

Rede Experimental da PUC/RJ para Integração de Voz e Dados

Luiz Fernando G. Soares      Marcus Fábio Vieira      Simone L. Martins

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Rua Marquês de São Vicente 225, Gávea  
22453 - Rio de Janeiro

### RESUMO

Este artigo descreve em linhas gerais o projeto de integração de serviços de voz e dados na rede local REDPUC desenvolvida na PUC/RJ. São descritos a rede experimental, seu estado atual e os projetos futuros que o Grupo de Redes da PUC/RJ pretende se concentrar nos próximos anos.

#### 1- Introdução

As vantagens de se codificar um sinal analógico para transmissão e tratamento são bastante conhecidas e amplamente discutidas na literatura. O tratamento de voz sem ser no modo pacote não é também fato novo. A novidade em pesquisa está localizada na aplicação de redes por chaveamento de pacotes para transmissão de voz.

A integração de serviços traz em si várias vantagens. A redução dos custos de processamento em relação aos custos das vias de comunicação nos últimos anos, tornou vantajosa a utilização de uma única via de comunicação para serviços diversos, ainda que às custas de um maior processamento em relação à utilização de canais específicos para cada tipo de

serviço. Outra vantagem vem da verificação de que em muitos sistemas de comunicação de dados existem normalmente capacidades ociosas que poderiam ser utilizadas por outras classes de serviços. Além disso, os recentes desenvolvimentos na área de interpretação da voz humana e de imagens por computador sugere, para um futuro próximo, um sistema altamente interativo entre homens e máquinas para o qual as redes integradas serão um veículo de comunicação adequado.

REDPUC (1) é uma rede local em barra comum de alto desempenho e alta confiabilidade, desenvolvida pelo Grupo de Redes de Computadores da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em convênio com a Empresa Brasileira de Telecomunicações - EMBRATEL, para aplicações em tempo real, em particular, integração de serviços voz-dados.

Neste artigo é apresentado, inicialmente e rapidamente, a arquitetura da REDPUC, uma vez que é ela que servirá de suporte à rede experimental. No item 3 a rede inicial experimental é descrita. O item 4 descreve o estado atual do projeto. No item 5, conclusões, vários trabalhos futuros são abordados.

## 2- A REDPUC

Desenvolvida pelo Grupo de Redes de Computadores da PUC/RJ, a REDPUC é uma rede local em barra comum, utilizando como meio de transmissão um cabo coaxial, e como procedimento de acesso a passagem de permissão. Os principais requisitos (e suas consequências) que nortearam todo o projeto podem ser encontradas nas referências (1 e 2), e os serviços oferecidos por seu

protocolo de acesso à barra - PAB (nível físico e de ligação) podem ser assim agrupados:

- .Transmissão serial bit a bit em um meio do tipo difusão (rede em barra comum), de baixa taxa de erros, a uma velocidade de 10 Mbps.
- .Recepção serial bit a bit a uma velocidade de 10 Mbps sem recuperação ou detecção de erros de transmissão.
- .Conexão com o meio físico através de transceptores, onde a inserção ou retirada de um módulo da rede pode ser realizada sem parar a mesma.
- .Transmissão e recepção de quadros de tamanho variável (0 a 510 bytes) onde a delimitação do quadro é realizada pela presença ou ausência de sinais no meio.
- .Ligação "half-duplex".
- .Serviço de datagrama não confiável.
- .Detecção de erros.
- .Tolerância às falhas permanentes mencionadas em (1).
- .Inserção e deleção de uma estação na rede sem a necessidade de parar a mesma.
- .Tolerância às falhas transientes.
- .Reportagem de diagnósticos e estatísticas.
- .Rotinas de manutenção.
- .Possibilidade de estabelecimento de prioridades.
- .Tempo de resposta máximo garantido.
- .Endereçamento módulo a módulo, endereçamento de grupo, endereçamento global e modo espião.

A interface oferecida pelo nível de ligação aos níveis superiores de protocolos é apresentada informalmente através das

rotinas vistas na tabela I. Uma especificação detalhada desta interface pode ser encontrada em (3 e 1).

