

UM MÉTODO DE ACESSO PARA REDE LOCAL COM FIBRAS  
ÓPTICAS DE PLÁSTICO E INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS

Paulo Roberto Guardieiro  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
38.400 - Uberlândia - MG

Shusaburo Motoyama  
Departamento de Telemática  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
13.081 - Campinas - SP

RESUMO:

Neste trabalho apresentamos um método de acesso adequadamente desenvolvido para utilização em uma rede local de computadores com integração de serviços de voz e dados, e meio de transmissão em fibras ópticas de plástico. O emprego de mecanismos de detecção de atividade de voz ("SAD") e de fronteira móvel possibilitou alto grau de utilização dos canais de transmissão. Um modelo aproximado é sugerido para o estudo analítico do método de acesso proposto sob tráfego integrado. Através da solução deste modelo, extraíu-se informações acerca do seu desempenho.

ABSTRACT:

This paper presents an access method adequately developed for integrated voice/data local area networks with plastic optical fiber transmission media. Speech Activity Detectors (SAD) and a movable boundary mechanism are used to achieve high transmission channels utilization. An approximate model for analysing the integrated voice and data traffic has been proposed. The results obtained show the method fulfills the requirements of both types of traffic.

## 1. INTRODUÇÃO

A integração dos serviços de voz e dados em redes locais de computadores tem despertado muita atenção nos últimos anos. Isto se deve principalmente aos fatores de natureza econômica, pois a integração destes tráfegos heterogêneos possibilita a utilização otimizada das facilidades de transmissão e equipamentos de uma rede.

A maioria das redes locais de computadores em uso atualmente foram projetadas para a realização de tarefas típicas de um sistema de computação pertinentes ao tráfego convencional de dados, tais como: transferências de arquivos e processamento de transações. Para a integração de voz e dados, deve-se considerar que cada tipo de tráfego tem suas características e requisitos de serviço diferentes. Por exemplo, na transmissão de voz digitalizada, o número de pacotes cujo tempo entre a sua geração e a sua entrega à estação de destino excede um tempo limite, deve ser mantido muito baixo, quando se pretende uma boa inteligibilidade do sinal de voz reproduzido. Por outro lado, o tráfego de dados pode tolerar atrasos, uma vez que seu principal requisito é a transmissão completa e livre de erros de todos os pacotes de dados.

A função de um protocolo de acesso é promover o compartilhamento ordenado do meio de transmissão pelas estações de uma rede local. Para redes em barramento, um protocolo de acesso que tem demonstrado muita eficiência para a transmissão de dados é o CSMA-CD ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection"). No entanto, não é adequado para o tráfego de voz principalmente devido aos atrasos causados pelas colisões e, também pelo fato destas não serem previsíveis. O protocolo BRAM ("Broadcast Recognizing Access Method") [1] poderia ser adequado ao tráfego integrado de voz e dados, se não fosse necessário o conhecimento a priori do número exato de usuários que desejariam transmitir voz em um dado instante. A satisfação desta exigência implicaria na introdução de excessivo "overhead". Para redes em anel, os protocolos de acesso mais conhecidos também não foram desenvolvidos para a transmissão de voz e requerem modificações para suportar eficientemente este tipo de tráfego. Por exemplo, o protocolo Passagem de Permissão ("Token Passing") avaliado em [2], apresenta dificuldades para a manutenção do tempo de acesso ao meio dentro de limites

aceitáveis para o serviço de voz.

Atualmente, existe um crescente interesse pela utilização de fibras ópticas como meio de transmissão nas redes locais devido às suas qualidades já bastante reconhecidas. Recentemente surgiram as fibras ópticas de plástico, as quais apresentam qualidades adicionais, tais como: baixo custo e peso dos cabos, facilidades de corte, instalação e adaptação aos conectores ópticos, etc. Embora, estas fibras ainda sejam mais adequadas às instalações de curta distância devido aos níveis de atenuação que apresentam, elas são hoje uma excelente alternativa para a implementação de redes locais destinadas à automação de escritórios.

Em vista dos aspectos supracitados, o objetivo deste trabalho é propor um método de acesso para uma rede local com integração de voz e dados e meio de transmissão do tipo fibras ópticas de plástico. Este método foi desenvolvido a partir de experiências anteriores [12] e inclui vários melhoramentos, dentre os quais, um novo mecanismo de reserva de largura de faixa no meio que garante a manutenção da probabilidade de descarte de pacotes de voz dentro de níveis toleráveis e outro que evita a ocorrência de tempos de espera em fila inaceitáveis para o tráfego de sinalização na rede.

