

3º SIMPOSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES (3º SBRC)

ESPECIFICAÇÃO DE CIRCUITOS INTEGRADOS GESTIONÁRIOS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS EM REDES LOCAIS DE ACORDO COM O PADRÃO IEEE 802

Dante Augusto Couto Barone

Departamento de Informática da UFRGS
Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS

Av. Osvaldo Aranha, 99
Caixa Postal 1501
90.000 - Porto Alegre - RS

RESUMO

Este trabalho se propõe em apresentar uma metodologia de implementação de camadas de protocolo de baixo nível segundo o padrão IEEE 802 (o qual é o mais adaptado às redes locais) por hardware, mais precisamente, através da especificação de circuitos integrados gestionários de comunicação de dados.

1. INTRODUÇÃO

As redes locais de computadores vem sendo cada vez mais utilizadas. Elas diferenciam-se essencialmente das redes de computadores a longa distancia pela limitação da área física coberta (cerca de 2,5 Km entre duas estações de comunicação extremas) e pelo fato de se restringirem em geral à uma única empresa. Devido à limitação geográfica e à utilização de uma topologia bem definida, as redes locais de computadores permitem uma grande simplificação do problema de interconexão de computadores à preços bastante reduzidos de utilização.

Em relação ao tipo de aplicação de redes locais, algumas famílias se sobressaem:

a) TRATAMENTO de DADOS, as quais tem por objetivo o compartilhamento de recursos de hardware e software por uma comunidade, seja ela em ambiente:

a.1) de burótica, como ETHERNET [MET76] por exemplo.

a.2) científica, como o anel de CAMBRIDGE por exemplo.

b) APLICAÇÕES TELEFONICAS E TELEMÁTICAS, as quais oferecem aos utilitários trabalhando em uma fábrica ou uma instituição os serviços seguintes: telefone, videotexto, telecópia, automação de escritórios e teleprocessamento.

Estas redes podem ser colocadas em instalações fixas (caso da rede CARTHAGE que será descrita neste trabalho) ou móveis, que é o caso de redes locais de computadores em aviões, trens (caso do TGV francês) e automóveis.

c) APLICAÇÕES INDUSTRIAIS, as quais visam o controle de processos e outras aplicações em tempo real. Como exemplo, podemos citar as redes FACTOR e REBUS, que serão discutidas mais longamente no presente artigo.

Este último tipo de redes difere sobretudo

dos primeiros pela necessidade de tempos de resposta garantidos e de alta confiabilidade.

Neste trabalho nós nos interessamos mais particularmente por estas duas últimas famílias de aplicação, as quais atualmente apresentam um crescimento maior do que as aplicações de tratamento de dados.

O nosso interesse se concentrou na implementação das camadas de protocolo de baixo nível, correspondentes aos níveis 1 e 2 do modelo I.S.O. [RUT 82], para as redes locais FACTOR, REBUS e CARTHAGE, desenvolvidos na França, onde foi realizado este trabalho. O tipo de implementação proposto consiste na concepção de circuitos VLSI de comunicação de dados. Estes circuitos integram as camadas de Controle de Enlace Lógico ("LOGICAL LINK CONTROL"-LLC) e Controle de Acesso ao Meio ("MEDIUM ACCESS CONTROL"-MAC) do padrão IEEE 802, o qual é o mais adaptado às redes locais de computadores.

2. REDES LOCAIS INDUSTRIAIS ANALISADAS

2.1. FACTOR

Factor [ITI84] é uma rede local industrial baseada sobre o método CSMA/CD e foi desenvolvida pela sociedade francesa APSIS de Grenoble em colaboração com os institutos IMAG e LAAS, de Grenoble e Toulousé, respectivamente. Esta rede corresponde a um anseio de dominar o desenvolvimento de redes de comunicação de dados e de escolher os equipamentos ligados à rede independentemente do parque industrial instalado.

A arquitetura de Factor é baseada nos conceitos de arquitetura de sistemas distribuídos enumerados pela I.S.O. [ROS 84]. Factor suporta as sete camadas de protocolo definidas pelo modelo OSI da I.S.O.