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <u>procedure</u>            | TRANSMITE-QUADRO (MOD-DEST: ENDEREÇO; DADOS-SAÍDA: DADOS)   |
| <u>procedure</u>            | RECEBE-QUADRO (VAR MOD-DEST: ENDEREÇO; VAR DADOS-ENT: DADOS)  |
| <u>procedure</u>            | CONFIGURAÇÃO (PARAM-CONF: (CONECTA, DESCONECTA))  |
| <u>procedure</u>            | RESET   |
| <u>procedure</u>            | INICIA-ESTATÍSTICA  |
| <u>procedure</u>            | MANUTENÇÃO  |
| <u>procedure</u>            | DEFINE-GRUPO (PARAM-GRUPO: END-GRUPO; PARAM-DEF: (INSERE, RETIRA))  |
| <u>procedure</u>            | RECEBE-PARAMETROS (PARAM-ESPECIFICADO: END-PARAM, VAR PARAMETROS<br>PEDIDOS: LISTA DE PARAMETROS)   |
| <u>procedure</u>            | RECEBE-STATUS (VAR ESTADO: STATUS)  |
| <u>type status = record</u> | (MENSAGEM-NO-BUFFER-DE-RECEPCÃO: BOOLEAN;<br>ESPAÇO-SUFICIENTE-NO-BUFFER-DE-TRANSMISSÃO: BOOLEAN;<br>BUFFER-DE-RECEPCÃO-CHEIO: BOOLEAN;<br>ÚLTIMO-COMANDO-EXECUTADO: BOOLEAN;<br>BUFFER-PARALELO-DE-DADOS-DISPONÍVEL: BOOLEAN;<br>OPERAÇÃO: (DESCONECTADO-DA-REDE, CONECTADO-A-REDE, FALHA-<br>PERMANENTE)) |