Este trabalho está organizado da forma descrita a seguir. Na seção 2 descreve-se uma arquitetura de rede local com fibras ópticas de plástico, as estruturas de quadro e envelope, e o método de acesso proposto. Na seção 3 apresenta-se um modelo aproximado para o estudo analítico do método de acesso sob tráfego integrado. Na seção 4, com base nos resultados obtidos na seção anterior, avalia-se o desempenho do método proposto e investiga-se os efeitos do tráfego de voz sobre o de dados. Finalmente, na seção 5 apresenta-se algumas das principais conclusões.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

### 2.1 Configuração de Rede Local

A configuração de rede local adotada neste trabalho e mostrada na figura 1, consiste basicamente em um conjunto de estações interconectadas através de um duplo anel de fibras ópticas de

plástico. A topologia em anel foi utilizada porque oferece o menor custo de implementação com fibras ópticas. A utilização de um mecanismo de proteção e a duplicação dos enlaces possibilita a isolação de falhas nos repetidores ativos e enlaces ópticos.

Considera-se que as N estações da rede são capazes de implementar todas as funções relacionadas com a comunicação entre elas, ou seja, controlar o acesso ao meio de transmissão, estabelecer a comunicação de voz e de dados, incluindo a função de comutação entre os usuários locais.

## 2.2 Estruturas de Quadro e de Envelope

Um quadro no anel tem duração fixa T, a qual representa o intervalo de tempo entre dois pacotes de voz consecutivos de um mesmo surto e estação. Devido à simplicidade das estruturas dos pacotes de voz ou de dados, eles são aqui denominados de ENVELOPES. Essas estruturas e a de quadro são mostradas na figura 2. O conteúdo e comprimento em bits dos campos de um envelope são os seguintes:

- SINC - sincronismo de envelope, com 1 bit.
- MON - controle, utilizado pelo nó monitor, com 1 bit.
- RES - reserva para voz no quadro seguinte, com 1 bit.
- C/V - ocupação de envelope (Cheio/Vazio), com 1 bit.
- DEST - endereço de nó destinatário, com 8 bits.
- ORIG - endereço de nó de origem, com 8 bits.
- V/D - tipo de informação transportada (Voz/Dados), com 1 bit.
- INFO - campo de informação, com 96 bits.
- ELOC - endereço local do usuário de voz, com 4 bits.
- CE - controle de erros p/ dados ou sinalização, com 8 bits.
- RE - resposta p/ dados ou sinalização, com 3 bits.

Numa rede local com integração de serviços de voz e dados, a estrutura de quadro merece especial atenção. Esta se deve ao longo tempo médio de duração de um surto de voz (1,366 segundos), em relação ao tempo T de quadro. Assim, um grande número de envelopes serão gerados a intervalos regulares T e, portanto, terão tempos de interchegada iguais e constantes. Em vista disso, obtém-se maior eficiência quando se trata todos os envelopes de um surto de uma só vez, transmitindo-os, quadro após quadro com o mesmo canal. Contudo,



sob condições de tráfego pesado na rede, os tempos de espera em fila para os envelopes de dados podem assumir valores inaceitáveis. Para superar esta dificuldade adota-se uma política de reserva de pequena parcela da largura de faixa disponível no meio para o tráfego de dados, uma vez que o tráfego de voz é prioritário.

Em termos da estrutura de quadro, esta reserva de largura de faixa está representada pela divisão do quadro em dois sub-quadros, denotados por sub-quadro de voz ( $T_v$ ) e sub-quadro de dados ( $T_d$ ). O sub-quadro de voz poderá ser compartilhado com o tráfego de dados, enquanto que o de dados é exclusivo. Cada sub-quadro é dividido em canais ("slots") de duração fixa  $t_c$ . Existem  $C_v$  canais em  $T_v$  e  $C_d$  canais em  $T_d$ , onde  $C_d$  representa cerca de 30% da capacidade  $C$  em canais do anel.

### 2.3 Método de Acesso Proposto

O método de acesso ao meio de transmissão aqui proposto baseia-se no protocolo conhecido como "slotted-ring" utilizado em redes do tipo "Anel de Cambridge" para o tráfego de dados [2]. Esta escolha se deve à sua adequação à operação síncrona e comprovado desempenho em redes de alta velocidade [3,4].

Conforme descrito a seguir, o método proposto realiza procedimentos distintos para o tráfego de voz e para o tráfego de dados.

#### 2.3.1 Tratamento do Tráfego de Voz

Durante a conversação, cada interlocutor alterna-se entre surtos de voz e intervalos de silêncio, com duração média de 1,366 e 1,802 segundos, respectivamente. Uma estação ao receber o início de um surto de voz digitalizada, começa a geração de envelopes de voz e aguarda a chegada do primeiro canal de um novo quadro no anel. Se os campos C/V e V/D indicarem que o canal está cheio (ocupado) com voz, a estação verificará o segundo canal do sub-quadro  $T_v$ . Se este canal estiver vazio (desocupado), o campo C/V será modificado para cheio, o V/D para voz e um envelope de voz carregado neste canal. Conforme abordado na seção anterior, este canal será mantido alocado a esta estação até que o último envelope do surto de voz seja transmitido.

