

Implementação da Sub-camada *MAC* em uma Rede com Integração de Serviços Utilizando Circuitos Integrados Dedicados

Gorgonio Barreto Araújo Akebo Yamakami

Shusaburo Motoyama

DT — FEE — UNICAMP

CEP 13081970 — Campinas/SP

Caixa Postal: 6101

Internet: Gorgonio@fee.unicamp.br*

Dezembro de 1992

Sumário

Neste trabalho são discutidos os aspectos de implementação da sub-camada *MAC* em uma rede com integração de serviços (voz e dados) utilizando circuitos integrados dedicados. A rede com integração de serviços que está em desenvolvimento no Dep. de Telemática, da UNICAMP denominada de RALFO utiliza a fibra óptica como o meio de transmissão e é conveniente para aplicações em redes locais assim como em redes metropolitanas. Inicialmente é apresentada a estrutura de um nó da rede. A seguir, a camada *MAC* é detalhada salientando o seu esquema de acesso, os seus serviços e as suas funções; são feitas também as considerações para estabelecer o comprimento do quadro. Além disso são discutidas a divisão da camada em módulos e suas implementações.

1 Introdução

O Departamento de Telemática (DT) da UNICAMP está desenvolvendo uma rede com integração de serviços denominada de Rede de Área Local com Fibra Ótica (RALFO). A RALFO é uma rede flexível que pode ser utilizada em redes locais assim como em redes metropolitanas e pode se compatibilizar com a RDSI de Faixa Larga (RDSI-FL).

*Este trabalho foi financiado parcialmente pela Telebrás, Fapesp e CNPq

Em outro artigo apresentado neste simpósio, intitulado "Implementação de Protocolo de Comunicação em uma Rede com Integração de Serviços Utilizando a Linguagem *CHILL*" é feito um resumo da arquitetura da RALFO. Naquele artigo, são apresentados a configuração da rede, o esquema de acesso, a estratificação em camadas da RALFO e também a estrutura de um nó da rede.

O objetivo deste trabalho é discutir os aspectos de implementação da sub-camada *Medium Access Control (MAC)* para a RALFO.

Na seção 2 é apresentada a estrutura do nó para uma compreensão da rede. O esquema de acesso, as considerações para estabelecer o comprimento do quadro, os tipos de serviços assim como as funções da camada *MAC* são detalhados na seção 3. Na seção 4 são discutidas a divisão da camada em módulos e suas implementações. É discutido também, nesta seção, o ferramental de auxílio utilizado no projeto de circuitos dedicados. Finalmente na seção 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho.

2 Estrutura de um nó da RALFO

Na Fig. 1 está mostrada a configuração do *hardware* adotado em cada nó ([Pes91b, Pes91a]). As quatro placas são:

- Unidade de Processamento Numérico (UPN), corespondente a *Control Process Unit (CPU)* do PP, Processador Preferencial desenvolvido pelo CPqD da Teletbrás;
- COM, controladora de vídeo;
- DIS, controladora de disco; e
- RAS, placa rastreadora.

A estas placas serão acopladas a placa *MAC* e a Interface de Voz, através das quais faz-se o acesso à rede e aos terminais telefônicos respectivamente. Já os terminais de dados serão conectados através das linhas seriais existentes nas placas do Processador Preferencial (PP).

A distribuição das camadas nas placas do PP é a seguinte:

- a sub-camada *Logic Link Control (LLC)* assim como as camadas superiores de dados estão residentes na placa UPN;
- a sinalização juntamente com o software de controle da interface de voz ficam na placa de voz e na *MAC* localiza-se o protocolo de acesso ao meio.

