fibras multi-modo apresentando uma distância máxima de 2 Km entre as estações. Porém, com a necessidade de ampliar suas dimensões, a ANSI especificou uma entidade funcional da camada física voltada para as fibras mono-modo PMD-SMF. Com este padrão, as distâncias entre as estações podem chegar à ordem de 40-60 Km.

A idéia é utilizar a fibra mono-modo somente nos trechos longos da rede. Nele, existem nós conversores que adaptam os sinais das fibras multi-modo para a mono-modo e vice-versa.

A ampliação do perímetro da rede, sem dúvida, aumenta a sua latência e, conseqüentemente, decresce a eficiência da banda, sendo necessário reduzir o número de nós como fator de compromisso. Por outro lado, o custo torna-se viável quando comparado com as fibras multi-modo, pois o número de repetidores impossibilitariam a implementação.

B) SONET

Outra forma de expandir a rede FDDI é utilizar linhas digitais dedicadas, adquiridas das operadoras de telecomunicações. Estas linhas dedicadas são baseadas em hierarquia de sinais relacionada com a transmissão de voz e por isso apresentam taxas de

transmissão baixas [13]. Com a evolução destas linhas, surgiu o padrão SONET da ANSI (T1.103-1988).

O padrão SONET fornece uma hierarquia de sinais cuja taxa básica é 51,84 Mbps, denominada de STS-1 ("Synchronous Transport Signal"). As taxas superiores STS-N são múltiplas da STS-1, com $N = 3, 9, 12, 18, 24, 36$ e 48 .

A estrutura de quadro do SONET está representada na figura 7, onde verifica-se a existência de 4 colunas relacionadas com o cabeçalho. Estes, por sua vez, são divididos em 3 tipos : cabeçalhos de seção, linha e roteamento. Esta subdivisão está associada com a estratificação em sub-camadas apresentada pelo SONET [14].

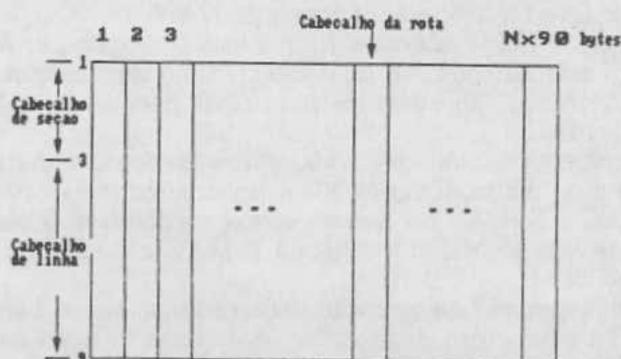


Figura 7 Estrutura de Quadro do SONET

A sub-camada mais inferior é a fotônica, responsável pela conversão óptica/elétrica e elétrica/óptica. Já a camada de seção é responsável pela codificação e reconhecimento de quadro. A camada de linha efetua a multiplexação e sincronização da sub-camada de roteamento. O roteamento mapeia os serviços de acordo com a carga efetiva por eles requerida. Detalhes sobre os cabeçalhos e camadas podem ser encontrados em [14,15].

O SONET permite multiplexar sinais com taxas variadas e retirá-los dos quadros sem demultiplexar o tronco, graças à estrutura de ponteiros existentes nos cabeçalhos de linha e de roteamento. Além disto o SONET tem a capacidade de transportar também tráfego assíncrono, sendo compatível com ATM ("Asynchronous Transfer Mode").

O CCITT padronizou a interface UNI ("User Network Interfaces") a 155,52 Mbps e o acesso a RDSI faixa larga a 622,08 Mbps, coincidindo com as taxas STS-3 e STS-12 do SONET. A idéia é que o SONET seja a camada física da RDSI faixa-larga [16].

5 APLICAÇÃO DO SONET E DO FDDI NO CDD

A idéia de compatibilizar o SONET e o FDDI está como uma proposta de padronização da ANSI, SPM, e pode-se ver que as sub-camadas do SONET encaixam-se na camada física do FDDI.