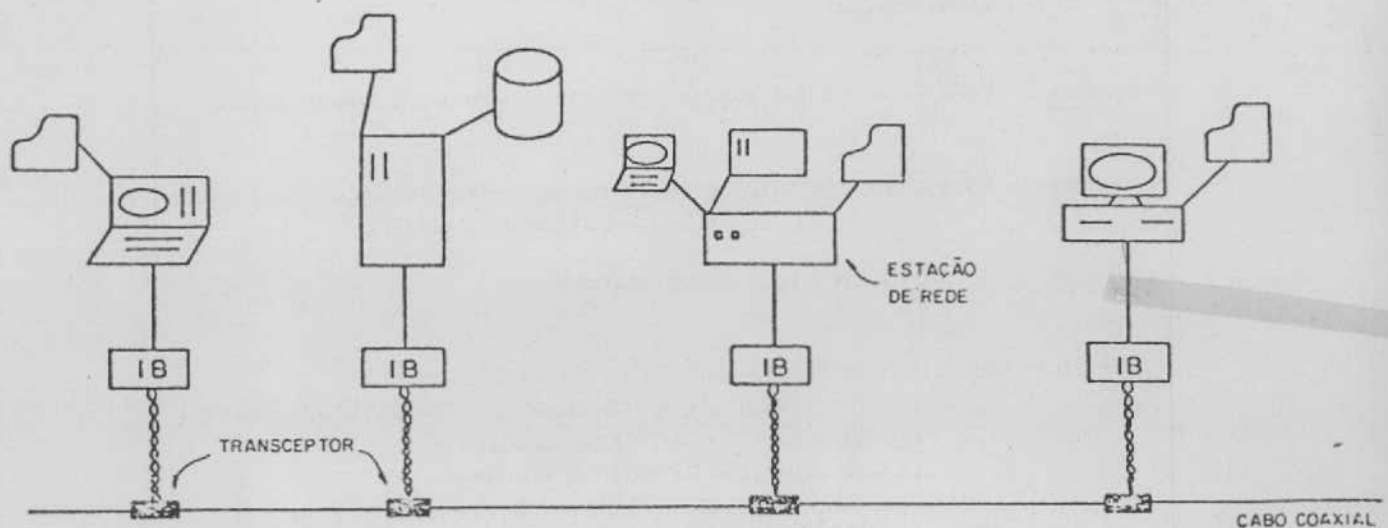
TABELA I: INTERFACE DO NÍVEL DE LIGAÇÃO COM OS NÍVEIS SUPERIORES

O PAB utiliza a passagem de permissão como mecanismo de acesso. Cada módulo ao transmitir passa a permissão indicando qual o próximo módulo a ganhar o controle de acesso assim que a transmissão corrente termine. A permissão é assim passada de módulo a módulo até que um módulo (o último no ciclo lógico) defina o próximo a transmitir (o primeiro no ciclo lógico),

mas somente após decorrido um intervalo de tempo, denominado de intervalo de contenção ( IC ), dedicado a que um outro módulo que quer se conectar à rede faça aí seu pedido de inserção.

Alguns detalhes adicionais sobre a operação do protocolo que lhe conferem alta confiabilidade, alto desempenho, inserção e retirada automática de estações na rede, rotinas para manutenção e estatística podem ser encontradas nas referências (1,3 e 4).

A figura 1 apresenta de forma geral a REDPUC.



A ARQUITETURA DA REDPUC

FIGURA 1

A Interface de Barra (2 e 3) cabe a realização do nível físico e o de ligação ( PAB ) da REDPUC. Outros níveis de protocolo devem ser realizados ou pela estação ou por um processador de frente. A figura 2 apresenta um diagrama simplificado da Interface de Barra. Ela foi implementada em sua quase totalidade por circuitos MSI, o que lhe conferiu um baixo

custo , apesar do alto desempenho.

