

REDE LOCAL DE COMPUTADORES COM INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS
EM DUPLO ANEL DE FIBRAS ÓTICAS DE PLÁSTICO

PAULO ROBERTO GUARDIEIRO

Deptº Engª Elétrica - Univ. Federal de Uberlândia
38.400 - Uberlândia, MG

SHUSABURO MOTOYAMA

Faculdade de Engª Elétrica-UNICAMP
13.081 - Campinas, SP

RESUMO

Neste trabalho são propostas uma arquitetura de rede local em duplo anel de fibras óticas de plástico, e uma técnica de controle de acesso ao meio de transmissão adequada para a integração de voz e dados. Esta técnica possibilita aumentar a eficiência na utilização dos canais para a transmissão de voz por meio de um método de interpolação digital. Uma análise de desempenho de rede local com a arquitetura e técnica de acesso propostas é apresentada considerando somente tráfego de voz.

1. INTRODUÇÃO

A disseminação dos mini e microcomputadores nos ambientes de fábricas e escritórios ocasionou a necessidade de interligação desses equipamentos através de redes de comunicação, para utilização eficiente dos recursos computacionais. Esta rede é chamada rede local de computadores. Além da necessidade de interligação existe a necessidade de prover a troca de informação entre pessoa-pessoa. Essa comunicação ou troca de informações é feita por uma rede interna, através da utilização de uma central telefônica do tipo PABX.

A existência desses dois tipos de redes operando independentemente não utiliza de maneira eficiente os recursos operacionais oferecidos. Conseqüentemente, dispor de uma única rede que transporte uma variedade de sinais, compartilhando os recursos computacionais passa a ser imperativo. Esta rede será aqui denominada rede local de computadores com integração de voz e dados. Esta rede deve estar preparada para atender, além de um tráfego razoável de dados, um volume de tráfego de voz elevado.

A utilização de fibras óticas em redes locais é conveniente, pois associa à sua alta capacidade de transmissão, de confiabilidade e de imunidade às interferências, um custo reduzido em futuro próximo.

Assim, uma rede local de computadores com integração de voz e dados utilizando um suporte de transmissão tipo fibras óticas trará vantagens tanto econômicas como de utilização em grande escala.

As fibras óticas de plástico que surgiram recentemente [1], apresentam baixo preço e excelentes propriedades mecânicas em relação às fibras de sílica, o que as tornam muito atrativas. Por outro lado, ainda apresentam baixo desempenho em termos de atenuação e produto banda passante-distância. Contudo, para aplicação em redes locais destinadas à automação de escritórios, devido às pequenas distâncias que normalmente separam os nós da rede, as fibras óticas de plástico encontram aplicação bastante adequada ao substituir com vantagens os suportes de transmissão tipos pares trançados e cabos coaxiais.

O objetivo deste trabalho é propor uma arquitetura

de rede local de computadores com integração de voz e dados em suporte de transmissão tipo fibras óticas de plástico, bem como uma técnica adequada de acesso ao meio de transmissão.

Na seção II são discutidas a configuração topológica da rede, a estrutura de quadro e formatação de mensagens, e a técnica de controle de acesso. Na seção III é feita uma avaliação de desempenho da rede considerando somente o tráfego de voz. Finalmente, na seção IV são apresentadas as principais conclusões e os trabalhos futuros.

II. ARQUITETURA DA REDE LOCAL

II.1 - Configuração da Rede Local

A associação da tecnologia de redes locais de computadores com a tecnologia de transmissão por fibras óticas traz consigo algumas limitações tecnológicas, tal como, a característica essencialmente unidirecional da transmissão. Esse fato torna economicamente mais adequada a incorporação de fibras óticas em redes configuradas em anel [2], que é uma topologia baseada em enlaces ponto-a-ponto. Porém, a topologia em anel apresenta baixa confiabilidade, uma vez que uma falha em qualquer dos enlaces ou repetidores ativos da rede pode comprometer todo o sistema. Isso exige esforços na busca de estratégias para garantir um nível de confiabilidade satisfatório. Uma estratégia básica consiste em se dar um determinado grau de redundância ao sistema permitindo assim a isolação de falhas individuais, por meio de reconfiguração da rede. A duplicação dos enlaces configurando um duplo anel, assim como o uso de técnicas de isolação ("by pass") nos repetidores dos nós de comunicação permitem que se consiga um certo grau de tolerância às falhas. Em virtude dessas características adotou-se a arquitetura da rede local em duplo anel conforme ilustrado na Figura 1.