Pelo exposto anteriormente, verifica-se que o FDDI satisfaz aos requisitos básicos do CDD, ou seja: apresenta comutação de circuito e de pacote; tem uma taxa de transmissão alta, satisfazendo os requisitos de voz e sinalização; possui uma estrutura de quadro a 125 μ seg e uma alocação dinâmica da banda. Além disto o padrão SONET fornece maior confiabilidade a nível físico.

O princípio é aplicar SONET em enlaces que apresentem grandes distâncias, através da taxa STS-3. O STS-3 fornece 155,52 Mbps com uma carga efetiva de 149,76 Mbps, sendo mais que suficiente para o FDDI, que requer somente 125 Mbps.

Na figura 8 tem-se a representação em diagrama de blocos da UDC, estando em destaque a camada física (SONET) dos nós do anel óptico, constando de : conversores elétrico/ópticos e óptico/elétricos; circuito empacotador e desempacotador do SONET (responsável pela estrutura de quadro do SONET e pelo tratamento de sincronismo do anel); o tratador de "overhead" e um bloco de controle, que gerencia o processamento das atividades. É importante observar que a representação feita é somente para um anel óptico, havendo uma estrutura idêntica para o outro anel.

Após a camada física, as informações são direcionadas para o H-MUX do FDDI. Na figura 9 tem-se o H-MUX em detalhes, onde a maioria das funções já foram descritas na seção 3, sendo acrescentadas as interfaces com o processador e registradores da SMT.