Apesar de FACTOR ser uma rede de comunicação de dados industrial o método de acesso ao meio escolhido foi o CSMA /CD [TOB 80], o qual apresenta características não favoráveis a este tipo de aplicação: não cumprimento de um tempo de resposta em caso de saturação.

Todavia, este inconveniente foi contornado através da introdução de prioridades, seja ao nível dos equipamentos seja ao nível das mensagens, para que se possa ser capaz de passar algumas mensagens mais rapidamente do que outras.

Desta maneira, o protocolo de acesso ao mesmo foi concebido como segue:

- a) todas as estações enxergam todas colisões
- b) todas as estações estão em escuta permanente.

No caso de uma colisão de quadros emitidos por duas estações distintas, as estações que a produziram, "borram" o canal físico de transmissão durante um tempo TC, o qual corresponde ao tempo que o sinal se propaga de uma extremidade à outra do canal.

As estações que não produziram a colisão esperam este mesmo tempo, mas sem "borrar" o cabo coaxial, que é o meio físico utilizado por FACTOR.

Ao final do tempo TC todas as estações esperam um tempo aleatório T , que é função da prioridade de cada estação.

As estações que não tem nada a emitir entram igualmente no processo de espera, cabendo-lhes o nível mais baixo de prioridade, a fim de não perturbar a estratégia de reconfiguração do meio.

As colisões são então solucionadas através da espera de cada estação pois T é definido de tal maneira que cada nível de prioridade se veja atribuir uma faixa de valores aleatórios de tempo de espera, as quais são disjuntas e tão maiores quanto menor for a prioridade da estação.

2.2 CARTHAGE

O objetivo do projeto CARTHAGE |REN 83| desenvolvido pelo CCETT (Centre Commun d'Etudes de Télédiffusion et Télécommunications) de Rennes (França) é de associar sobre uma topologia em anel à fibra ótica funções de transmissão e comutação de dados bem como funções de comutação telefônica distribuída, como as oferecidas habitualmente pelos PABX em estrela.

Desta maneira, CARTHAGE na sua versão de base à 8 Mbits/s foi projetado para atender um centro de cerca de 500 pessoas, seja um tráfego telefônico de cerca de cem erlangs e um tráfego de dados de 2 Mbits/s, ou até mais, pois a dinâmica de partilha entre transmissão de voz e de dados é total. Por razões de fiabilidade, o anel em fibra ótica é duplo.

O protocolo de acesso ao meio consiste em um "token" circulando pelo anel. O papel desempenhado por este "token" é triplo: ele permite a alocação "tornante" do direi

to de palavra sobre o anel sem contenção, mas ele permite também, graças a um mecanismo de encadeamento de pacotes elementares de inserir uma hierarquia entre estações conectadas ao anel. O princípio desta hierarquia consiste em manter o direito de palavra durante um certo número de quadros, o qual é negociável com a unidade central de controle do anel ou configurável de forma fixa na inicialização do sistema.

A terceira característica do "token" é de permitir um funcionamento em modo difusão geral.

A procura de um sistema de comunicação o mais aberto possível para CARTHAGE resultou em uma estrutura de multiplexação de transmissão temporal oferecendo tanto canais transparentes em modo circuito quanto acessos em modo pacote.

Desta maneira, cada quadro é subdividido em três sub-quadros, um reservado às comunicações em modo pacote, o outro à transmissão de dados em modo circuito e o último à transmissão de voz sobre canais telefônicos.

2.3 REBUS

A rede local REBUS [AYA 82] foi concebida pelo LAAS de Toulouse (França) para os sistemas de comunicação adaptados ao comando coordenado de processos industriais. REBUS serviu de base ao sistema de controle em tempo real para aplicações industriais atualmente fabricado e comercializado pela sociedade francesa SEREG-SCHLUMBERGER, com o nome de MODUMAT 800.

A arquitetura da rede REBUS divide os equipamentos conectados ao meio físico de transmissão (no caso, um par bifilar torsado blindado) em duas classes: a) equipamento em salas técnicas, como autômatos programáveis, aquisidores de dados programáveis e etc. e b) equipamentos em sala de controle, como consoles de visualização, impressoras, calculadoras e etc.