Se o canal verificado estiver ocupado com envelope de dados, a estação o marcará como reservado para voz ( $RES = 1$ ) e poderá ocupá-lo no quadro seguinte. Caso este canal reservado não seja utilizado dentro de um intervalo de tempo  $2T$ , a estação monitora cancelará a reserva ( $RES = 0$ ). Se a procura por um canal vazio não for bem sucedida neste quadro, a estação fará o descarte do envelope de voz e recomeçará a procura por um canal vazio no primeiro canal do quadro seguinte, para o segundo envelope do surto. Assim, no pior caso, o tempo de espera em fila de um envelope de voz nunca excederá o tempo de dois quadros sucessivos ou  $2T$ , o que satisfaz ao requisito de tempo máximo de espera para transmissão de um envelope de voz. Diversos estudos já demonstraram que o descarte de uma quantidade limitada de envelopes de voz não prejudica a qualidade do sinal de voz reproduzido [5,6].

Na recepção dos envelopes, a estação destinatária após reconhecer seu endereço no campo de destino e realizar a leitura do conteúdo do canal, permanece no estado recepção aguardando a chegada de um novo envelope a cada quadro no anel, até o final do surto de voz.

### 2.3.2 Tratamento do Tráfego de Dados

Quando uma estação da rede recebe uma mensagem de dados de comprimento variável para transmitir, esta é dividida em segmentos de comprimento fixo e igual ao do campo de informação de um envelope. Em seguida, os envelopes são montados e armazenados em um buffer.

Se não houver envelope de voz à espera de transmissão no buffer correspondente, a estação verificará o estado de ocupação do primeiro canal a passar no anel. Caso o canal esteja vazio, o envelope de dados será transmitido. Se o canal estiver cheio, o próximo canal será verificado. Este procedimento será repetido para os demais envelopes da mensagem.

Após transmitir um envelope de dados, a estação deve aguardar o retorno do mesmo pelo anel, verificar seu campo RE e marcar o canal como vazio. A seguir, a estação iniciará a transmissão de um novo envelope de dados, se não houver envelope de voz para transmitir e se não for necessário repetir a transmissão do último envelope de dados transmitido.

Desde que uma estação encontre canais vazios, ela poderá transmitir qualquer quantidade de envelopes de dados durante os intervalos de silêncio ou inatividade do usuário de voz. Para isto, ela poderá utilizar canais dos sub-quadros  $T_v$  ou  $T_d$ . Porém, a estação deve liberar o canal logo em seguida à sua utilização, para que as demais estações da rede possam também utilizá-lo. A estação somente poderá reutilizá-lo se o mesmo retornar vazio no quadro seguinte. Adota-se este procedimento com a finalidade de garantir a equidade de acesso das estações ao meio de transmissão.

A recepção dos envelopes de dados se realiza através da análise dos campos de endereço de destino e remetente. Se uma estação reconhece seu próprio endereço no campo de destino, ela faz a leitura do envelope, modifica adequadamente seus campos CE e RE e transfere o campo de informação ao seu usuário de dados. Porém, se ela reconhece o seu endereço no campo de remetente, ela faz a leitura do campo RE e marca o canal como vazio. Se a retransmissão do envelope foi solicitada, ela iniciará os procedimentos para tal finalidade.

### 3. ESTUDO ANALÍTICO DO MÉTODO DE ACESSO PROPOSTO

O estudo analítico do método de acesso proposto baseia-se nas seguintes considerações:

- a) Os usuários de voz estarão sempre em atividade e alternando-se entre surtos de voz e intervalos de silêncio. Ambos os períodos são exponencialmente distribuídos e têm média  $1/\lambda_{sur}$  e  $1/\lambda_{sil}$ , respectivamente.
- b) O processo de chegada de mensagens de dados é do tipo poissoniano, com taxa média igual a  $\lambda_i$ , onde  $i$  refere-se à  $i$ -ésima estação da rede.
- c) Cada mensagem de dados é segmentada em  $G_i$  envelopes, caracterizando a chegada em lotes na estação.
- d) O comprimento das mensagens, em bits, tem distribuição exponencial e média  $1/\mu_i$ .
- e) O comprimento dos envelopes, em bits, é constante e igual ao dos canais.
- f) O número de envelopes/mensagem ( $h_i$ ) que chega à estação  $E_i$  tem distribuição geométrica. Assim, tem-se:

$$P[h_1 = k] = (1 - \theta_1) \cdot \theta_1^{(k-1)}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

onde:

$$\theta_1 = P[(\text{comprimento da mensagem na estação } i) > (\text{comprimento de um envelope})] = e^{-\theta \cdot \mu_1} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N$$

$\theta$  = duração do campo de informação do envelope.