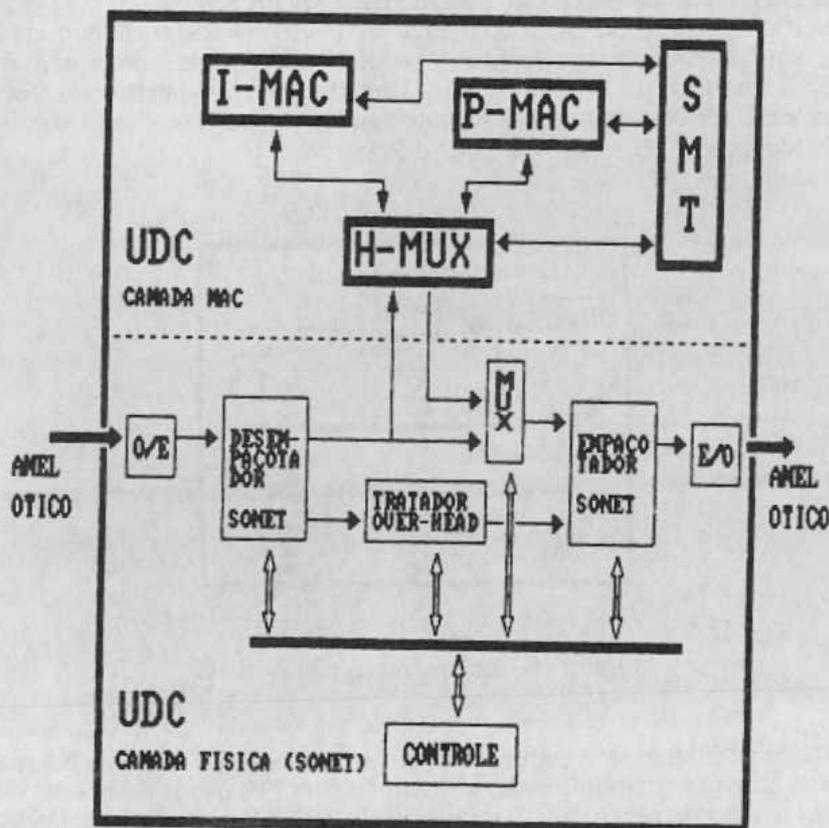


Figura 8 UDC, Camada MAC FDDI e Camada Física do SONET

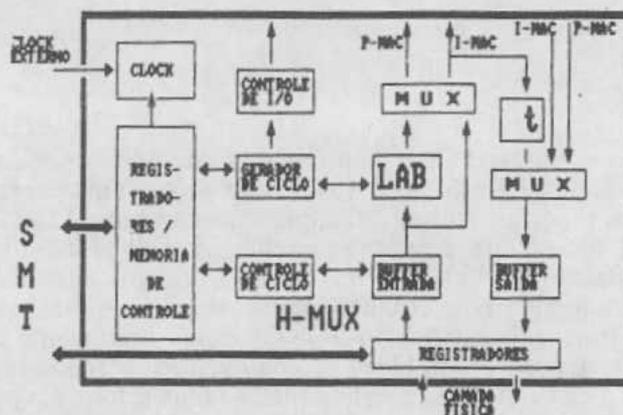


Figura 9 Implementação do H-MUX

A entidade P-MAC é implementada através de um controlador dedicado ao método de acesso, como por exemplo, o FORMAC (Am79C83) da AMD [17]. Além dele, tem-se memórias e buffers de entrada e saída, figura 10. O buffer de entrada acumula as informações vindas no ciclo para formar o pacote P-MAC, podendo, então, processar as informações. A interface da P-MAC com a camada LLC ou superiores dá-se através do bloco de memória, lá são montadas as primitivas a serem transmitidas, e são analisadas as primitivas de recepção.

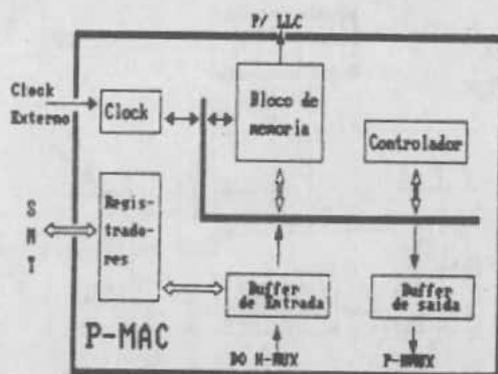


Figura 10 Implementação da P-MAC

Na figura 11 tem-se a proposta de implementação da I-MAC. Na realidade a I-MAC funciona como um demultiplexador/multiplexador dos dados isócronos, direcionando os canais para buffers de recepção (BR)/transmissão (BT) e em seguida enviando-os para os devidos módulos de terminais (MT) do NAT. Vale observar que a quantidade de MT's pode variar em cada NAT, dependendo da concentração de assinantes na região. Cada MT tem capacidade para 160 assinantes.

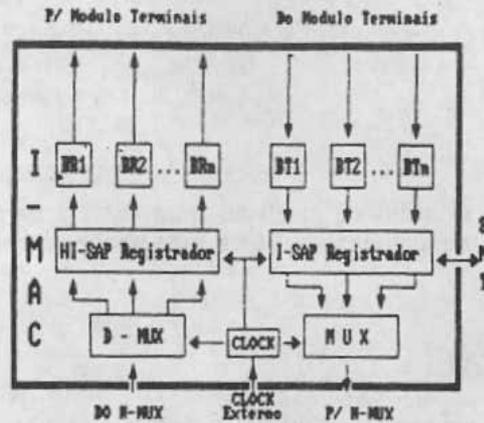


Figura 11 Implementação da I-MAC

Outro ponto importante na implementação é o SMT. Nele estão concentradas as funções de gerenciamento da P-MAC, I-MAC e H-MUX. Além disto, deve interfacear-se com as camadas superiores da implementação. Consiste de uma unidade de processamento acoplada com memórias e sincronizada com o clock das outras entidades.

Quanto à utilização de cada canal do quadro FDDI-II, pode-se alocar 1 canal para 3 enlaces PCM-32, e a nível das entidades I-MAC e CS-MUX, multiplexa-los/demultiplexa-los para os devidos módulos de terminais dos NAT's.

Vale ressaltar que esta é uma proposta de implementação, podendo haver alterações na especificação dos elementos descritos.

6 - CONCLUSÕES

As redes FDDI inicialmente foram projetadas para servirem de meio de interconexão entre redes locais de baixa velocidade do tipo, "Ethernet" e "Token Ring". Com o aumento da velocidade das redes locais, a FDDI começou a expandir suas aplicações, chegando hoje no estágio FDDI-II. O FDDI-II está especificado para ser uma rede capaz de transmitir voz, dados, imagem e atender a diversas distâncias, através do mapeamento físico no SONET STS-3 e em fibras ópticas mono ou multi-modo.