Devido ao tipo de aplicação que REBUS oferece,

vários mecanismos de aumento de fiabilidade foram introduzidos nesta rede, tais como mecanismos distribuídos de reconfiguração da rede bem como uma duplicação do meio físico de comunicação.

O papel e a responsabilidade de cada equipamento em relação à configuração varia em função se o mesmo é escravo, mestre ou controlador.

O protocolo de acesso ao meio é baseado sobre a técnica de "token" circulando em um anel virtual [MEN82]. Por esta técnica, somente o "token" segue o anel virtual, pois as mensagens transmitidas por uma estação que possui o "token" podem ser enviadas a qualquer estação conectada ao suporte comum, sendo que nenhuma organização física do meio de comunicação necessita ser estabelecida à inicialização.

Para que o protocolo de acesso ao meio seja fiável e robusto, três propriedades devem ser satisfeitas:

a) a cada momento, há somente uma estação primária (a qual detem o "token").

Esta estação primária tem acesso a todas outras estações que são então secundárias, através de um procedimento chamada-resposta.

A estação primária libera o "token" desde que o seu tempo de cessão se expira, ou quando ela não tem mais quadros a emitir.

Há também um controlador fixo que após cada liberação do direito de palavra (token) cede este direito a uma outra estação, que se torna primária por um certo tempo.

Além disso, este controlador gera o encadeamento de estações primárias graças à uma tabela pré-estabelecida, verificando também as liberações do "token".

b) O token deve estar sempre presente em alguma das estações da rede. A perda deste direito de palavra só pode acontecer temporariamente.

c) Todas as estações "sãs" devem ser capazes de receber o "token".

3. CONFORMIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO SEGUNDO UM PADRÃO

3.1 MOTIVAÇÃO

Como acabamos de analisar, os protocolos de acesso ao meio das redes consideradas, por não serem exatamente os padronizados, tem a sua implementação revestida de um caráter iterativo [STI 84] entre as atividades de projeto e de implementação do protocolo, podendo-se vir a modificar o projeto em função de problemas de implementação.

Todavia, embora os protocolos analisados não correspondam exatamente aos padronizados pelo padrão IEEE 802 [IEE 81] proposto pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletricitistas dos Estados Unidos, o qual é o mais adaptado à redes locais [DAN 82], neste trabalho configuramos cada uma das cartas acopladoras segundo este padrão. O nosso objetivo consiste em inferir uma arquitetura baseada na concepção de circuitos integrados específicos que permita a implementação das camadas de protocolo de mais baixo nível (correspondendo aos níveis 1 e 2 do modelo de referencia OSI da I.S.O.)

3.2 O PADRÃO IEEE 802

As características principais do padrão IEEE 802 são as seguintes:

1) Dois protocolos de acesso são disponíveis pelo padrão: CSMA/CD e "token" circulante.

2) Duas topologias são aceitas: barramento e anel físico.

- Para o barramento, os protocolos admitidos são CSMA/CD [TOB 80] ou "token" circulante [KEN 82].

- Para o anel físico, o único protocolo admitido é "token" circulante.

3) Os protocolos de nível 2 (controle de enlace) do modelo OSI são os mesmos para todos os métodos de acesso e topologias.

4) Abaixo da sub-camada de acesso de nível 2,

isto é, ao nível 1, há vários tipos de camadas físicas:CSMA/CD em barramento, "token" em barramento e "token" em anel. Apesar de haver similaridades entre os meios físicos destas três categorias, o objetivo principal é de otimizar os canais de comunicação em relação ao protocolo de acesso e à topologia.

Podemos obter uma melhor compreensão do padrão IEEE 802 se compararmos as camadas deste padrão com o modelo de referência OSI (Open System Interconnection), o que é mostrado na fig. 1.