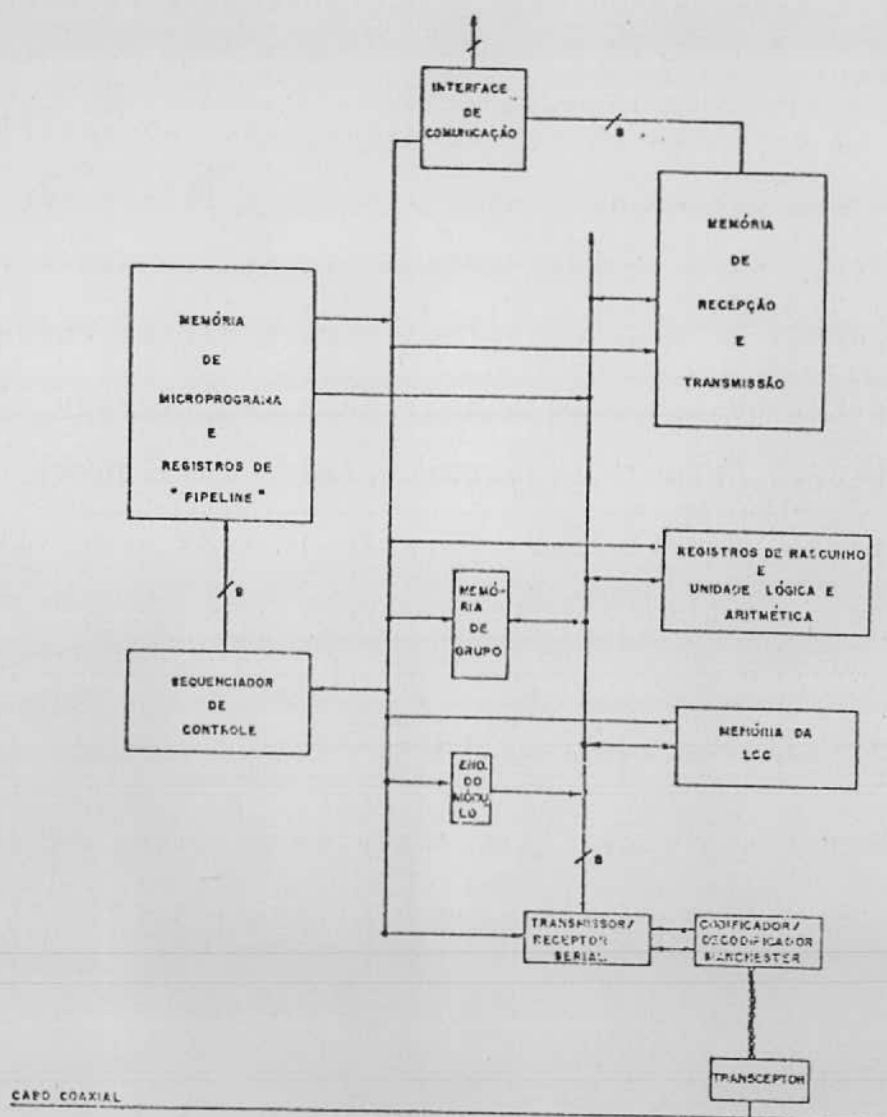


FIGURA 2-DIABRAMA SIMPLIFICADO DA INTERFER DE BARRA

O nível físico da REDPUC obedece às mesmas especificações que o da rede Ethernet. Cabe ao transceptor a geração dos níveis de sinais para a transmissão no cabo , o isolamento de sinais , o isolamento entre os vários terras das estações e prover uma ligação com o mínimo possível de reflexões, evitando também que este mínimo inevitável de reflexões se some em fase. A



especificação dos sinais sendo idêntica à da rede Ethernet, vai permitir o uso do transceptor desta rede na REDPUC. No entanto, por não necessitar detectar colisão, o transceptor da REDPUC tem um custo bem menor.

A REDPUC se encontra em funcionamento nos laboratórios da PUC/RJ ( já na sua versão de 10Mbps ) desde o início de 1983, interligando vários computadores nacionais. Atualmente a rede já dispõe de um servidor de arquivo, de um servidor de impressão e em fase de testes uma passarela X-25 para a ligação à rede pública de pacotes RENPAC. Todos estes servidores foram desenvolvidos tendo por base uma estação de rede especialmente desenvolvida para este fim (5).

### 3- A Rede Experimental com Serviços Integrados

A rede experimental para integração de serviços se encontra em fase inicial de implementação. Sua configuração pode ser vista na figura 3.

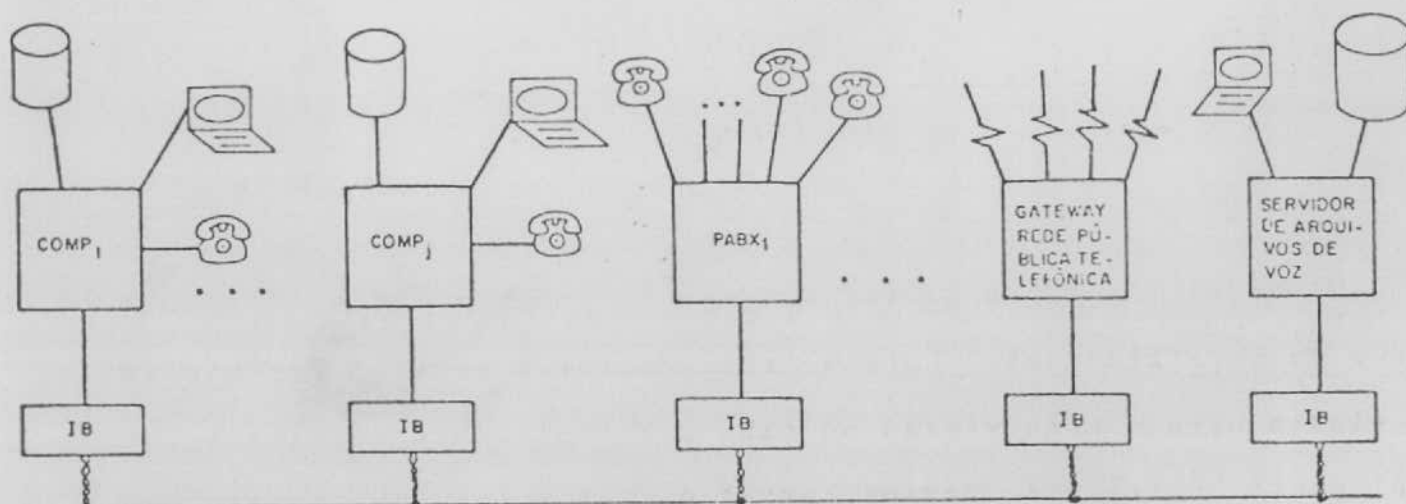


FIGURA 3 - REDE EXPERIMENTAL REDPUC PARA INTEGRAÇÃO DE SERVIÇOS

Compj é uma estação qualquer para tratamento de dados com

interface para telefone ou microfone e alto-falante .