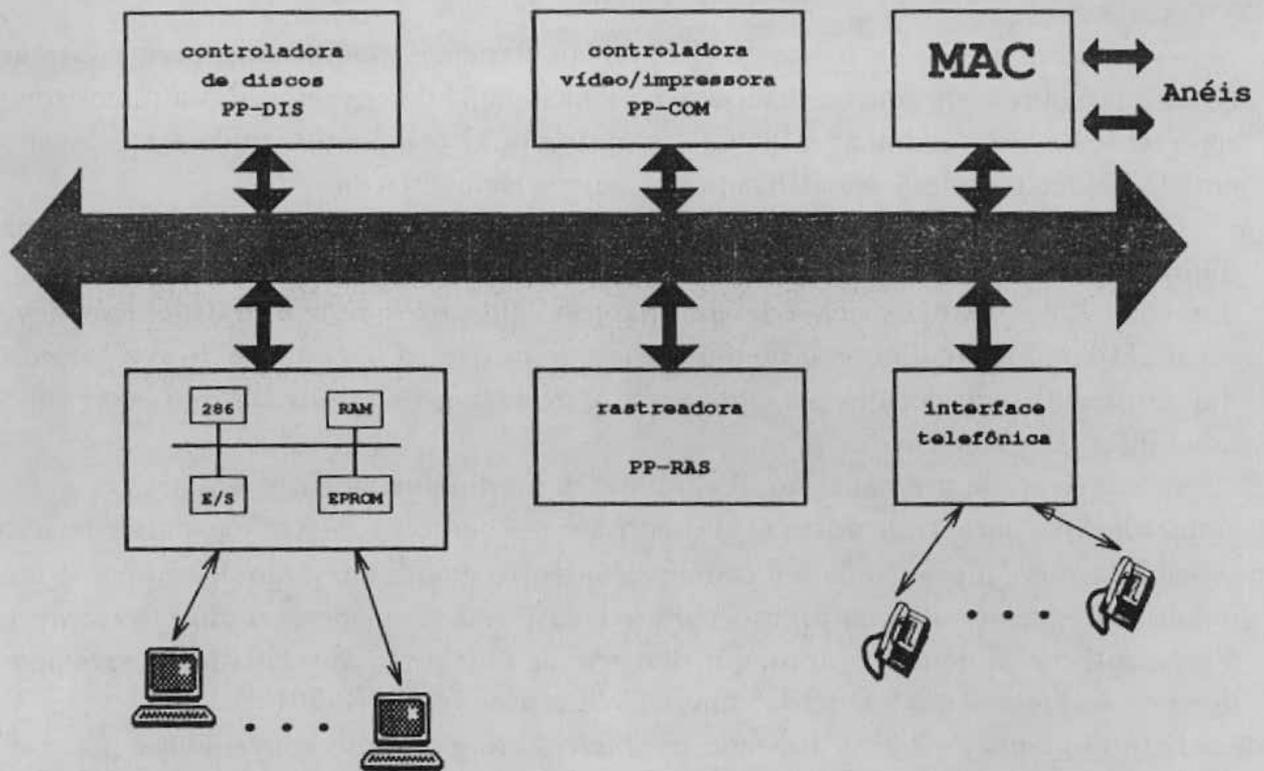


Figura 1: Estrutura do PP

3 A Sub-camada MAC

3.1 O Método de Acesso

Foi adotada na RALFO, a comutação de pacote tanto para voz como para dados, entretanto os pacotes de voz têm maior prioridade no acesso ao meio. O método de acesso adotado foi o *Empty Slot*, utilizado na rede conhecida como Anel de Cambridge ([HW93]), sendo este modificado para incluir os sinais de voz ([Gua91, GM89]). O método fundamenta-se na existência de um número inteiro de canais (*slots*) circulando permanentemente pelo anel, nos quais há um bit indicando se este está cheio ou vazio. Ao conjunto de todos os canais denomina-se quadro e às mensagens a serem transmitidas através dos canais, envelopes. Entre os quadros há um conjunto de bits denominado de *gap*, que é utilizado para sincronização.

O esquema de acesso funciona do seguinte modo: um nó desejando transmitir um envelope deverá aguardar a passagem de um canal vazio. Ambos os anéis da rede terão seus canais testados um-a-um. Quando encontrado um canal vazio, este terá seu bit *Cheio/Vazio (C/V)* modificado para cheio, e o envelope de maior prioridade pronto para a transmissão será carregado neste canal. Para a recepção de envelopes, os nós analisam continuamente o campo dos envelopes, denominado Endereço Destinatário. Uma vez detectado o seu próprio endereço, a estação fará uma cópia do conteúdo do envelope recebido. Em seguida, o envelope será retransmitido ao nó

remetente com os bits de *Resposta* (RE) adequadamente modificados, para informar ao mesmo sobre o sucesso ou insucesso na transmissão do envelope. Finalmente o nó remetente deverá modificar o bit C/V para vazio. O canal em seguida é recolocado em circulação e poderá ser utilizado por outros elementos da rede.

O método acima descrito pode ser utilizado para dados, mas para sinais de voz digitalizados, este método não é conveniente, pois pode acarretar atrasos consideráveis. Além disto, os sinais de voz aparecem em surtos onde a continuidade deve ser mantida. Assim, é necessário que o método de acesso para sinais de voz garanta que um canal seja alocado para um surto e permaneça alocado até que ocorra um novo intervalo de silêncio.

A ocupação de um canal no quadro será feita dinamicamente pela presença dos sinais de voz para transmissão. Porém, se as condições de tráfego na rede não possibilitarem a alocação de um canal vazio dentro de um intervalo de tempo de um quadro, o envelope de voz pronto para a transmissão será descartado (*freeze-out*). Vários estudos já demonstraram que descarte de uma certa quantidade de envelopes de voz não afeta a qualidade do sinal de voz reproduzido ([Pes91a]).

Este esquema de acesso baseado em *Slotted Ring* é muito conveniente, pois podemos compatibilizar com a RDSI-FL, colocando as células da RDSI-FL no campo de informação dos envelopes da RALFO.

3.2 Considerações Sobre o Comprimento do Quadro

Os envelopes de voz provenientes da camada Aplicação aguardarão por no máximo um quadro; se neste período não houver canal (*slot*) disponível eles serão descartados. Estudos mostram que descarte de até 1% dos envelopes de voz não afetam a inteligibilidade da voz em uma conversação telefônica ([Gon83, Wei86]).

A fração de envelopes de voz descartados pode ser calculada através da expressão abaixo ([Gua91]).

$$\Phi_E = \frac{1}{pN\bar{V}} \sum_{k=E+1}^{N\bar{V}} (k - E) \binom{N\bar{V}}{k} p^k (1 - p)^{N\bar{V}-k} \quad (1)$$

onde:

N o número de nós da rede,

\bar{V} número médio de terminais telefônicos ativos em cada nó,

E número de canais no quadro,

p probabilidade de um terminal telefônico estar ativo e

Φ_E fração de envelopes descartados.

A Fig. 2 mostra a fração de envelopes voz descartados, Φ_E , em função de número de canais, E , tendo como parâmetro $N\bar{V}$. Pela figura notamos que quanto maior