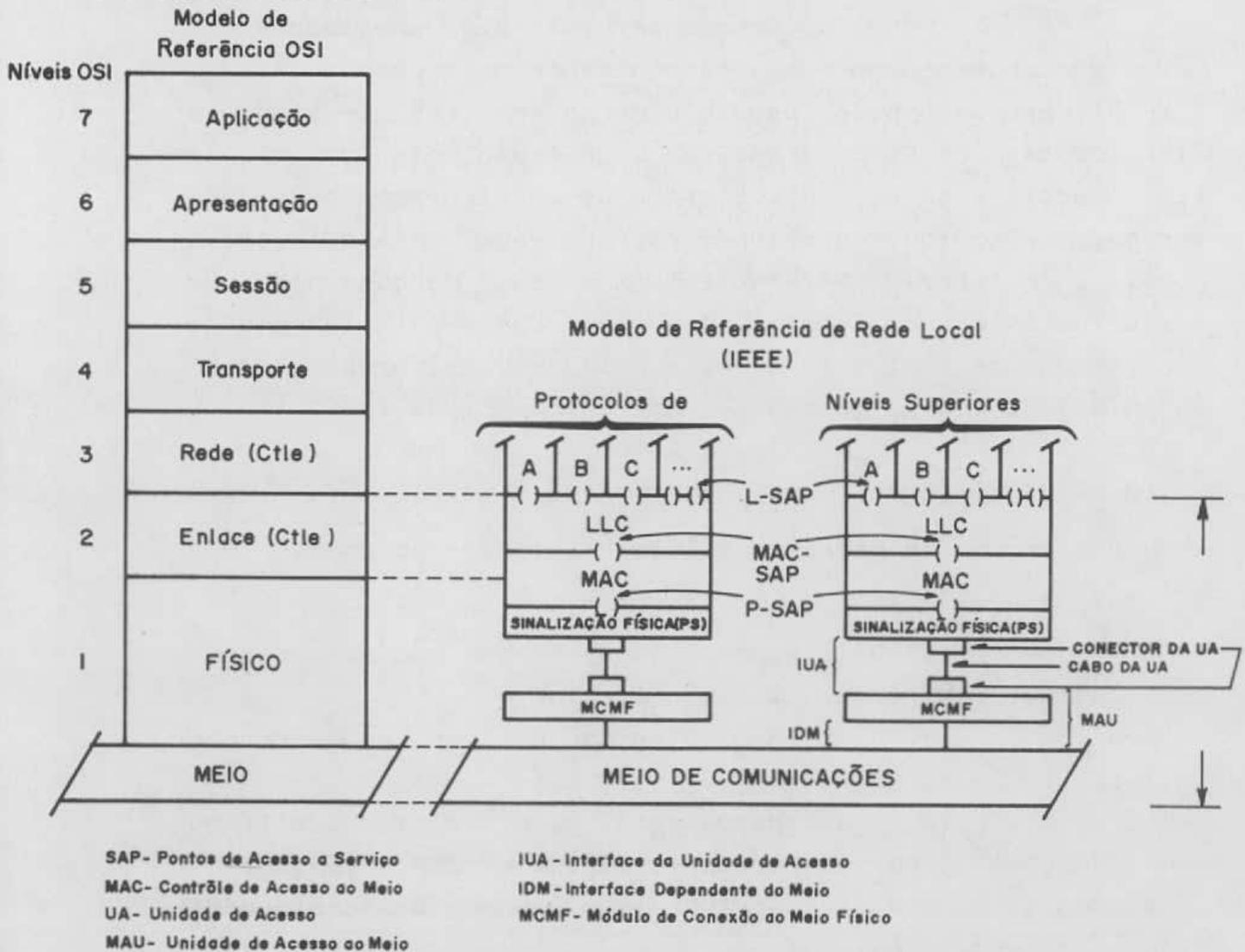


Fig. 1: Comparação dos padrões OSI e IEEE 802.

Através desta figura, constatamos a correspondência entre os dois primeiros níveis do modelo OSI (físico e controle de acesso) com as três primeiras camadas do pa

drão IEEE 802 (físico, controle de acesso ao meio (MAC) e controle lógico de enlace (LLC)).

3.2.1 CAMADA CONTROLE LÓGICO DE ENLACE (LLC)

Deve se ressaltar que a rede local se constitui em um sistema de comunicação par-a-par (peer to peer) não havendo necessidade de nós de comutação intermediários. Os equipamentos terminais (DTÉs) conectam-se diretamente ao canal de comunicação de dados da rede local, e comunicam-se ponto a ponto, no mesmo enlace lógico estabelecido, sem qualquer intermediação.