PABXi é uma estação dedicada com as funções de um pequeno PABX local devendo concentrar, cada uma delas, até 8 telefones.

A Passarela para a Rede Pública de Telefones além da função de interligação com a rede pública é responsável pela monitoração do estado do sistema, por seu dimensionamento e pela tarifação.

O Servidor de Arquivo de Voz é um servidor de arquivos especializado para as aplicações em tempo real de telefonia. Um Servidor de Arquivos comum será usado para arquivos de dados, informações de diretório de telefones, e outras aplicações de telefonia não em tempo real.

#### 4-0 Estado Atual da Rede

Atualmente apenas as interfaces para microfone e alto-falante para Compj foram desenvolvidas, dando início à troca de mensagens de voz entre duas estações da rede, conforme apresentado ao público na Feira de Informática SUCESU-85. A estação concentradora de telefones ( PABXi) se encontra totalmente projetada e entra agora em fase de implementação. Os únicos softwares desenvolvidos até então são o que permite a troca de mensagens em tempo real entre as várias Compj da rede, e o que permite o armazenamento digital e posterior reprodução de uma mensagem de voz, também para Compj.

#### 4.1- Interface de Voz

Para a implementação de um sistema de transmissão de voz foi desenvolvida uma placa de expansão - Placa de Voz - para a



estação básica de serviço da REDPUC (6 e 7).

A Placa de Voz foi projetada de forma a desempenhar três funções básicas : amostragem e codificação do sinal de voz a ser transmitido a outra estação , síntese de voz a partir dos dados recebidos de outra estação , e interface com o processador da estação , conforme apresenta a figura 4. Esta placa se conecta a um par microfone/alto-falante e representa todo o hardware necessário para permitir a comunicação ( como em um telefone ) com outra estação da rede igualmente equipada.

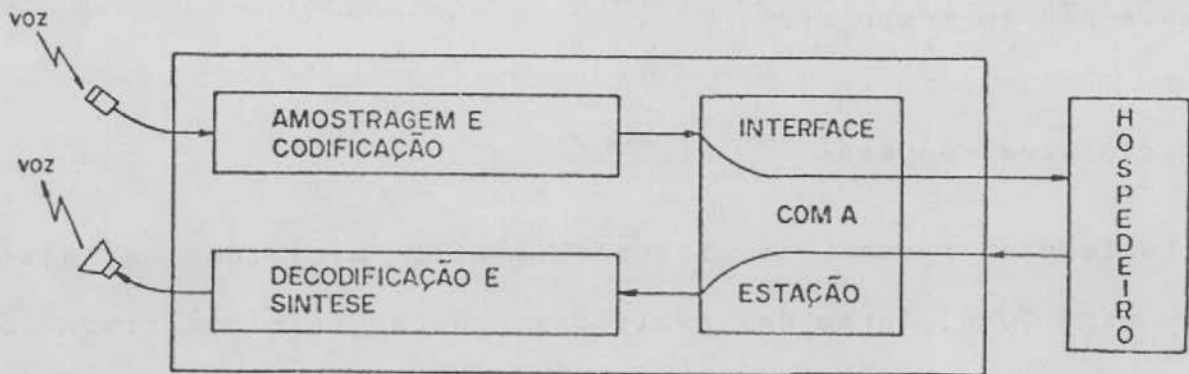


FIGURA 4 - Diagrama em Blocos da Placa de Voz

A qualidade de voz obtida é semelhante à de um telefone ou à de um intercomunicador de escritório , onde a voz apresenta grande naturalidade e é possível reconhecer a pessoa que fala. A codificação ADPCM foi a escolhida por permitir esta qualidade de voz e por apresentar uma taxa de transmissão que não sobrecarrega a rede com um grande número de nós e nem os sistemas que eventualmente tenham que armazenar e tratar a voz em sua forma digitalizada.