Sob a condição de falha em um dos enlaces, a reconfiguração da rede será estabelecida por meio de um caminho alternativo de retorno ("loopback"), que os nós de comunicação terão condições de criar. A Figura 2 ilustra esta operação, a qual é desencadeada pelo próprio nó ao detectar sua desconexão com o nó vizinho.

Além de responder aos requisitos de confiabilidade, a arquitetura de rede local adotada permite compensar a deficiência das fibras óticas de plástico em termos de produto banda passante-distância. Isso é feito através da utilização simultânea dos anéis, em condições normais de operação da rede. Assim, a confiabilidade e o desempenho da rede podem ser ao mesmo tempo aumentados com a arquitetura adotada.

II.2 - Estruturas de Quadro e Formatação de Mensagens

Os parâmetros que caracterizam cada um dos anéis da rede local em duplo anel da Figura 1, bem como o seu desempenho estão relacionados com o comprimento L do suporte de transmissão, com a velocidade de propagação α neste tipo de suporte, com o número N de estações ou nós de comunicação da rede, e com a banda de passagem B do suporte de transmissão (medida em bits/unidade de tempo).

O tempo necessário para que cada bit em circulação em cada um dos anéis complete uma volta é dado por [3]:

$$T = \frac{L}{\alpha} + \frac{N \cdot d}{B} \quad (1)$$

onde:

d = atraso por nó de comunicação em bits.

O tempo T é dividido em um número inteiro de intervalos de tempo ("slots"), ou simplesmente canais, os quais são utilizados para a passagem de informação.

O número máximo de bits que um anel pode conter é igual a:

$$M = T \cdot B \quad (2)$$

Se cada canal contiver p bits, então o número de canais que um anel poderá acomodar será dado por:

$$E = \left\{ \frac{M}{T} \right\} \quad (3)$$

onde $\{x\}$ é a parte inteira de x . Os bits restantes serão feitos iguais a zero lógico, e formarão um intervalo útil para sincronismo denominado "gap", cujo comprimento g em bits é dado por:

$$g = M - E \cdot p \quad (4)$$

Ao conjunto dos E canais acrescidos do "gap" denominaremos QUADRO.

As mensagens a serem transmitidas através dos canais serão aqui formatadas em pacotes simplificados de p bits de comprimento denominados ENVELOPES. As estruturas de quadro e envelope estão mostradas na Figura 3. Conforme pode ser observado, um envelope é composto dos campos: cabeçalho, informação e cauda ("trailer"). O primeiro bit que aparece é o bit IN, mantido permanentemente em "1 lógico", que juntamente com o "gap" realizam o sincronismo de quadro de cada nó de comunicação da rede. O bit C/V (cheio/vazio) define o estado de ocupação de um canal.

O cabeçalho de um envelope também inclui os campos relativos aos endereços de nó destinatário e remetente da informação. O tipo de informação contida no campo correspondente é definida pelos bits CCI (controle

de campo de informação).

A cauda de um envelope trará os bits RE (resposta) e CE (controle de erros). Os bits RE servem para o nó destinatário responder ao nó remetente sobre o sucesso ou insucesso na transmissão de um envelope. Os bits CE possibilitam a implementação de um código corretor de erros de transmissão.

Um nó da rede denominado NÓ MONITOR é responsável pela inicialização da mesma, colocando os canais em circulação pelos anéis. Qualquer nó da rede poderá desempenhar o papel de nó monitor. Inicialmente, o nó monitor será o nó número 1 e, em caso de falha deste, o nó número 2 poderá assumir esta função, e assim sucessivamente. O nó monitor também supervisionará a rede retirando de circulação os canais permanentemente cheios por falhas de hardware ou software.