O enlace lógico estabelecido por esta camada pode ser realizado de duas maneiras diferentes:

- Modo sem conexão

Os quadros são "trocados" entre diferentes estações no nível LLC sem haver necessidade de estabelecer uma ligação lógica entre pares de pontos de acesso ao nível LLC (indicados por L-SAP na figura 1)

Na camada LLC, os quadros recebidos não são "aquitados", e não há nenhum controle de fluxo ou técnicos de recuperação de erros.

Este modo deveria ser utilizado quando, por exemplo, o nível 4 do modelo ISO (nível transporte) assegura o sequenciamento e a reinicialização em caso de erro.

- Modo com conexão

Uma ligação lógica é estabelecida entre pares de pontos de acesso a serviço (L-SAP) antes de toda troca de dados.

Neste modo de transferência de dados, os quadros são transmitidos/recebidos em sequência. A técnica de reinicialização (error recovery) e o controle de fluxo são realizados no nível LLC com este modo de conexão.

Em relação ao nível 3 do modelo OSI (nível de controle de rede), a camada LLC suporta vários protocolos

(A,B,C,... na figura 1), através de L-SAPs diferentes.

Este modo deveria corresponder aos serviços oferecidos por um protocolo do tipo HDLC, sendo as camadas superiores (do nível 3 em diante) bastante elementares.

3.2.2 CAMADA DE CONTROLE DE ACESSO AO MEIO (MAC)

A camada MAC realiza funções de suporte da camada LLC: ou CSMA/CD ou token.

O MAC realiza a função de endereçamento das estações destinatárias. Em relação ao modelo OSI, o nível MAC realiza funções de nível 2 (controle de enlace), como o cálculo do campo de controle CRC e também funções de nível 1 (físico) como o tratamento do "flag" e o algoritmo de contenção ("back-off").

3.2.3 CAMADA FÍSICA

A camada física do modelo OSI corresponde à várias sub-camadas do padrão IEEE 802.

A camada física tem por objetivo a transmissão e a recepção de bits entre pontos de acesso a serviço, notados como P-SAP na figura 1. Em realidade esta camada fornece a capacidade de transmitir e receber sinais modulados relativos a certos canais de frequência (banda larga) ou um só canal de frequência (banda básica).

As sub-camadas do nível físico do padrão IEEE 802 são as seguintes:

- Sub-camada MAC

Em realidade, como se pode constatar através da fig.1, o controle de acesso ao meio (MAC) é realizado por camadas de nível 1 e 2 do modelo OSI.

- Sub-camada de sinalização física (PS)

Os serviços fornecidos por esta sub-camada permitem à sub-camada local MAC de transmitir e receber quadros à ou de entidades MAC distantes. Esta sub-camada reali-

za então, sob pedido da unidade de gerencia interna ao nível PS, certos serviços, como repertorição de estatísticas, inicia lização e etc.

- Sub-camada interface da unidade de acesso

Esta sub-camada é concebida de maneira que as diferenças entre os diferentes canais de comunicação sejam transparentes aos equipamentos terminais (DTE). A seleção de sinais lógicos de controle e os procedimentos funcionais são concebidos com esta finalidade.

- Sub-camada unidade de acesso ao meio (MAU)

O MAU fornece os meios para fazer a transformação de sinais lógicos em elétricos e vice-versa.

3.2.4 PRIMITIVAS DE SERVIÇO TROCADAS ENTRE CAMADAS

As camadas e sub-camadas do padrão IEEE 802 realizam serviços. Os serviços realizados por uma camada são as capacidades que ela oferece à camada subjacente superior. Para que uma camada possa realizar esses serviços, ela se apoia sobre os serviços oferecidos pela camada subjacente in ferior.

Os serviços são especificados pela descrição de um fluxo de informações através da interface entre duas camadas adjacentes. Este fluxo de informações é modelizado por acontecimentos discretos e instantâneos na interface, que caracterizam o fornecimento de um serviço. Cada um desses acontecimentos consiste em passar uma primitiva de serviço de uma camada à outra através de um ponto de acesso à serviço (SAP) associado à interface.