A interface da Placa de Voz com o hospedeiro é a mais geral

possível e não depende da presença , no sistema hospedeiro , de mecanismos de suporte a interrupções ou acesso direto à memória , embora os mesmos , se disponíveis , possam ser usados com vantagens.

A exigência de baixo custo para a Placa de Voz foi introduzida para tornar a integração de serviços de voz na REDPUC competitiva frente ao sistema de telefonia tradicional. Optou-se por incluir na Placa de Voz apenas o hardware necessário para a realização de funções que não pudessem ser realizadas diretamente pelo sistema hospedeiro. Esta política determinou a não inclusão, pelo menos a priori , de processadores dedicados na Placa de Voz que poderiam aliviar o processador do sistema hospedeiro de tarefas repetitivas mas que tomam tempo , como amostragem de voz, detecção de silêncio , etc.

As referências (6 e 7) apresentam em detalhes a implementação da Placa de Voz , uma análise do desempenho de tal Placa em termos da qualidade de voz e taxa de ocupação do processador , e ainda possíveis melhorias que poderiam ser conseguidas com a introdução de um processador dedicado à mesma.

#### 4.2- Protocolo de Comunicação de Voz

Para um sistema acrescido da Placa de Voz , descrita no ítem anterior , foi desenvolvido um protocolo para comunicação de voz em tempo real.

O protocolo desenvolvido é bem simples, mas permite entre outras coisas alterar o tamanho do pacote, os mecanismos de sincronização dos buffers de transmissão e recepção e o retardo absoluto na entrega dos pacotes. O retardo absoluto bem como a

variância de retardo também podem ser monitorados através de uma estação especial da rede a qual introduz um tráfego desejado a mesma. Espera-se com estas facilidades comprovar estudos já iniciados ( 8 ) a respeito do tamanho ótimo do pacote, retardo absoluto máximo tolerável, variância de retardo, sincronização e dimensionamento de buffers da própria rede, entre outros.

Um protocolo, também bastante simples, foi desenvolvido de forma a permitir o armazenamento e posterior reprodução de mensagens de voz. O protocolo foi desenvolvido de modo a permitir no futuro, o teste de algoritmos de compactação do sinal de voz para armazenamento e o teste de edição de mensagens gravadas.

#### 4.3-Concentrador de Telefones

Em fase final de projeto se encontra uma estação dedicada com as funções de um pequeno PABX local, denominada  $\mu$ PABX. Tal estação deverá concentrar de 4 a 8 telefones de acordo com os resultados de análises de desempenho futuras da estação.

Devido à elevada taxa de processamento necessária à monitoração de cada canal de voz ( síntese de voz , detecção de silêncio e sinalização telefônica ), uma arquitetura de multiprocessadores foi escolhida para tal estação , como mostrado na figura 5.

Uma comunicação pode ser estabelecida entre dois telefones de uma mesma estação ou entre telefones de estações diferentes da rede. O sistema permitirá também a interligação de vários telefones em uma única comunicação de forma a permitir aplicações do tipo conferência.