II.3 - A Técnica de Controle de Acesso

A técnica de controle de acesso aqui descrita é baseada no método "Empty Slot" utilizado na rede conhecida como Anel de Cambridge, desenvolvida na Universidade de Cambridge, na Inglaterra [4], para comunicação de dados. Este método fundamenta-se na existência de um número inteiro de canais ("slots") circulando permanentemente pelo anel. Cada canal circula portanto um bit que informa se o mesmo está ou não transportando informação (cheio ou vazio, respectivamente).

Um nó da rede desejando transmitir um envelope de dados deverá aguardar a passagem de um canal vazio. Ambos os anéis da rede em duplo anel da Figura 1 terão seus canais testados um-a-um, até que a passagem de um deles vazio seja detectada. Quando isto ocorrer, o nó de comunicação verificará se este canal foi utilizado pelo mesmo no quadro anterior. Caso isso tenha ocorrido, este canal será desprezado e nova tentativa de alocação será desencadeada. Esta medida tem por objetivo garantir equidade de acesso ao meio de transmissão.

O canal encontrado vazio terá seu bit 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 de comunicação estarão analisando continuamente um sub-campo dos envelopes denominados ENDEREÇO DESTINATÁRIO. Uma vez detectado o seu próprio endereço neste sub-campo, o nó fará uma cópia do conteúdo do envelope recebido. Em seguida, o envelope será retransmitido ao nó remetente com os bits RE adequadamente modificados, para informar ao mesmo sobre o sucesso ou insucesso na transmissão do envelope de dados ou sinalização. Além disso, o nó remetente deverá modificar o bit C/V para vazio. O canal em seguida é recolocado em circulação e poderá ser utilizado por qualquer outro nó da rede.

O método de acesso acima descrito pode ser utilizado para dados com desempenho satisfatório [5,6]. No tratamento dos sinais de voz digitalizados, este método de acesso não é conveniente, pois pode acarretar atrasos consideráveis, uma vez que os sinais de voz ne-

cessitam de um tratamento quase em tempo real. Além disso, os sinais de voz aparecem em surtos com durações relativamente mais longas que os de dados. Assim, é necessário que o método de acesso para sinais de voz garanta que um canal alocado para um surto, permaneça alocado até que ocorra um novo intervalo de silêncio. Isto é feito ocupando-se aleatoriamente um canal vazio quando da ocorrência de um surto de voz, e mantendo-se esta ocupação até que aconteça um novo intervalo de silêncio. A Figura 4 apresenta um diagrama de fluxo que descreve o método de acesso proposto.

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 possibilitarem a alocação de um canal vazio dentro de um intervalo de tempo de quadro, o envelope de voz pronto para a transmissão será descartado ("freeze-out"). Diversos estudos já demonstraram que o descarte de uma certa quantidade de envelopes de voz não afeta a qualidade do sinal de voz reproduzido [7].

III. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO CONSIDERANDO SOMENTE O TRÁFEGO DE VOZ

Nas conversações telefônicas, cada usuário está geralmente em atividade somente cerca de 40% do tempo total. Durante intervalos de inatividade (pausas) o canal de transmissão não é utilizado.

O método de acesso ao meio de transmissão proposto possibilita aumentar a eficiência na utilização dos canais, aproveitando os intervalos de silêncio para a transmissão de sinais de voz de outros usuários. Dessa forma, a capacidade do sistema em termos do número de terminais de voz pode ser aumentada.

Para efeito de avaliação de desempenho consideraremos somente o tráfego de voz. As estações da rede conterão cada uma V terminais de voz. Conforme descrito na seção II.3, um terminal que estiver durante um surto de voz transmitirá um envelope a cada T ms. Todos os envelopes irão conter um número igual de bits, e a mesma prioridade de transmissão. Um total de até C canais poderão passar vazios por um dos nós da rede durante um quadro (T ms).

Durante um quadro, as N estações da rede poderão produzir até NV envelopes, e no máximo C envelopes poderão ser transmitidos pelos dois anéis. Assim, se $K > C$ envelopes forem produzidos em um quadro, então $k - C$ desses envelopes serão descartados.

Um importante parâmetro para avaliação de desempenho de um sistema dessa natureza é a fração de envelopes de voz perdidos devido ao descarte [9]. Esta característica pode ser facilmente determinada considerando-se um longo intervalo de observação igual a MT, por exemplo. O número total de envelopes que poderão ser oferecidos para transmissão durante este intervalo de tempo será:

$$\text{envelopes oferecidos} = \sum_{k=0}^{NV} K.M. \binom{NV}{k} . p^k . (1-p)^{NV-k} \quad (5)$$

onde:

NV = nº total de terminais de voz,

p = probabilidade de que um terminal de usuário esteja durante um surto aleatório de voz.