Deve-se ressaltar que estas primitivas de ser viço são uma abstração pois elas especificam somente os ser viços oferecidos sem fazer nenhuma menção sobre a maneira co mo estes serviços serão realizados.

Pelo padrão IEEE 802, os serviços oferecidos pelas camadas são especificados pela descrição das primiti-

vas de serviço e parâmetros que caracterizam este serviço.

As primitivas de serviço podem ser classificadas em três tipos diferentes:

- PEDIDO (request): esta primitiva é passada de uma camada N à uma camada N-1 para requerer que um serviço seja realizado.

- INDICAÇÃO (indicate): esta primitiva é passada de uma camada N-1 à uma camada N para indicar que um acontecimento interno à camada N-1 é significativo para a camada N. Este acontecimento pode estar ligado logicamente à um PEDIDO feito exteriormente (estação distante) ou pode ser a consequência de um acontecimento interno à camada N-1.

- RESPOSTA (response): esta primitiva é passada da camada N-1 à camada N para passar os resultados associados à um PEDIDO efetuado anteriormente.

Estas primitivas são ilustradas na fig. 2;

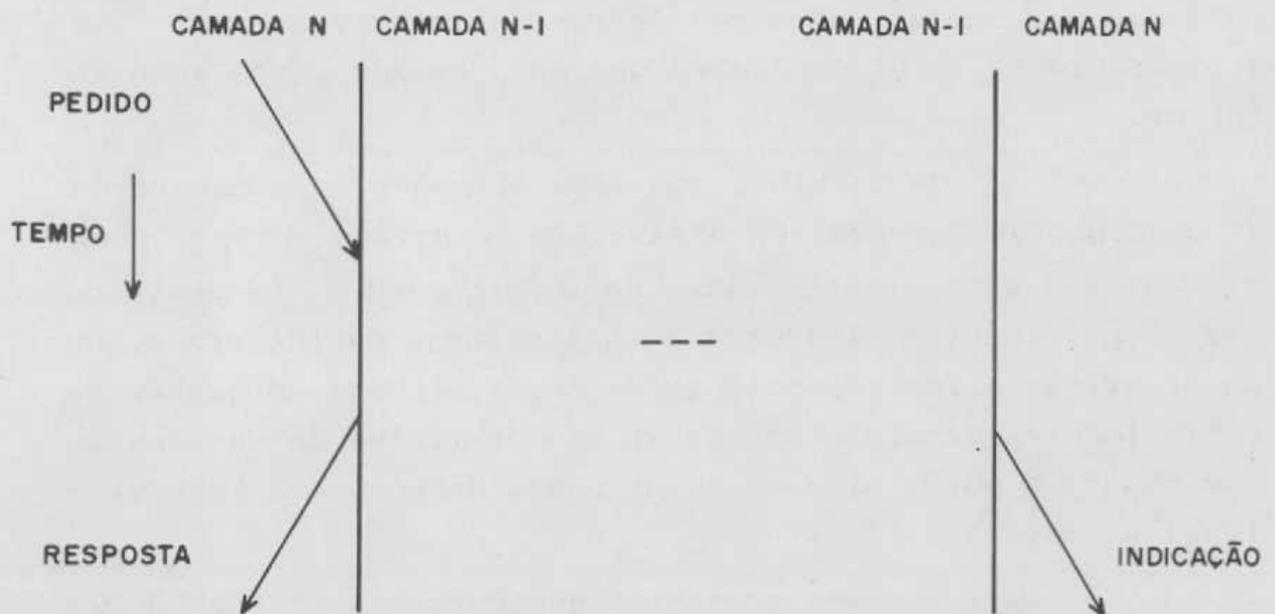


Fig. 2: Primitivas de serviço trocadas entre camadas.

4. DESENVOLVIMENTO

Após a análise que acabamos de realizar de diferentes redes locais, ao nível de suas funções e do padrão mais adaptado às redes locais, o padrão IEEE 802, apresentamos na tabela 1 as características principais das redes por nós estudadas.