O número médio de envelopes/mensagem ( $G_1$ ) é dado por:

$$G_1 = (1 - \theta_1)^{-1} \quad (3)$$

Nas referências [7] e [8], Halfin e Whitt, respectivamente, estudaram o modelo  $M^B/G/1$  considerando distribuição geométrica para o comprimento das mensagens e chegadas do tipo Poisson em lote. Zafirovic-Vukotic [4] adaptou os resultados apresentados em [7] para o caso de multi-servidores e obteve o Tempo Médio de Espera de Mensagem ( $TMM_1$ ), dado por:

$$TMM_1 = TME_1 - (G_1 - 1) \cdot t_1 \quad (4)$$

onde:

$TME_1$  = tempo médio de espera em fila de um envelope de dados.

$t_1$  = tempo médio entre o início de serviço de dois envelopes consecutivos de uma mesma mensagem na estação  $i$ .

O Atraso Médio de Transferência de uma Mensagem ( $ATM_1$ ) pode ser calculado considerando-se que o mesmo é constituído das seguintes parcelas: tempo médio de espera em fila da mensagem ( $TMM_1$ ); tempo médio de serviço de todos os envelopes da mensagem, com excessão do último  $(G_1 - 1) \cdot t_1$ ; tempo de transmissão do último envelope ( $t_u$ ); tempo médio de propagação do último envelope da mensagem da estação transmissora até à receptora ( $t_p$ ).

Dessa forma, tem-se:

$$ATM_1 = TMM_1 + (G_1 - 1) \cdot t_1 + t_u + t_p \quad (5)$$

De (4) e (5), obtém-se finalmente que:



$$ATM_1 = TME_1 + t_u + t_{p_1} \quad (6)$$

### 3.1 Determinação de $TME_1$ sob Tráfego Integrado

Uma estação qualquer da rede que possua um envelope de voz ou de dados para transmitir poderá encontrar o quadro no anel em uma das situações mostradas nas figuras 3(a)...3(d). Em cada uma delas, a rede ficará sujeita a valores diferentes de  $TME_1$  e seu cálculo poderá ser realizado com a aplicação dos resultados obtidos por Takagi [9] para o modelo de servidor único e cíclico. Este modelo foi adaptado aos protocolos de acesso do tipo "Anel de Cambridge" por Zavirovic-Vukotic [4] e, tem solução exata quando comparado com outros modelos analíticos de redes em anel, como por exemplo, o modelo de multi-filas e multi-servidores cíclicos de Morris e Wang [10]. Assim, ele é mais adequado ao estudo analítico do método de acesso proposto.

De acordo com o modelo de ocupação do quadro no anel, o tempo médio de espera em fila de um envelope de dados em qualquer estação da rede pode ser calculado, conforme mostrado a seguir:

a) Nenhum canal ocupado.

Inicialmente, considera-se a situação mostrada na figura 3(a), que representa o estado de ocupação do anel que pode ser observado por uma estação durante alguns quadros. Neste caso, sob condições de tráfego leve ou moderado e dimensionamento adequado do sistema, o tempo de espera em fila tende a ser praticamente nulo.

b) "j" canais ocupados.

Uma estação da rede poderá encontrar durante vários quadros sucessivos no anel, as situações mostradas nas figuras 3(b)...3(d). Generalizando, para "j" canais em média ocupados com voz, tem-se  $(C - j)$  canais disponíveis para o tráfego de dados, onde  $j = 1, 2, 3, \dots, C_v$ . Adaptando-se o modelo de Takagi [9] a este caso, o tempo de espera em fila de um envelope de dados ( $TE_j$ ) pode ser calculado por meio da seguinte expressão:

$$TE_j = T. \left\{ \frac{\lambda.G.T.(N+1).(C-j)^{-1} + 2.G.(\theta+1) - 1}{2[(C-j) - \lambda.G.T.(N+1)]} \right\} \quad (7)$$

onde o índice  $i$  dos parâmetros referentes à  $i$ -ésima estação foram suprimidos supondo-se simetria entre as mesmas.