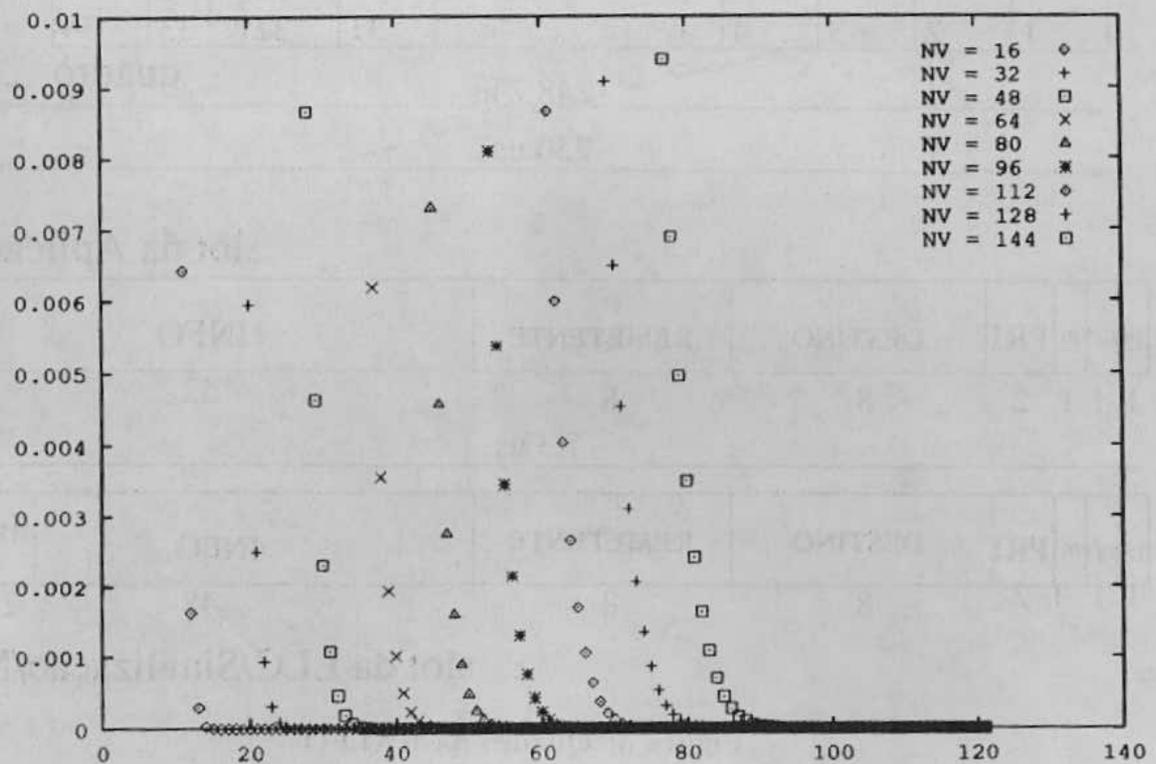


Figura 2: nº de slots por Φ_E

for E , menor será a fração de descarte. Porém, o tamanho dos canais diminui com o aumento de E , pois o número total de bits que pode ser acomodado no anel é constante. Se, entretanto, levarmos em consideração os envelopes de dados, notaremos que para canais muito pequenos teremos um alto *overhead* na transmissão de dados.

Para se ter um compromisso aceitável entre o descarte de envelopes de voz e o *overhead* dos envelopes de dados, chegou-se aos valores mostrados na Fig. 3. Foram utilizados uma taxa de transmissão de 10 Mbits/s e um tempo de 250 μ s (tempo de 2 amostras de sinais de voz digitalizados) para um bit dar uma volta completa no anel, originando um tamanho máximo de quadro de 2500 bits.

O significado de cada campo é explicitado a seguir:

- Início do Slot (IS) (1 bit): sempre 1;
- C/V (1 bit): quando 1 indica que o canal está ocupado;
- Monitor (M) (1 bit): quando 1 indica que o canal já passou pela estação monitora;
- Prioridade (PRI) (2 bits): indica a prioridade do canal
- Endereço do Destinatário (DESTINATÁRIO) (8 bits);
- Endereço do Remetente (REMETENTE) (8 bits);

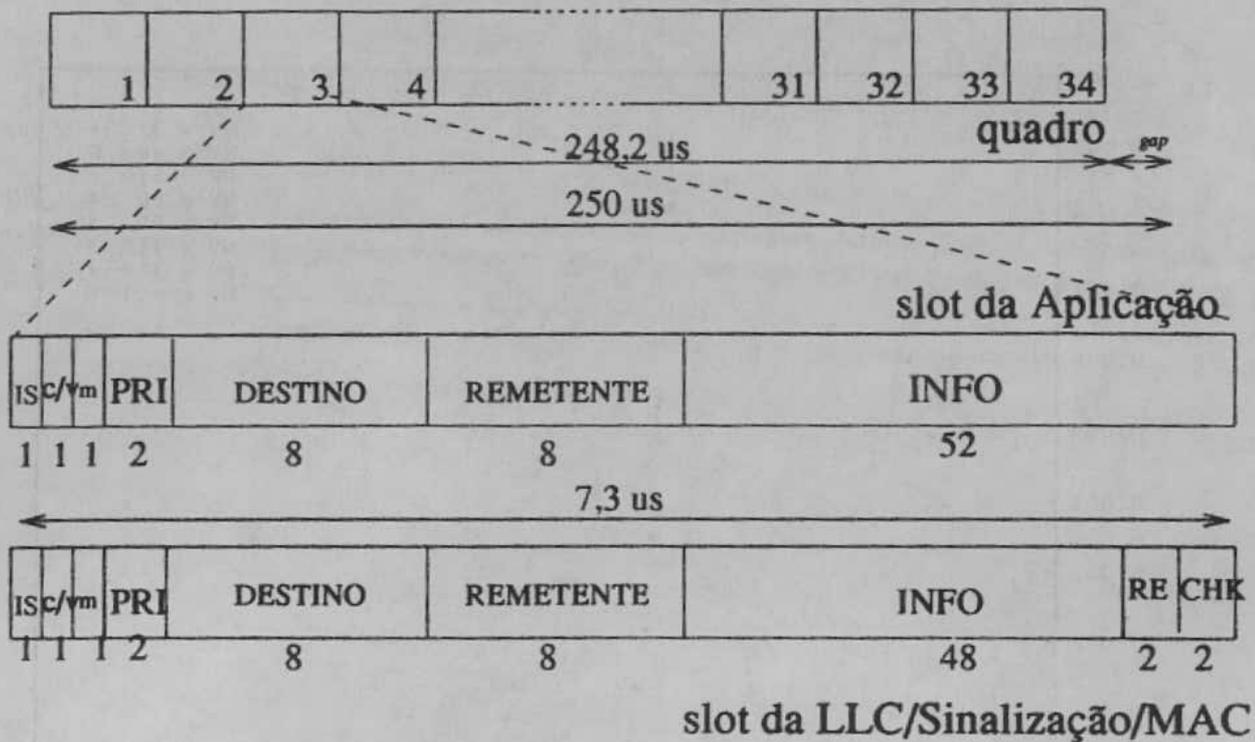


Figura 3: Quadro da RALFO

- Informação (INFO) (52 ou 48 bits);
- RE (2 bits¹) será:
 - 00 nó destino inexistente ou desligado;
 - 01 slot rejeitado (nó destino ocupado);
 - 10 slot rejeitado (nó destino foi programado para não receber);
 - 11 slot aceito;
- Check (CHK) (2 bits²): *Checksum*.