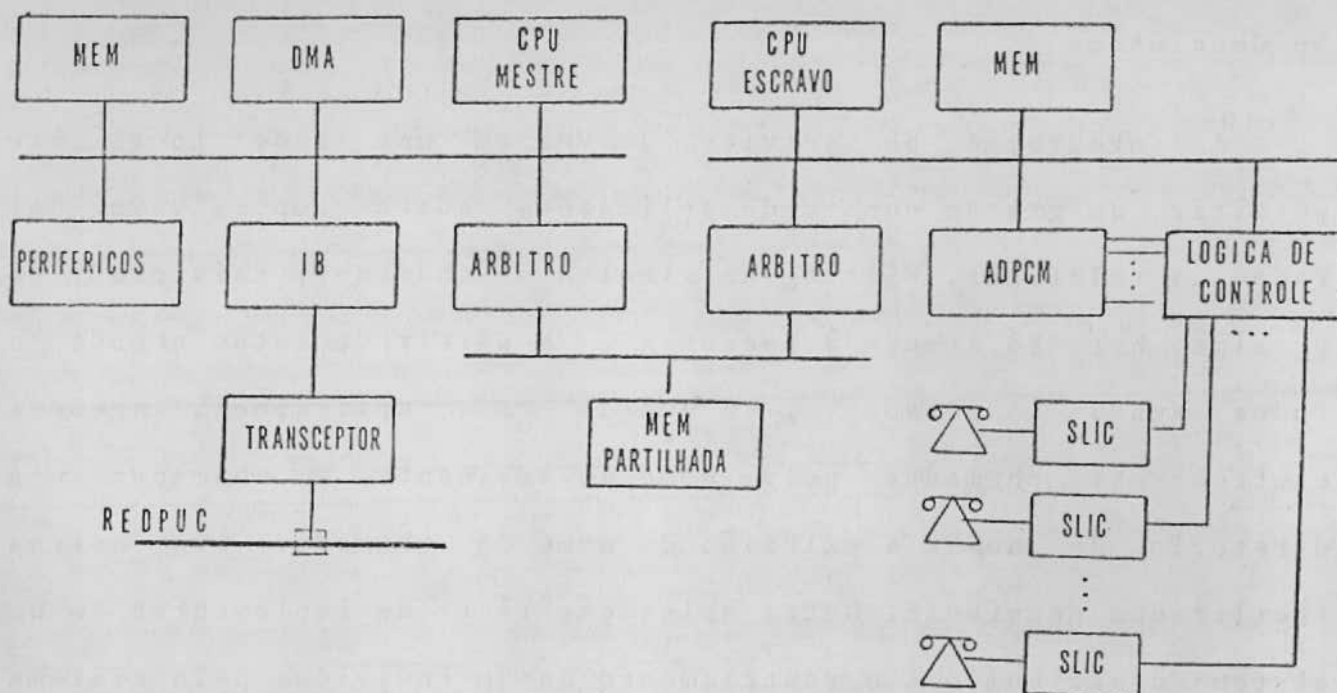


FIGURA 5

Cada processador escravo é responsável pela monitoração de quatro canais de voz. O processador mestre tem como funções executar todo o software aplicativo, realizar o controle de sinalização telefônica e a ligação à rede (através do DMA). A comunicação entre o processador mestre e os escravos é realizada através de uma memória compartilhada.

Todo o tratamento de voz realizado no concentrador de telefones obedece às mesmas especificações da Placa de Voz descrita anteriormente (6).

Atualmente se encontra em montagem uma estação para ligação inicial de apenas dois telefones. Esta estação será acrescida de mais um processador escravo e de placas de voz (com dois canais), permitindo a expansão do sistema para 4 até 8 canais,

conforme a prática mostrar.

## 5- Conclusões

A integração do serviço de voz em uma rede local vem permitir um grande número de aplicações antes impossíveis nas redes de telefones. Filtragens simples do chamador, tais como: na próxima hora só atendo à pessoa X , a partir de então atendo a todos menos à pessoa Y , é uma de tais aplicações. Agendas eletrônicas, chamadas pelo nome do assinante , chamadas via diretório de nomes e exibição do nome do chamador são outras facilidades possíveis. Outra aplicação fácil de implementar em um sistema distribuído é o rastreamento de um indivíduo pelo sistema telefônico. Ainda outra facilidade é a possibilidade de manipulação de uma mensagem deixada: o sistema pode permitir ao emissor gravar , ouvir, modificar uma mensagem antes de enviá-la, ou mesmo rejeitá-la. As mensagens podem conter texto , voz ou uma combinação destes. Editores de voz e dados serão necessários. Voz em mensagens e documentos encontrará importantes aplicações além das de telefonia. Pode-se, por exemplo, explorar a anotação de voz em documentos, etc. Ainda uma aplicação importante, entre várias outras, é a possibilidade de conferência, isto é, a transmissão de voz e dados de um para vários.