O número de envelopes descartados será igual a:

$$\text{envelopes descartados} = \sum_{k=C+1}^{NV} (k-C) . M. \binom{NV}{k} . p^k . (1-p)^{NV-k} \quad (6)$$

A fração de envelopes descartados ϕ_E é obtida dividindo-se (6) por (5), o que resulta em:

$$\phi_E = \frac{1}{p.NV} \sum_{k=C+1}^{NV} (k-C) . \binom{NV}{k} . p^k . (1-p)^{NV-k} \quad (7)$$

A Figura 5 mostra valores percentuais da fração de envelopes descartados em função do número de canais, para uma rede composta de 75 terminais de voz, distribuídos em 15 estações com 5 terminais cada. O efeito de uma fração de descarte de envelopes 0,5% sobre o sinal de voz reproduzido é desprezível [9]. Assim, neste exemplo, para $p = 0,5$ serão necessários 44 canais (22/anel) para a obtenção de uma fração de descarte de envelopes de voz menor que 0,5%.

IV. CONCLUSÃO

Neste artigo foi proposta uma arquitetura de rede local de computadores com integração de voz e dados. A configuração proposta é em forma de duplo anel, e o esquema de acesso ao meio de transmissão possui semelhanças com o esquema "Empty Slot" utilizado na rede conhecida como Anel de Cambridge. As modificações introduzidas no esquema original para comunicação de dados, permitem a integração de voz e dados.

O suporte de transmissão utilizado é o de fibras ópticas de plástico, as quais apresentam vantagens de baixo custo e excelentes propriedades mecânicas em relação às de sílica. A configuração de rede proposta permite que essas vantagens sejam usufruídas, e ao mesmo tempo compensa o pequeno produto banda passante-disponibilidade oferecido pelas fibras ópticas de plástico disponíveis atualmente. Além disso, a configuração proposta também aumenta a confiabilidade global da rede.

Uma análise de desempenho do método de acesso proposto considerando somente o tráfego de voz também foi apresentada. Dos resultados obtidos conclui-se que a eficiência na utilização dos canais de transmissão pode ser aumentada sem degradação perceptível na qualidade do sinal de voz reproduzido. Espera-se com o desenvolvimento do projeto, a realização de modelos analíticos para análise de desempenho para o tráfego de voz e dados integrados.

V. REFERÊNCIAS

[1] MOSCHIM, E., et. al., "Conception of a Plastic Optical Fiber Token Ring Local Area Network", Anais do 5º SBT, Campinas, SP, setembro, 1987,

pp. 300-303.

- [2] GIOZZA, W.F., "Tecnologia de Redes Locais com Fibras Óticas", Anais do 2º SBRC, Campina Grande-PB, abril, 1984, pp. 15.1-15.29.
- [3] KING, P.J.B., MITRANI, I., "Modeling a Slotted Ring Local Area Network", IEEE Trans. on Computers, vol. C-36, No. 5, May, 1987, pp. 554-561.
- [4] HOPPER, A., WILLIAMSON, R.C., "Design and Use of an Integrated Cambridge Ring", IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Vol. SAC-1, November, 1983, pp. 775-784.
- [5] BUX, W., "Local - Area Subnetworks : A Performance Comparison", IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-29, No. 10, October, 1981, pp. 1465-1473.

- [6] STALLINGS, W., "Local Network Performance, IEEE Comm. Mag., Vol. 22, No.2, February, 1984, pp. 27-36.
- [7] RAVASIO, P.C., et. al., "Voice Transmission over an Ethernet Backbone", Proceedings of the IFIP on Local Computer Networks, Florence - Italy, April, 1982, pp. 39-65.
- [8] MEDNIK, R., "Office Information Network: An Integrated LAN", GLOBECOM 85, New Orleans, December, 1985, pp. 451-456.
- [9] WEINSTEIN, C.J., "Fractional Speech Loss and Talker Activity Model for TASI and for Packet-Switched Speech", IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-26, No. 8, August, 1978, pp. 1253-1257.