Para o cálculo do tempo médio de espera em fila para um envelope de dados (TME), considera-se que uma pequena parcela dos  $C$  canais no anel estão reservados para o tráfego de dados ( $C_d$  canais). Assim, haverá disputa entre os tráfegos de voz e dados apenas pelos  $C_v$  canais restantes. Portanto, o tempo médio de espera em fila para um envelope de dados é dado por:

$$TME = \sum_{j=0}^{C_v} TE_j . (C_v + 1)^{-1} \quad (8)$$

O atraso médio de mensagens é determinado a partir da equação (6), e resulta em:

$$ATM = TME + t_u + t_p \quad (9)$$

### 3.2 Cálculo da Fração de Descarte de Envelopes de Voz

Para a determinação da fração de descarte de envelopes de voz, considera-se que os envelopes de dados ocupam somente os canais que ainda não foram reservados para voz no sub-quadro correspondente e, um canal já ocupado com dados terá que ser liberado no quadro seguinte. Assim, a influência do tráfego de dados sobre o descarte de envelopes de voz será considerada desprezível.

A fração de descarte de envelopes de dados pode ser facilmente determinada considerando-se um longo período de observação, suposto igual a  $M$  quadros sucessivos no anel. O número total de envelopes que poderão ser oferecidos para transmissão ( $\xi$ ) durante este intervalo de tempo será:

$$\xi = \sum_{k=0}^V k. M. \binom{V}{k} . p^k (1-p)^{(V-k)} \quad (10)$$

onde:

V = número total de terminais de voz.

p = probabilidade de que um surto de voz esteja sendo gerado por um terminal de usuário.

O número de envelopes descartados ( $\varphi$ ) será igual a:

$$\varphi = \sum_{k=C_v+1}^V (k - C) \cdot M \cdot \binom{V}{k} \cdot p^k \cdot (1 - p)^{(V - k)} \quad (11)$$

A fração de descarte de envelopes de voz ( $\Phi$ ) é obtida a partir da relação entre as equações (13) e (12), que resulta:

$$\Phi = \frac{1}{p \cdot V} \cdot \sum_{k=C_v+1}^V (k - C) \cdot \binom{V}{k} \cdot p^k \cdot (1 - p)^{(V - k)} \quad (12)$$

#### 4. RESULTADOS DE ANÁLISE E SIMULAÇÃO

Com a finalidade de analisar o desempenho do método de acesso proposto, alguns exemplos numéricos são apresentados a seguir. Para isto considerou-se uma rede local operando sob as seguintes condições: comprimento do anel = 5 km; número de estações = 30; taxa de transmissão = 34 Mbps; comprimento do campo de informação de um envelope = 96 bits; comprimento do "overhead" de um envelope = 32 bits; comprimento médio das mensagens de dados = 3000 bits; taxa de codificação do sinal de voz = 64 kbps; atraso máximo de propagação no meio = 5  $\mu$ s/km; estações equidistantemente distribuídas na rede; carregamento simétrico nas estações da rede; padrão de tráfego uniforme entre estações; 1/3 dos canais reservados para dados e 75 terminais de voz distribuídos entre as estações da rede.

Os resultados obtidos com a solução do modelo de ocupação dos canais no anel serão apresentados a seguir. Este modelo foi validado através de um programa simulador de rede escrito em GPSS, e documentado em [11]. Os resultados de simulação são mostrados nas figuras a seguir, juntamente com os resultados analíticos.

A fração de descarte de envelopes de voz versus o número de canais no anel é mostrada na figura 4. As curvas correspondem ao valor de

probabilidade de ocupação dos terminais ( $p$ ) igual a 0,4. Uma vez que frações de descarte de envelopes de voz de até 0,5% não acarretam prejuízo perceptível ao sinal de voz reproduzido [7,8], observa-se a partir dos resultados, que este sistema requer uma quantidade de canais no sub-quadro  $C_v$  aproximadamente igual à metade do número de terminais de voz na rede.

O atraso médio de transferência que as mensagens de dados ficam submetidas em relação ao tráfego de dados oferecido é mostrado na figura 5. Os resultados apresentados permitem concluir que a rede local tem bom desempenho sob condições de tráfego leve e moderado. Contudo, o atraso médio eleva-se rapidamente sob condições de tráfego pesado na rede, embora suporte cargas muito próximas da taxa de transmissão no anel.

A influência do número de canais no anel sobre o atraso médio de transferência de mensagens é muito reduzida, conforme pode ser observado na figura 6. Esta propriedade pode ser justificada pela tendência de aglomeração que os canais vazios apresentam quando do atendimento de uma determinada fila ou grupo vizinho de filas. Isto faz com que um aumento do número de canais não promova uma redução proporcional no atraso médio. Além disso, o aumento do número de canais implica no aumento da latência do anel (bits de registrador de deslocamento nas estações), neutralizando o efeito do aumento do número de canais.

A relação existente entre o atraso médio de mensagens e a taxa de transmissão no anel sob tráfego oferecido constante e igual a 5 Mbps é mostrada na figura 7. Observa-se que o atraso médio tende a decrescer com o aumento da taxa de transmissão. Esta propriedade é uma consequência da redução do tempo de duração de um canal no anel e aumento do número de canais à disposição das estações. Em termos do modelo de servidor cíclico, o aumento da velocidade com que o canal (servidor) circula pelo anel reduz o tempo de serviço.