As aplicações descritas acima são algumas daquelas que se pretende implementar na rede experimental. Para tanto encontra-se em fase inicial de definição, uma hierarquia de protocolos para transmissão de voz na rede. Tal definição vem se mostrando bastante delicada , pois nas definições das camadas , a



determinação de onde estas serão executadas nos sistemas de multiprocessamento ( tais como o concentrador de telefones , a passarela para rede pública de telefones , etc ) exerce um papel bem forte. Mais ainda , as interfaces entre alguns níveis terão relação estreita com a interação entre os processadores de tais sistemas de multiprocessadores.

O projeto e implementação da passarela para ligação à rede pública de telefones e de um servidor de arquivo de voz são também alguns dos projetos futuros. Os estudos desenvolvidos no projeto do concentrador de telefones , descrito em 4.3 , levam a crer que pelo menos para a passarela para a rede pública de telefones será necessário um sistema com arquitetura de multiprocessadores.

O servidor de arquivo de voz difere do servidor de dados comum para redes locais em dois pontos principais. O primeiro vem da obrigação de armazenar um grande volume de dados. O sistema deve então levar em conta certas características da voz para a realização de técnicas de compactação. O segundo vem da necessidade de ter de operar algumas vezes em tempo real, o que o leva a enfrentar todos os problemas da comunicação de voz em tempo real tais como o retardo absoluto, a variância de retardo, o sincronismo, a bufferização para compensação, etc.

Modelos analíticos para análise de desempenho de redes locais com integração de serviços são também trabalhos já iniciados pelo grupo (8). Espera-se , com o desenvolvimento do projeto, a realização de modelos analíticos para análise de desempenho também das estações especiais. Todo o projeto vem sendo desenvolvido de tal forma que medidas possam ser facilmente



realizadas de modo a comprovar o acêrto ou não de tais modelos e, das decisões tomadas. O caminho é longo, mas os primeiros passos já foram dados.

#### REFERÊNCIAS

- ( 1 ) SOARES,L.F.G. "Projeto e Desenvolvimento de Protocolos para Redes Locais de Computadores" , Tese de Doutorado , PUC/RJ - Departamento de Informática , Dezembro de 1983.
- ( 2 ) SOARES,L.F.G; CORREA,C.C; MENASCÉ,D.A; IERUSALIMSCHY, R. "Interface de Barra Microprogramada para a Rede Local REDPUC", Anais do XVII Congresso Nacional de Informática, SUCESU, Rio de Janeiro, Novembro de 1984.
- ( 3 ) Ierusalimschy,R. " Interface de Barra Microprogramada para a Rede Local REDPUC ", Tese de Mestrado, PUC/RJ - Departamento de Informática, Dezembro de 1985.
- ( 4 ) SOARES, L.F.G; IERUSALIMSCHY R. "Especificação de Protocolo Através de Redes de Petri com Temporização - O Protocolo de Acesso à Barra da Rede Local - REDPUC", Revista Brasileira de Computação, vol. 3, num. 3, Novembro de 1984.
- ( 5 ) MASSARINI, L.; SOARES,L.F.G.; CORREA, C.C. "Uma Estação de Rede Numa Rede Local de Alto Desempenho - REDPUC", Anais do I Simpósio de Informática na Amazônia, Agosto de 1984.
- ( 6 ) SOARES, L.F.G.; MASSARINI, L. "Interface de Voz para Integração de Serviços em uma Rede Local", Anais do XVIII Congresso Nacional de Informática, SUCESU, Outubro de 1985.
- ( 7 ) MASSARINI, L. "Integração de Serviços de Voz em uma Rede Local de Computadores", Tese de Mestrado, PUC/RJ - Departamento

de Engenharia Elétrica, Junho de 1985.

( 8) SOARES, L.F.G. "REDPUC- Un Réseau Local pour L'Intégration de Services Voix-Données", Actes du Congrès de Nouvelles Architectures pour les Communication, Paris - França, Outubro de 1985.