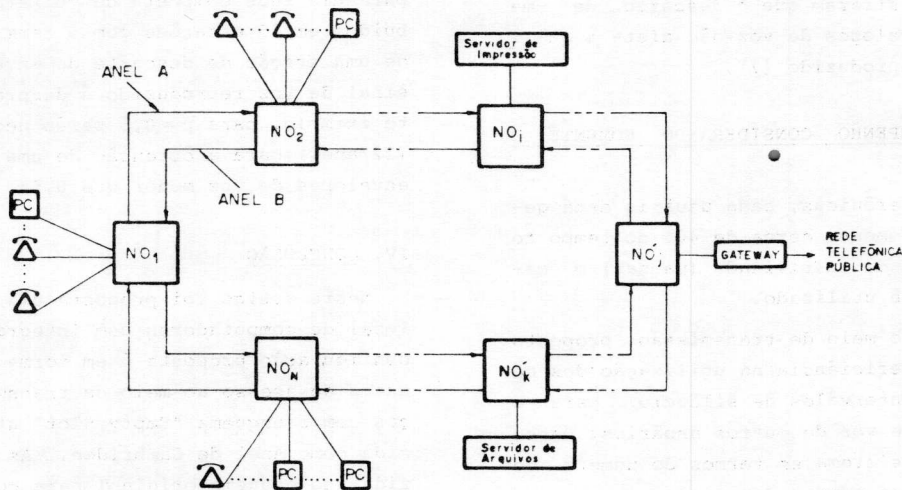


Figura 1 - Arquitetura da Rede Local em Duplo Anel.

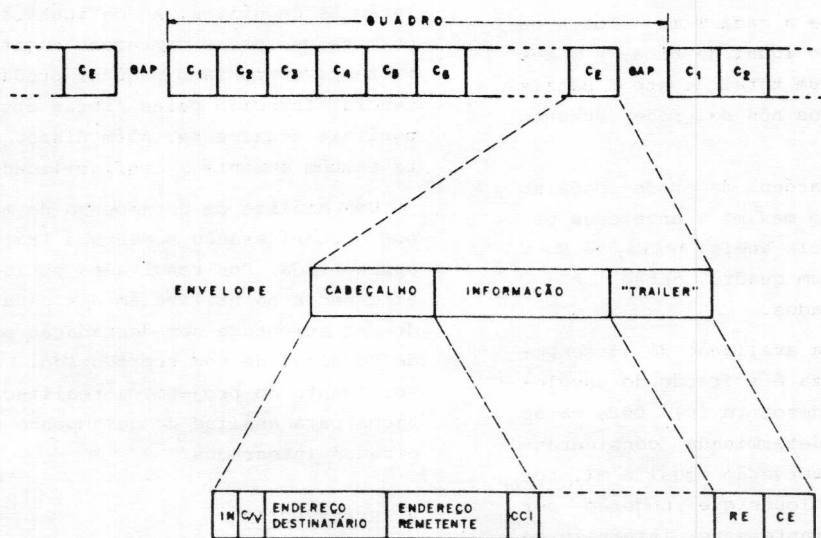


Figura 3 - Estruturas de Quadro e Envelope.

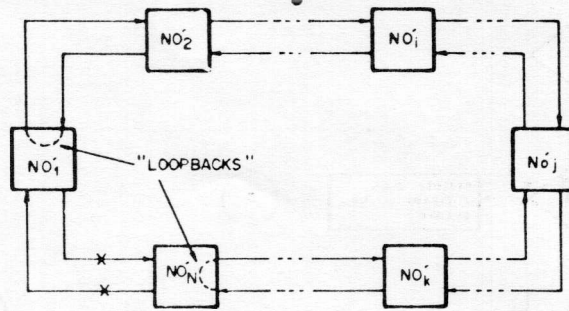


Figura 2 - Reconfiguração da Rede Local usando "Loop-backs".