## 5. CONCLUSÃO

Atualmente, a maioria das redes locais de computadores em uso foram projetadas para operar apenas com tráfego de dados. A integração dos serviços de voz e dados é economicamente interessante, mas requer o



desenvolvimento de novos protocolos de acesso adequados aos requisitos de serviço do tráfego integrado e ao meio de transmissão utilizado pela rede.

O método de acesso aqui proposto baseia-se na técnica "slotted ring" e adota procedimentos que permitem oferecer desempenho satisfatório sob tráfego integrado. O acesso ao meio é unificado para ambos os tipos de tráfego, facilitando a implementação das interfaces de comunicação da rede. O uso de mecanismos de detecção de atividade de voz ("SAD's) e de fronteira móvel na alocação da largura de faixa disponível pelo tráfego integrado possibilitam utilização eficiente dos canais de transmissão.

Um modelo para estudo analítico do método proposto foi sugerido e utilizado para avaliar seu desempenho. Os resultados obtidos com este modelo analítico correlacionam-se com os resultados obtidos por simulação e permitem concluir que o método proposto pode oferecer desempenho satisfatório sob condições operacionais diversificadas na rede local.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] CHLAMTAC, I.; FRANTA, W.; LEVIN, K. D.; "BRAM: Broadcast Recognizing Access Method". IEEE Trans. Commun., vol. COM-27, pp. 1153-1160, Aug. 1979.
- [2] FALCONER, R. M., et. al.; "A Simulation Study of the Cambridge Ring with Voice Traffic", British Telecom Technol. Journal, vol. 8, pp. 325-337, Aug. 1984.
- [3] HOPPER, A.; NEEDHAM, R. M.; "The Cambridge Fast Ring System", IEEE Trans. on Computers, vol. C-37, no. 10, pp. 1214-1223, Oct. 1988.
- [4] ZAFIROVIC-VUKOTIC, M.; NIEMEGEERS, I. G.; "Performance Analysis of Slotted Ring Protocols in HSLAN's", IEEE Journal on Sel. Areas in Comm., vol. 6, no. 6, pp.1011-1024, July 1988.
- [5] WEINSTEIN, C. J.; "Fractional Speech Loss and Talker Activity Model for TASI and for Packet-Switched Speech", IEEE Trans. on a Comm., vol. COM.-26, no. 8, pp. 1253-1257, Aug. 1978.
- [6] JAYANT, N. S.; CHRISTENSEN, S. W.; "Effect of Packet Losses in Waveform Coded Speech and Improvements Due to An Odd-Even

- Sample-Interpolation Procedure", IEEE Trans. Comm., vol. COM-29 Feb. 1981.
- [7] HALFIN, S.; "Batch Delays versus Customers Delays", BSTJ, vol. 62, pp. 2011-2015, Sep. 1983.
- [8] WHITT, W.; "Comparing Batch Delays and Customer Delays", BSTJ, vol. 62, pp. 2001-2009, Sep. 1983.
- [9] TAKAGI, H.; "Analysis of Polling Systems", The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1986.
- [10] MORRIS, R.J.T.; WANG, Y.T.; "Some Results for Multi-Queue Systems with Multiple Cyclic Servers", Performance of Computer Communications Systems, H. Rudin and W. Bux (Ed.), Elsevier Sc. Pub., pp. 245-258, 1984.
- [11] GUARDIEIRO, P. R.; "Projeto e Implementação de um Modelo de Simulação para Rede Local com Integração de Serviços", Relatório Interno, DEENE-UFU, 1991.
- [12] GUARDIEIRO, P. R.; MOTOYAMA, S.; "Integrated Voice and Data Service on a Plastic Optical Fiber Local Area Network", IEEE GLOBECOM '89 Conference Record, pp. 1017-1021, November 1989.

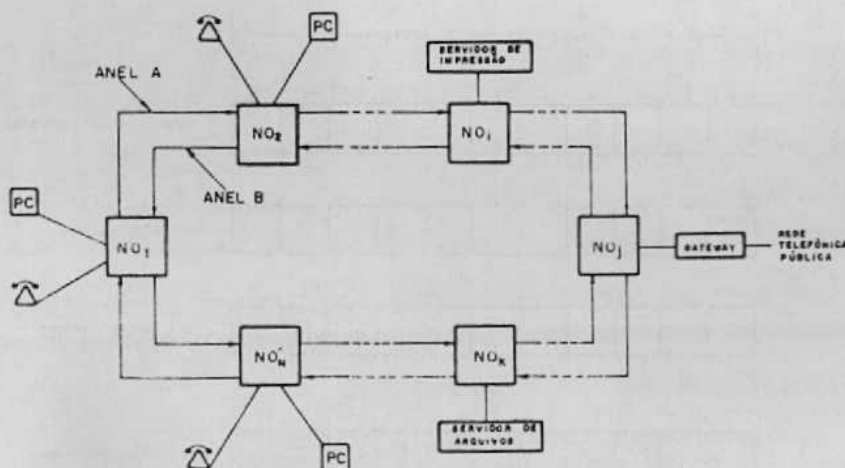


Figura 1 - Configuração de Rede Local com Fibras Ópticas.