CAMADA	TIPO DE IMPLEMENTAÇÃO		
	CARTHAGE	FACTOR	REBUS
2. LLC	COMPATÍVEL HDLC	COMPATÍVEL HDLC	COMPATÍVEL HDLC
2. MAC	TOKEN	CSMA-CD	TOKEN VIRTUAL
1	BANDA BÁSICA MANCHESTER	BANDA BÁSICA MANCHESTER	BANDA BÁSICA MANCHESTER
MEIO FÍSICO	FIBRA ÓTICA	CABO COAXAL	PAR TORSADO

Tabela 1: Características principais das redes locais analisadas.

O propósito de nosso trabalho consiste em implementar por hardware as camadas de controle de enlace lógico (LLC), controle de acesso ao meio (MAC) e nível físico, do padrão IEEE 802 das redes analisadas de forma sistemática, de forma que uma mesma arquitetura parametrável possa ser utilizada independente da rede local utilizada (CARTHAGE, FACTOR ou REBUS).

Devido à análise da configuração das cartas acopladas segundo o padrão IEEE 802 [BAR 84] e de circuitos específicos de comunicação disponíveis no mercado, chegamos à conclusão de que a melhor implementação por hardware consiste

na concepção de circuitos VLSI de comunicação de dados:

- um gerente de transmissão (GT), o qual integra as camadas de sinalização física e o controle de acesso ao meio. Este circuito sendo característico do protocolo de acesso ao meio (como CSMA/CD, token e token virtual) é específico para cada um dos tipos de rede analisados, realizando funções como temporização, cálculo do CRC, controle de tamanho dos quadros, observação de quadros e etc.,

- um gerente de comunicação (GC), o qual independendo da técnica de acesso ao meio, pode ser comum aos três tipos de redes analisados. Este circuito integra a camada de controle de enlace lógico (LLC) e possivelmente alguns níveis de protocolo superiores (como nível de rede) os quais não dependem do protocolo de acesso ao meio.

É este circuito GC que gerencia as transferências de dados, permitindo aos utilizadores conectados à equipamentos terminais (DTE) uma transparência do serviço realizado.

O interesse maior desses circuitos VLSI de comunicação é de condensar ao máximo as estações de comunicação tendo um equipamento terminal simples à conectar, como mostra do na figura 3:

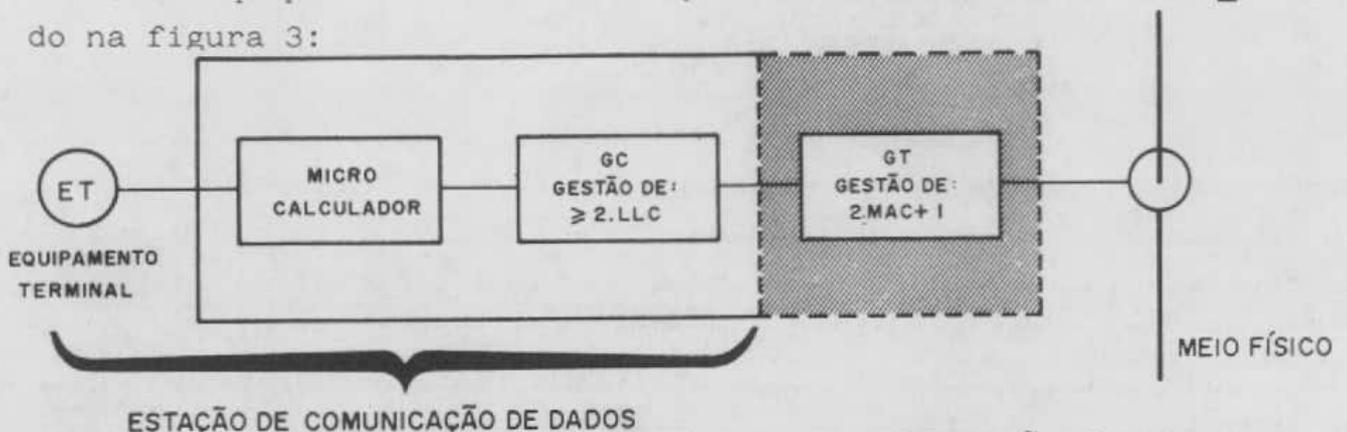


Fig. 3: Arquitetura típica de utilização de circuitos GC e GT.