Côm o objetivo de compatibilizar o FDDI com o SONET, a taxas mais altas que STS-3, e principalmente com ATM, a ANSI está começando a especificar o protocolo "FDDI Follow-on LAN". O FFOL irá trabalhar com taxas de Gbps, apresentará diversas taxas de codificação (4/6, 8/10 etc) e o método de acesso deve se aproximar mais dos pacotes ATM's [3].

Foi apresentado neste trabalho uma proposta do uso do FDDI-II no projeto CDD com a camada física seguindo o padrão SONET STS-3, visto que ambos satisfazem aos requisitos do CDD. As principais vantagens no uso de padrões como o FDDI e SONET são a abertura que os mesmos impõem ao sistema, e a possibilidade de uso de circuitos integrados comerciais que os implementam. À nível de componentes no mercado o SONET já possui componentes eletrônicos dedicados à sua implementação [18], como também alguns trabalhos na área [19]. Já para o FDDI-II não existe nada comercial, pois o modo

híbrido não está concluído, existindo a previsão de que CI's para o FDDI-II venham também a ser desenvolvidos, o que contribuirá para uma maior compactação e redução dos custos do CDD.

7 – BIBLIOGRAFIA

- [1] Pessoa P. e Carneiro C., "FDDI – Fiber Distributed Data Interface", NT.7422.91.012/NT.CDD.004 CPqD-Telebrás.
- [2] Valenzuela V., "Análise da Conveniência do uso do padrão SONET/SDH no anel óptico do CDD", NT.7422-91-002 CPqD-Telebrás.
- [3] Ross F. E. et al, "Overview of FFOL – FDDI Follow-on LAN", Computer Communication, pp 5-10, february 1992.
- [4] Valenzuela V., Vivaldi A., "TRÓPICO-RA System; A multi-application platform", trabalho submetido ao International Switching Symposium, ISS-92.
- [5] Valenzuela V., "Vizualização do Anel Óptico do projeto CDD como uma central de comutação" NT.7422-89-005, CPqD-Telebrás.
- [6] CPqD-Telebrás, "Sistema Trópico RA (Manual)", Documento Interno, agosto 1988.
- [7] Morais A., Cavaletti M., Valenzuela V., "CLAD- Concentrador de Linha de assinante Distribuído", trabalho submetido ao congresso TELEMO-92.
- [8] ISO 9314-3, FDDI Token Ring Physical Medium Dependent (PMD), 1990.
- [9] ISO 9314-1, FDDI –Token Ring Physical Protocol (PHY), 1989.
- [10] ISO 9314-2, FDDI Token Ring media Access Control (MAC), 1989.
- [11] Draft Proposed American National Standard, FDDI Hybrid Ring Control (HRC), ASDC X3T9.5 Rev. %2, abril 1990 (ANSI X3.186-199X).
- [12] Ross F.E. et al, "FDDI – A LAN Among MAN's", Computer Communication Review, Sigcomm, July 1990.
- [13] Lang L. et ali, "Connecting Remote FDDI Installations with Single-Mode Fiber, dedicated Lines or SMDS", in Computer Communication Review, Sigcomm, July 1990.
- [14] SONET (Synchronous Optical Network) Technical Advisory, TA-TSY-000253, May 1987.
- [15] Ching Y. et al., "SONET: Now It's the Standard Optical Network", IEEE Communication Magazine, March 1989.
- [16] Kramer M. et al., "Potential Applications of SONET in B-ISDN Customer Premises Network Management", ICC 1991 pp 45 a 52.
- [17] Advanced Micro Device (AMD), "The SUPERNET Family for FDDI", 1991/1992 World Network Data Book.
- [18] Vitesse, "Aplicacionn Note 5 – SONET and VS801 Strie", Incorporado ao manual 1989 Product Data Book – Vitesse Semiconductor Corporation.
- [19] Robe T. et al., "A SONET STS-3c User Network Interface Integrated Circuit", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, junho 1991.