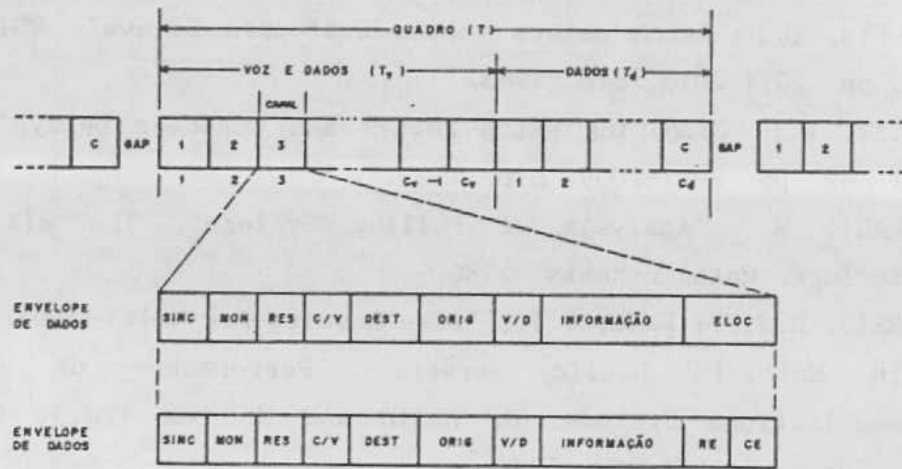


Figura 2 - Estruturas de Quadro e de Envelope.

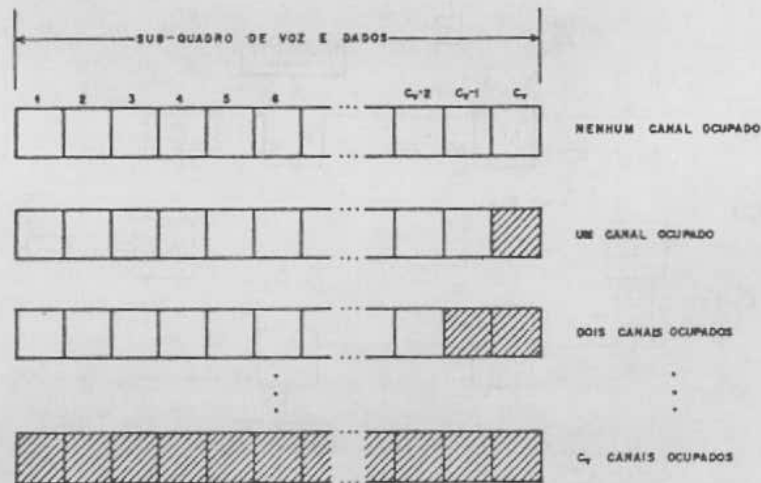


Figura 3 - Modelo Aproximado da Ocupação do Quadro no Anel.

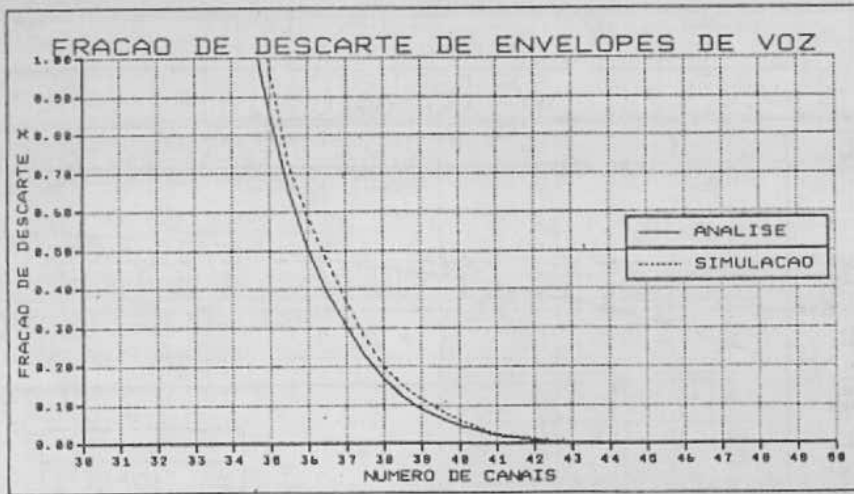


Figura 4 - Fração de Descarte de Envelopes de Voz vs. Número de Canais.