3.3 Funções da Sub-camada MAC

3.3.1 Tipos de Serviços

A MAC proporciona dois tipos de serviços:

- o tipo 1 para a transmissão de voz e,
- o tipo 2 para a transmissão de dados.

¹Apenas nos slots tipo 2

²Apenas nos slots tipo 2

Para o usuário do serviço tipo 1, vindo da camada Aplicação, deve-se oferecer um canal de pelo menos 64 kbits/s, já que serão transmitidas amostras *Pulse Code Modulation (PCM)*, sem nenhuma compressão, podendo-se inclusive, se necessário, descartar amostras de voz sem prejuízo da qualidade necessária na telefonia. A camada Aplicação enviará informações a *MAC* somente durante os surtos de voz. No período de silêncio não enviará informações. Portanto, as características do serviço tipo 1 são:

- descarte de envelopes se não houver canal disponível em todo um quadro;
- reserva de um slot enquanto durar o surto de voz.

No serviço do tipo 2 a preocupação primordial é assegurar uma transmissão sem erro. O tamanho máximo de mensagens é igual ao tamanho do campo *INFO* do canal, portanto não é necessária a fragmentação das mensagens. As seguintes características são observadas no serviço tipo 2:

- os envelopes de dados não são descartados;
- a cada enlace da rede o envelope é testado, comparando o campo *CHK* com o conteúdo do canal, e, no caso do envelope ter sido corrompido, o canal será liberado como vazio e as camadas superiores cuidarão para que a mensagem seja retransmitida;
- a estação origem da mensagem testa no próximo quadro se a mensagem foi recebida; em caso negativo, deve informar ao usuário.

3.3.2 Funções de Acesso ao Meio

As funções de acesso ao meio possibilitam a realização dos serviços acima descritos. Podem ser salientadas as seguintes funções:

- garantir a alocação do canal após a transmissão do primeiro envelope de uma mensagem da camada Aplicação (serviço tipo 1) até o término do surto;
- garantir que não haja monopólio do canal por um nó;
- fazer os testes automáticos e periódicos em caso de falha em algum enlace ou em algum nó, e a sua auto configuração; e
- definir o monitor da rede.

Será agora detalhada cada uma dessas funções.

O primeiro envelope de uma mensagem da camada Aplicação concorrerá a um canal vazio com os demais envelopes iniciais de outras mensagens que estão simultaneamente sendo geradas na camada Aplicação. Estes envelopes obedecerão a uma fila tipo *First in first out (FIFO)* e terão maior prioridade do que os envelopes dos

serviços tipo 2, assim muito provavelmente não encontrarão dificuldades para encontrar um canal para serem transmitidos (em condições normais de tráfego). Porém se após 250 μ s este envelope não tiver sido enviado ele será descartado, dando seu lugar ao próximo envelope. No caso mais provável, quando aparece um canal disponível, este canal será destinado para o envelope mais velho na fila de envelopes sem canais reservados. Este canal voltará ao nó inicial após 250 μ s sem que o conteúdo dos campos REMETENTE, PRI e INFO tenham sido alterados.

Buscando viabilizar os testes automáticos da integridade da rede, assim como sua auto-configuração, prevemos a existência de um protocolo próprio da *MAC*, que também concorrerá aos serviços tipo 2 da própria *MAC*, porém terá a menor prioridade possível. Assim os "pacotes da *MAC*" que transportam este protocolo irão ser transmitidos quando:

1. todos os novos envelopes da *Aplicação (APL)* tiverem sido transmitidos;
2. todos os envelopes da *Logic Link Control/Sinalização de Voz (LLC/VOZ)* tiverem sido transmitidos;
3. todos os envelopes da *LLC* tiverem sido transmitidos;
4. todas os envelopes anteriores da *MAC* tiverem sido transmitidos; e
5. houver um *slot* vazio.

Os pacotes da *MAC* serão modificados a cada nó, pois eles funcionarão como coletores de informações a cada nó percorrido. O campo RE aqui não será utilizado. Toda mensagem da *MAC* ao retornar a origem será devidamente tratada pela própria *MAC* e o *slot* por ela ocupado será tornado vazio e encaminhado para o próximo nó do anel.

A cada enlace haverá teste de cada *slot*, recalculando o CHK e comparando-o com o recebido. Em caso da mensagem estar corrompida o *slot* será dado como livre. Caberá aos usuários dos serviços tipo 2 detectar que uma determinada mensagem não foi recebida e retransmiti-la.

A interface com os usuários *APL*, *LLC/VOZ* e *LLC* será feita por meio de filas de entrada (do usuário para a *MAC*) e filas de saída (da *MAC* para o usuário). Estas filas, de tamanho limitado, nunca terão mais envelopes do que suportam e não haverá perda de informação nas filas. A entidade responsável por colocar envelopes na fila aguardará quando a fila estiver lotada. Nas filas dos serviços tipo 1 é necessário que o consumidor da fila trabalhe a uma frequência nunca inferior a 4000V Hz, sendo *V* a quantidade de serviços máxima prestados do tipo 1.

Devemos notar que após a transmissão de um envelope, teremos a liberação do *slot* utilizado para ser aproveitado eventualmente pelo próximo nó do anel. Assim evitamos o monopólio de *slots*.

Resultado do protocolo da *MAC*, e entre as *MACs*, teremos a escolha aleatória e automática de um e somente um nó monitor. A este nó caberá a função de ativar o bit do campo M em todos os *slots* passados pelo anel. No caso de encontrar algum *slot* com o bit M ativo, caberá a este nó monitor retirá-lo do anel, tornando o *slot*

vazio. Com este esquema simples garantiremos que não haverá *slots* "fantasmas" circulando pelo anel.