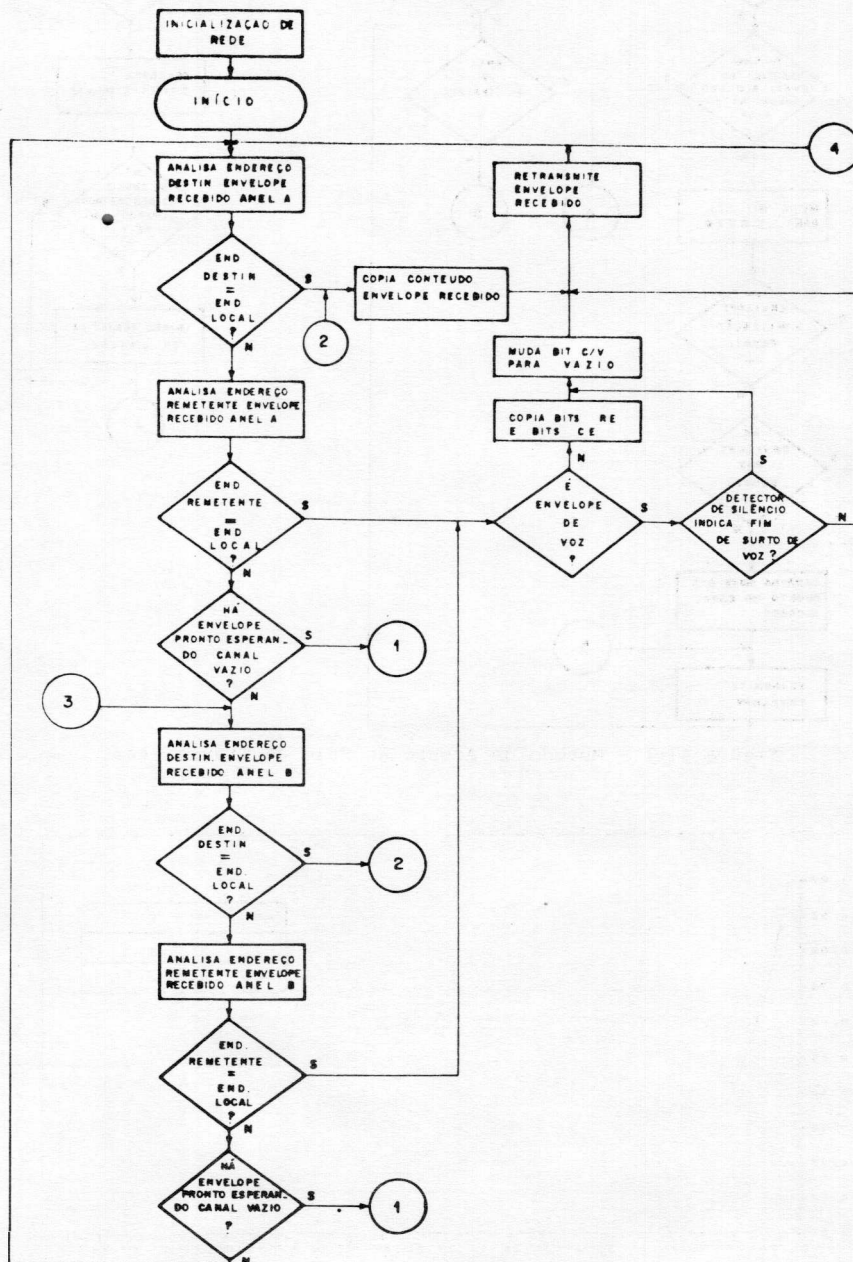


Figura 4(a) - Método de Acesso ao Meio de Transmissão.