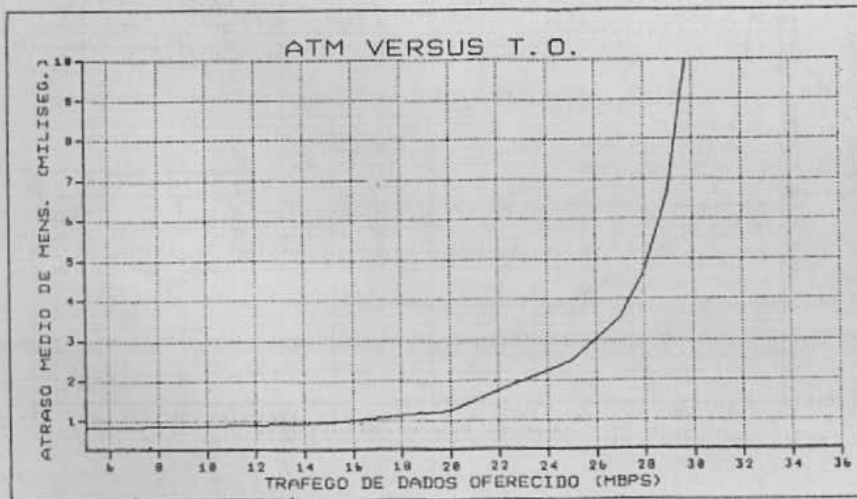


Figura 5 - Atraso Médio de Transferência de Mensagens vs. Tráfego Oferecido de Dados.



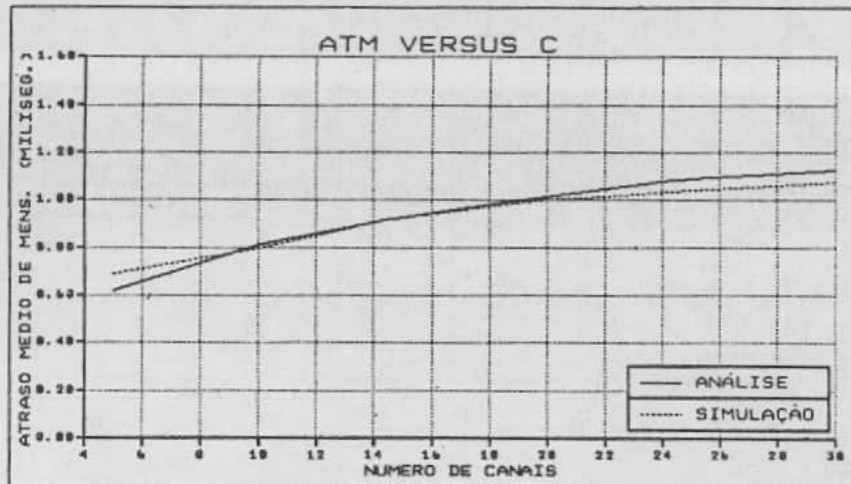


Figura 6 - Atraso Médio de Transferência de Mensagens vs. Número de Canais.

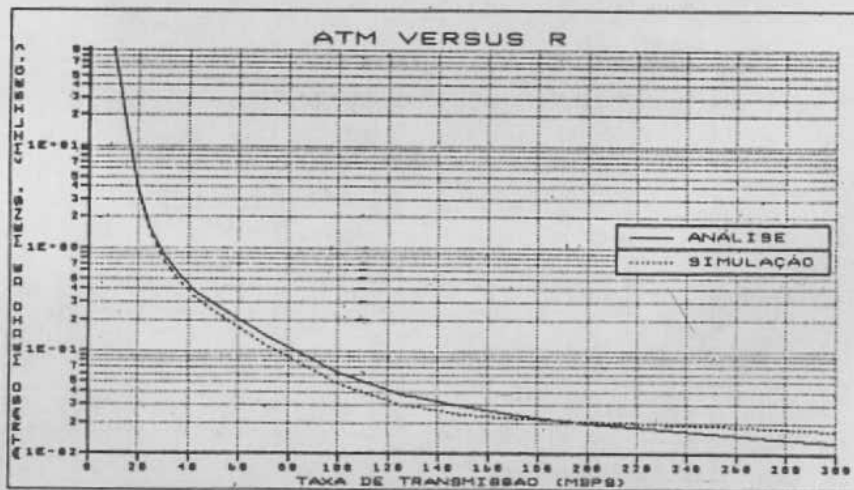


Figura 7 - Atraso Médio de Transferência de Mensagens vs. Taxa de transmissão no Anel.