Caberá também a *MAC* enviar uma mensagem com um contador que será incrementado a cada nó, assim após esta mensagem circular todo o anel, o nó origem saberá quantos nós existem na rede, indicando para a camada *Physical (PHY)*, a fim de que está atrase o tempo necessário cada *slot* a ela encaminhado. Caso, após $250\mu s$, "uma mensagem contadora" da *MAC* não retorne a sua origem, o nó origem cuidará de enviar uma "mensagem de teste", esta mensagem fará com que o próximo nó (nó $n + 1$) envie uma "mensagem de teste ok" pelo outro anel, o que indicará que o enlace entre eles está perfeito. Simultaneamente o nó $n + 1$ encaminhará uma "mensagem de teste" ao nó $n + 2$, com o mesmo objetivo. Se uma "mensagem de teste" não for sucedida por uma "mensagem de teste ok", após $250N\mu s$, onde N é o número de nós da rede, o nó que originou a "mensagem de teste" entenderá que tal enlace está rompido, por falha no enlace ou por falha no próximo nó do anel, e não mais encaminhará mensagens dos usuário para lá por este enlace, muito embora continue periodicamente tentando enviar as "mensagens de teste" da *MAC*.

4 A Implementação

Toda a especificação da *MAC* está sendo feita a nível de circuitos lógicos, sem a utilização de componentes *Very Large Scale Integration (VLSI)* como *CPUs*, *Memory Management Unit (MMU)*s, etc; desta forma aumentamos a complexidade do projeto, mas obteremos uma especificação independente da tecnologia adotada na implementação.

A *MAC* será composta por sete tipos de módulos, esquematizados na Fig. 4, onde as setas indicam o fluxo das informações.

Temos então os seguintes módulos:

- *Módulo de Interface como o Barramento (MoIB)*: é responsável pela interface com o barramento do computador;
- *Módulo de Controle de Fila de Entrada (MoConFiE)*: é responsável pelo controle da fila do usuário para a *MAC*;
- *Módulo de Controle de Fila de Saída (MoConFiS)*: é responsável pelo controle da fila da *MAC* para o usuário;
- *Módulo de Tratamento de Prioridades (MoTraP)*: é responsável pela política de prioridades para os pacotes;
- *Módulo de Distribuição de Envelopes (MoDEn)*: é responsável pelo recebimento dos envelopes e encaminhamento para os usuários;
- *Módulo de Teste e Iniciação (MoTI)*: é responsável pelo controle dos procedimentos de teste e iniciação da *MAC* e

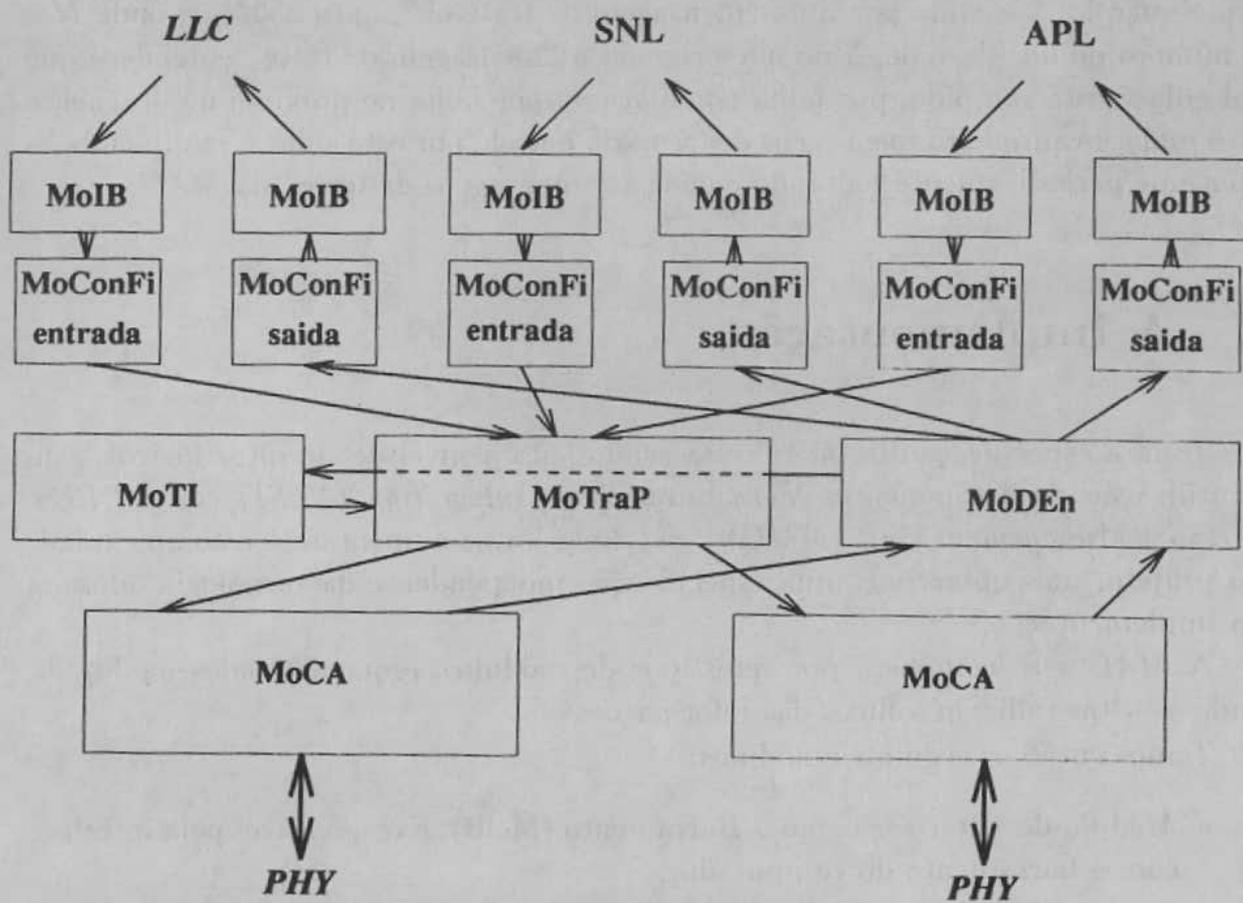


Figura 4: Módulos da RALFO

- *Módulo de Controle de Acesso ao Meio (MoCA)*: é responsável pelo recebimento dos *slots* e seus processamentos.