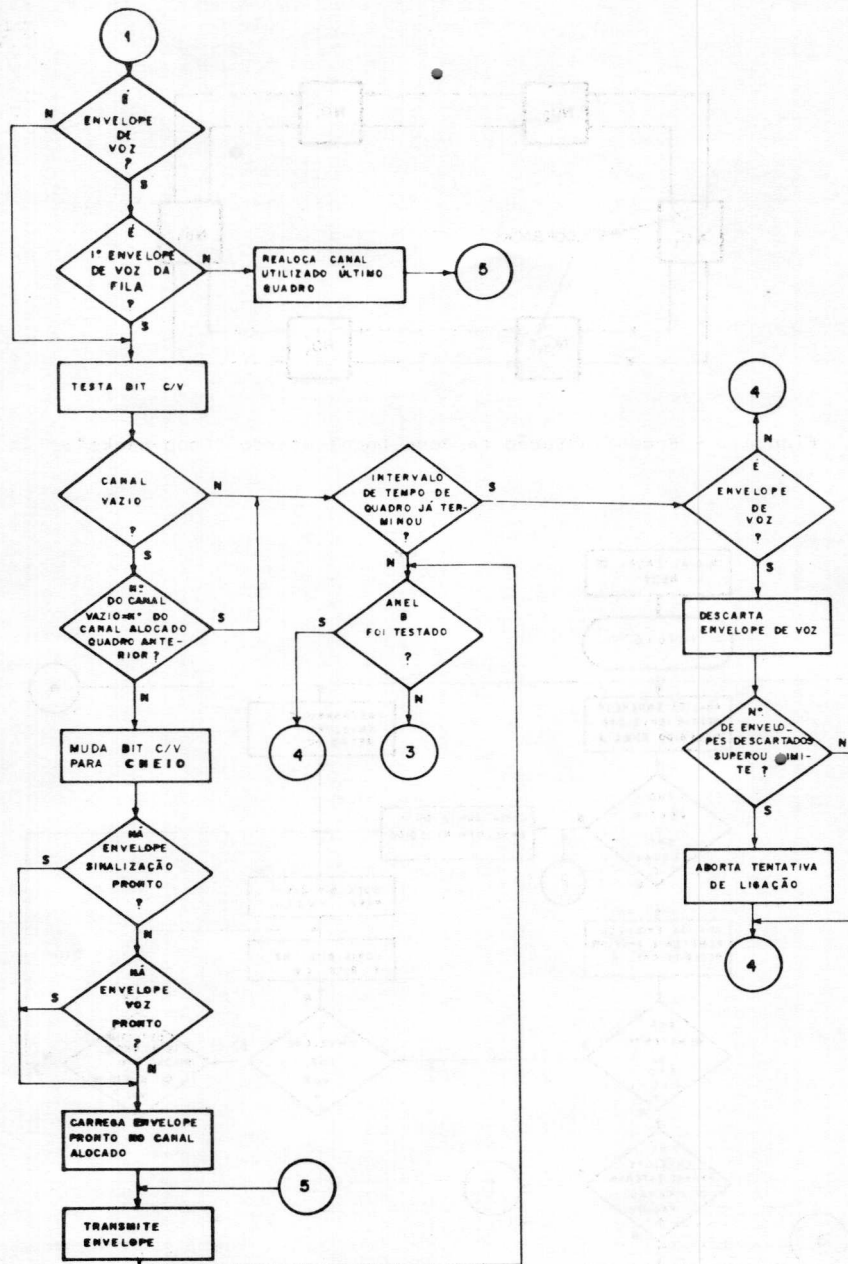


Figura 4(b) - Método de Acesso ao Meio de Transmissão.

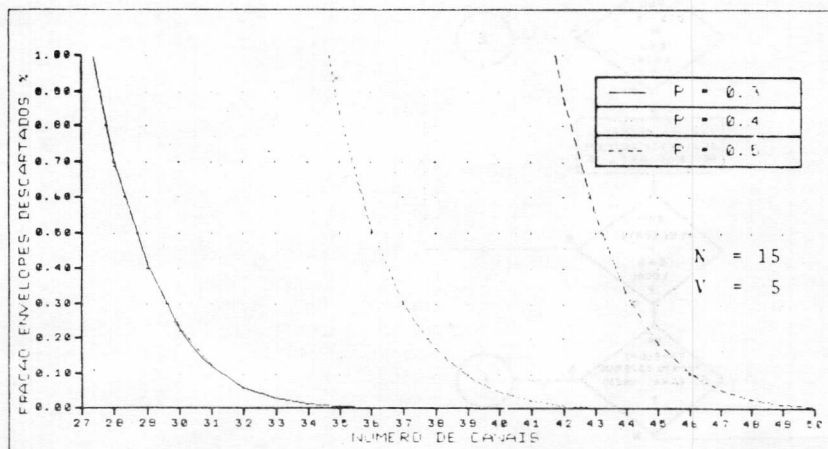


Figura 5 - Fração de Descarte de Envelopes de Voz.