4.1 MoIB

O MoIB é o único módulo que é dependente do computador utilizado. Ele será responsável pelo acesso direto ao barramento do equipamento, recebendo, processando e enviando os sinais necessários ao barramento e simultaneamente interagindo com os *Módulo de Controle de Fila (MoConFi)s* através de uma interface definida independentemente do barramento utilizado.

No projeto RALFO o computador utilizado como nó central é um PP, desenvolvido pelo CPqD/Telebrás. Assim o MoIB cuidará da interface com o barramento do PP, que é um barramento que funciona na base do *Daisy Chain*, permitindo o acesso múltiplo e descentralizado.

Cada MoConFi trabalhará com os seguintes parâmetros de fila:

- Endereço inicial relativo da fila, sempre será 0x0000;
- Tamanho da fila: dependente do usuário;
- Largura da fila: 64 bits;
- Endereço de escrita: indica onde será feita a próxima escrita e
- Endereço de leitura: indica onde será feita a próxima leitura.

O endereço inicial de cada fila de interface com o usuário é definido no respectivo MoIB.

4.2 MoConFiE

O MoConFiE será responsável pela leitura da fila de entrada do usuário. Ele só fará a leitura se a fila não estiver vazia.

Num ciclo de leitura será lido todo o envelope, composto por 64 bits.

O "endereço de escrita", controlado pelo usuário, será lido a cada início de ciclo de leitura e comparado com o "endereço de leitura", que é mantido pelo MoConFi, e, após o ciclo de leitura, este endereço será incrementado (de 64 bits) e colocado numa área da memória comum à disposição do usuário.

4.3 MoConFiS

O MoConFiS será responsável pela escrita na fila de saída do respectivo usuário. Ele só fará a escrita se a fila não estiver cheia.

Num ciclo de escrita será escrito todo um envelope.

O "endereço de leitura", controlado pelo usuário, será lido a cada início de ciclo de leitura e comparado com o "endereço de escrita", que é mantido pelo MoConFi e, após o ciclo de escrita, este endereço será incrementado (de 64 bits) e colocado numa área da memória comum a disposição do usuário.

4.4 MoTraP

Ao MoTraP caberá o recebimento dos envelopes vindos dos MoConFiEs e do MoTI, controlando o fluxo destes envelopes, conforme a disponibilidade de *slots* vazios, seguindo a seguinte ordem de prioridade:

1. envelopes da APL³;
2. envelopes da LLC/VOZ;
3. envelopes da LLC e
4. envelopes da MAC.

O MoTraP receberá também envelopes provenientes do MoTI (envelopes da MAC) e responsáveis pelo protocolo de teste e iniciação entre as MACs.

O MoTraP estará sempre apto a receber envelopes do MoConFiE da APL e manterá guardado num *buffer* interno o envelope que pode:

- estar pleiteando um *slot* vazio para ser transmitido ou
- estar aguardando a chegada do *slot* reservado para ele.

No primeiro caso o envelope será perdido, i.e. descartado, quando chegar o próximo envelope da APL e ela ainda não tiver sido enviado.

O MoTraP será informado quando houver envelopes do MoConFiE da LLC/VOZ ou do MoConFiE da LLC ou do MoTI, e requisitará estes envelopes quando não houver mensagem da APL aguardando um *slot* livre. Neste caso o envelope requisitado obedecerá ao esquema de prioridades descrito na seção 3.1.

³ Maior prioridade

4.5 MoDEn

O MoDEn é o responsável pelo recebimento dos envelopes provenientes do MoCA e seu envio para o respectivo MoCoNFIS ou para o MoTI. Ele confirmará ao MoCA a aceitação do envelope ou a sua recusa, indicando o motivo.

4.6 MoTI

O MoTI cuidará da iniciação do sistema e dos testes garantindo a integridade dos anéis.

No chamado processo de iniciação da MAC o MoTI enviará mensagens para todas as outras MACs de cada anel, buscando contar a quantidade de nós em cada anel, indicando, em seguida, esta quantidade à PHY, para que os atrasos necessários sejam inseridos em cada nó. Apesar de ser chamada de mensagem de iniciação da MAC esta mensagem será periodicamente repetida, permitindo mudanças dinâmicas no número de nós em cada anel.

Periodicamente os enlaces entre duas estações vizinhas são testados através de um protocolo específico da MAC. A MAC enviará uma "mensagem de teste" e aguardará a confirmação de recebimento desta mensagem pelo outro anel, caso a confirmação não chegue após $250N\mu s$ o enlace será considerado rompido, e as mensagens que chegam do outro vizinho serão remetidas, após o processamento necessário, de volta pelo outro anel, assim criamos um único anel na rede (Fig. 5). As MACs continuarão tentando enviar as "mensagens de teste" para o enlace interrompido, permitindo assim que o enlace interrompido seja automaticamente incorporado à rede quando for recuperado.

4.7 MoCA

Ao MoCA caberá o recebimento, processamento e envio dos slots de/para o anel. Há dois MoCAs, uma para cada anel.

Ao receber um slot da PHY o MoCA terá o tempo correspondente ao tamanho do slot, $7,3\mu s$, para reconhecer se este slot foi remetido pelo nó local ou não. Em caso positivo ele verificará qual o tipo de serviço prestado: tipo 1 ou tipo 2. Se for do tipo 1 o MoCA solicitará o próximo envelope de voz referente a esta chamada ao MoTraP. Se for do tipo 2 o MoCA verificará o campo RE encaminhando a resposta encontrada ao MoDEn e liberará o slot como vazio para o próximo nó.

A cada slot recebido do tipo 2 o MoCA conferirá o CHK e em caso do slot estar corrompido descartará o mesmo, tornando o slot vazio. Esta perda de informação deverá ser coberta pelas camadas superiores.

O MoCA, quando receber um slot vazio solicitará ao MoTraP um envelope para ocupar o slot e, se o MoTraP não tiver nenhum envelope para encaminhar ao MoCA

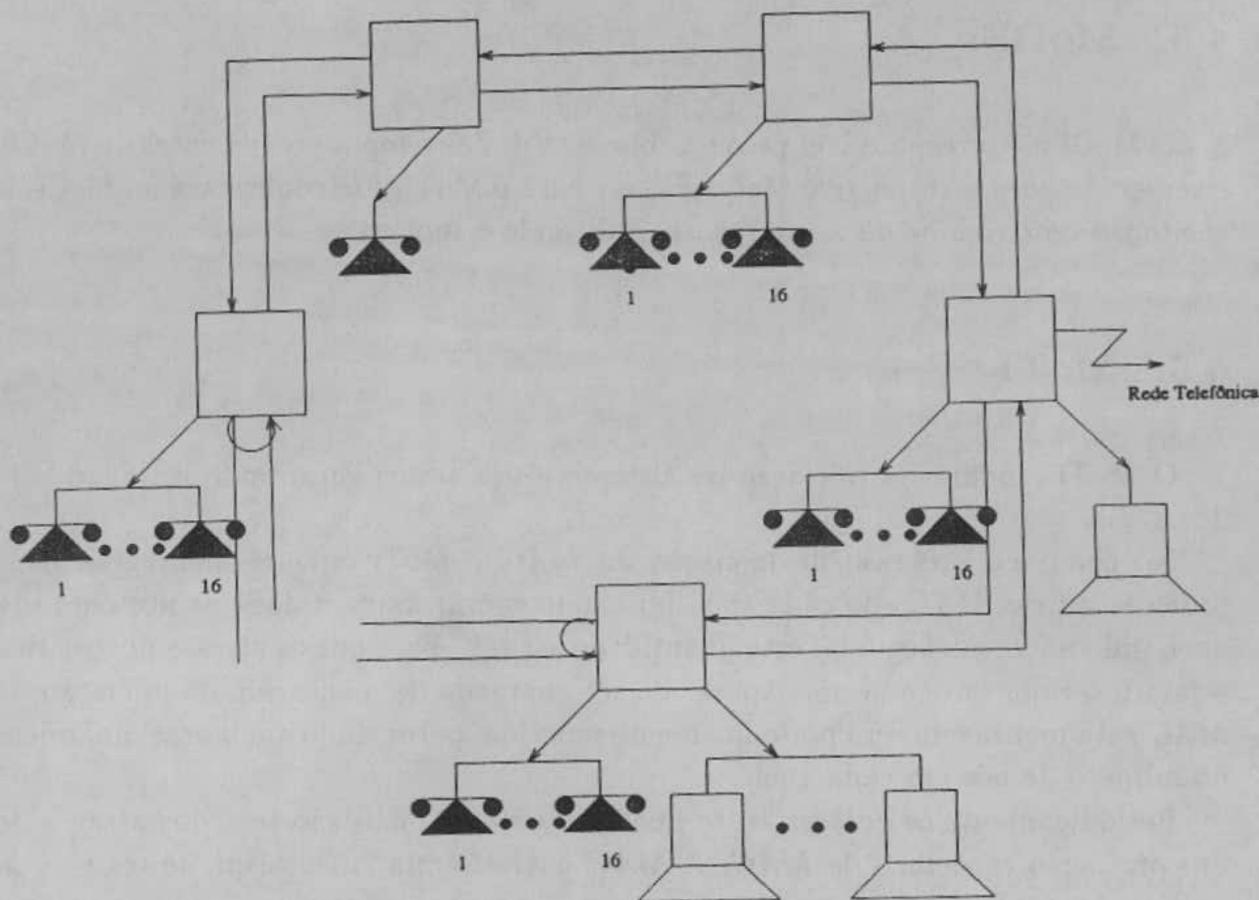


Figura 5: Cenário com um enlace rompido

este passará o *slot* vazio para o próximo nó.

O relógio do sistema será proveniente da camada física e terá um ciclo de 100 ns.

4.8 Ferramenta de Auxílio ao Projeto de Circuito Integrado Dedicado

Estamos utilizando como ferramental para desenvolvimento do projeto ferramentas para *Electronic Design Automation (EDA)* da *Mentor Graphics Corporation (MGC)*. Estas ferramentas permitem a definição estrutural de um circuito, especificando as interfaces e os tipos de interfaces (entrada/saída, barramento/binário) tanto a nível de *VHSIC Hardware Description Language (VHDL)* ([Per91]) como a nível de símbolo gráfico. Permitem a sua definição funcional, aqui também a nível de *VHDL* e a nível de captura esquemática gráfica, utilizando componentes genéricos, i.e. independente de família ou fabricante. Permitem a simulação com/sem atrasos de propagação nos componentes.

O ambiente utilizado é o *Frame Work*, utilizado por todas as ferramentas da *MGC*, que trabalham de forma integrada. As ferramentas mais utilizadas neste projeto são:

Design Architect ferramenta para:

- descrição estrutural gráfica;
- descrição funcional gráfica;
- descrição estrutural com VHDL e
- descrição funcional gráfica;

QuickSim II ferramenta para simulação lógica;

Design View Point ferramenta para modificar as propriedades inerentes de um projeto, e.g. atrasos em determinado tipo de componente;

Bold Browser ferramenta para manipulação da documentação da MGC e

Design Manager ferramenta para manipulação dos objetos (componentes e símbolos) do projeto.

Além destas ferramentas da MGC utilizamos também o programa "Tabela" do simulador "Lógico" desenvolvido pelo DT, para gerar circuitos seqüenciais a partir de estados lógicos.

5 Conclusões

Neste trabalho foi discutida a implementação da camada MAC para a RALFO. Do ponto de vista de transmissão de dados a RALFO não apresentou muitas vantagens em relação às redes locais tradicionais como a Ethernet⁴ e a Token Ring, porém lembramos que a taxa de transferência adotada, 10 Mbits/s, é relativamente baixa para o meio físico proposto. Um aumento desta taxa irá influir diretamente no desempenho da rede pois aumentaria a quantidade de slots por quadro.

Se levarmos em conta o modelo de Φ_E proposto pela equação (1), a taxa de descarte da rede, comparando com $N\bar{V}$, para $E = 68$ e $p = 0,5$, teremos o gráfico da Fig. 6, onde podemos verificar que para até 126 telefones em funcionamento simultâneo na rede teremos uma taxa de descarte (Φ_E) menor que 1%.

A utilização das ferramentas de *Computer Aided-Engineering (CAE)* da MGC está sendo fundamental para o desenvolvimento deste trabalho da forma como ele foi proposto e vem sendo conduzido. A opção por circuitos integrados dedicados aumentou em muito a complexidade do projeto, tornando a utilização de ferramentas de CAE indispensável. O ambiente da MGC com seu grande nível de integração e voltado para a engenharia concorrente, em muito tem facilitado o nosso desenvolvimento, permitindo o trabalho em equipe e a qualquer nível de abstração. Tais ferramentas permitem o modelar um componente a qualquer nível. Podemos modelar desde ao nível físico até ao nível de instruções lógicas de alto nível, numa descrição

⁴Ethernet é marca registrada da Xerox Corporation.

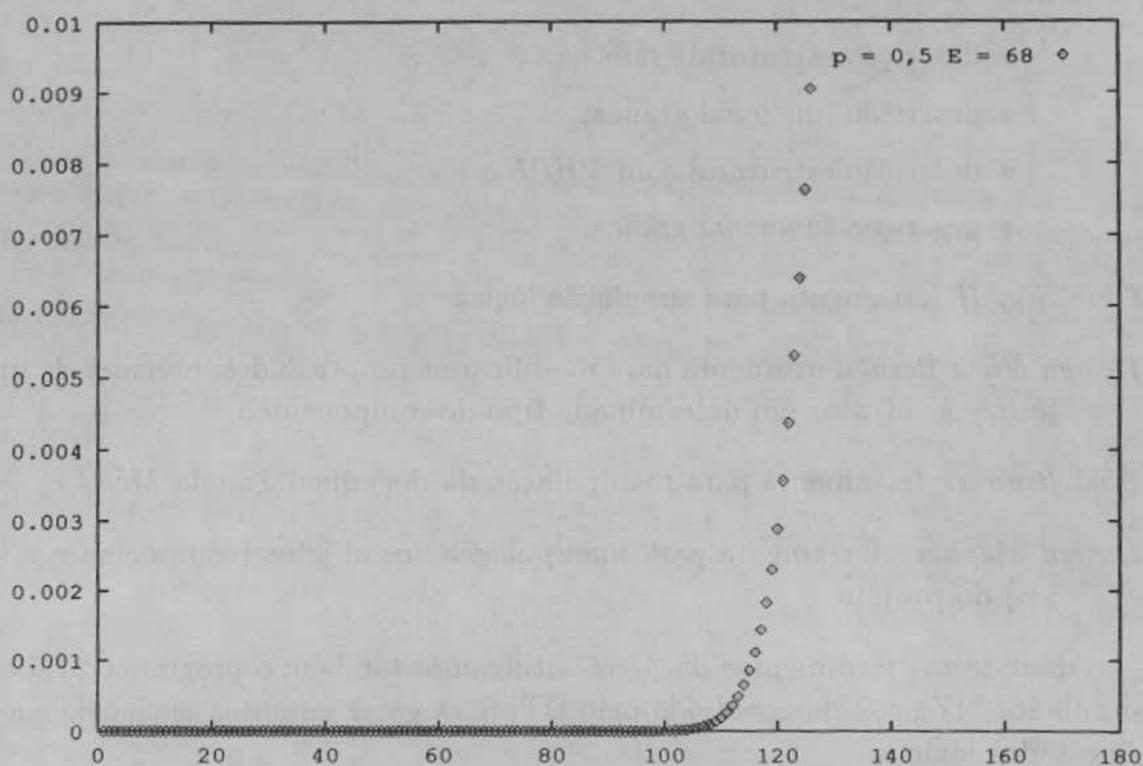


Figura 6: $N\bar{V}$ versus Φ_E

que utiliza-se de uma linguagem de alto nível como o *VHDL* ([Per91]). Além das facilidades de diversos níveis de abordagem do problema, dispomos de ferramentas com uma interface amigável, baseada no padrão *MOTIF/XWindows*, que em muito facilita o trabalho tanto a nível de captura esquemática como de simulação.

Referências

- [GM89] Paulo Roberto Guardieiro and S. Motoyama. Integrated voice and data services on a plastic optical fiber local area network. In *IEEE global telecommunication conference - GLOBECOM '89*, pages 1017-1021, Dallas/Texas - United States of America (USA), 1989.
- [Gon83] T. A. Gonsalves. Packet-voice communication on an ethernet local comp network. In *Proceedings Association for Computing Machinery (ACM) SIGCOMM'83 — Symposium on Communication Architectures and Protocols*. ACM, 1983.
- [Gua91] Paulo Roberto Guardieiro. *Um método de controle de acesso para rede local com fibras ópticas e integração de voz e dados*. PhD thesis, UNICAMP, FEE - UNICAMP - Campinas/SP - Brasil, October 1991.
- [HW93] A. Hopper and R. C. Williamson. Design and use of an integrated cambridge ring. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Journal on Selected Area in Communication*, SAC-1, November 1993.
- [Per91] Douglas L. Perry. *VHDL*. McGraw-Hill, Inc., São Paulo, 1991.
- [Pes91a] Paulo Maurício Costa Pessoa. Especificação de uma interface de voz para rede local com fibras ópticas e integração de serviços. In *9º simpósio brasileiro de redes de computadores*, pages 200-213, Florianópolis/SC - Brasil, May 1991.
- [Pes91b] Paulo Maurício Costa Pessoa. Implementação de uma interface de voz para rede local com fibras Óticas e integração de voz e dados. Master's thesis, UNICAMP, DT — FEE — UNICAMP — Campinas/SP, December 1991.
- [Wei86] C. J. Weinstein. Fractional speech loss and talker activity model for TASI and for packet-switched speech. *IEEE Transaction on Communication*, 4(6):1253-1257, September 1986.