A divisão funcional dos circuitos visa podermos utilizar uma estação de comunicação configurada em um tipo de rede em outro tipo, mudando-se apenas a parte hachu-

reada na fig. 3, que corresponde ao circuito Gerente de Transmissão, o qual é inteiramente dependente do meio físico utilizado.

Para que o circuito VLSI gerente de comunicação possa ser utilizado indistintamente em redes locais apresentando protocolos de acesso diferentes, duas arquiteturas básicas se sobressaem:

a) as interfaces entre os dois circuitos integrados de comunicação é paralela, conforme figura 4:

Nesta arquitetura a separação entre os circuitos GC e GT se faz através de um barramento paralelo, para o qual por razões técnicas e de mercado devemos escolher um barramento padronizado, como MULTIBUS, VME, GPIB e outros.

Deve-se ressaltar que outros equipamentos podem também ser conectados ao barramento sistema. No caso de haver mais de um circuito mestre com capacidade de tomar iniciativa de transferência de dados através do barramento (como o GC), faz-se necessária a utilização de circuitos arbitradores de barramento. Entre esses circuitos sugerimos a utilização do circuito integrado de comunicação arbitro de barramento multiprotocolos ABC M, como proposto em [BAR 84] o qual além de suas potencialidades permite uma grande versatilidade na escolha de um barramento sistema, pois o mesmo é compatível com os barramentos padronizados MULTIBUS, VME e "SM bus", este último é utilizado pela arquitetura multi-microprocessadores heterogênea SM 90 desenvolvida pelo Centre National d'Études des Télécommunications (CNET) sendo comercializado pela Companhia francesa SEMS.

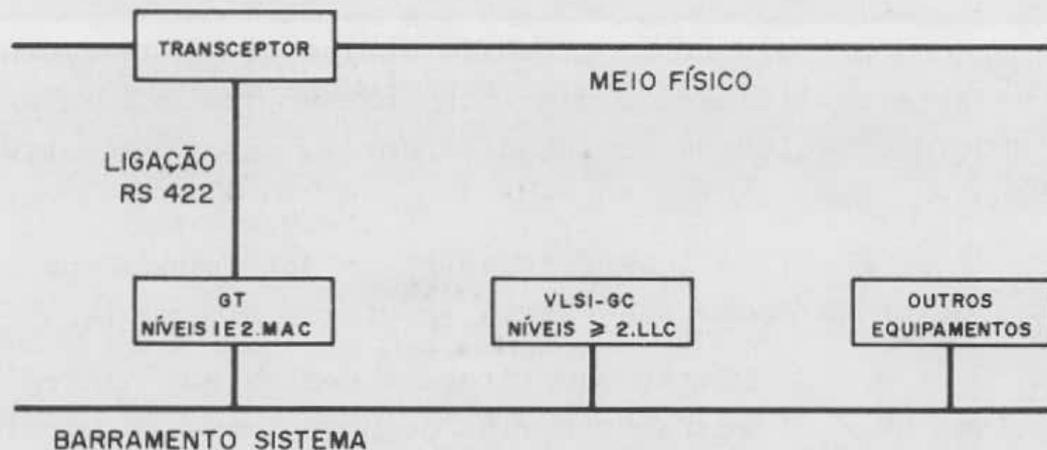


Fig. 4: Interface paralela entre os circuitos gerentes de comunicação (GC) e de transmissão (GT).

b) a interface entre os dois circuitos de comunicação é sinal, conforme ilustrado pela figura 5:

Nesta arquitetura a interface entre GT e GC não é mais padronizada, como no caso anterior, sendo serial. Esta interface deve veicular as primitivas de serviço trocadas entre as camadas LLC e MAC do padrão 802, as quais na arquitetura anterior são veiculadas pelo barramento paralelo.

Este tipo de barramento, também está presente na arquitetura b, uma vez que vários circuitos como equipamento terminal, microprocessador e outros podem interagir com o circuito integrado VLSI gerente de comunicação.

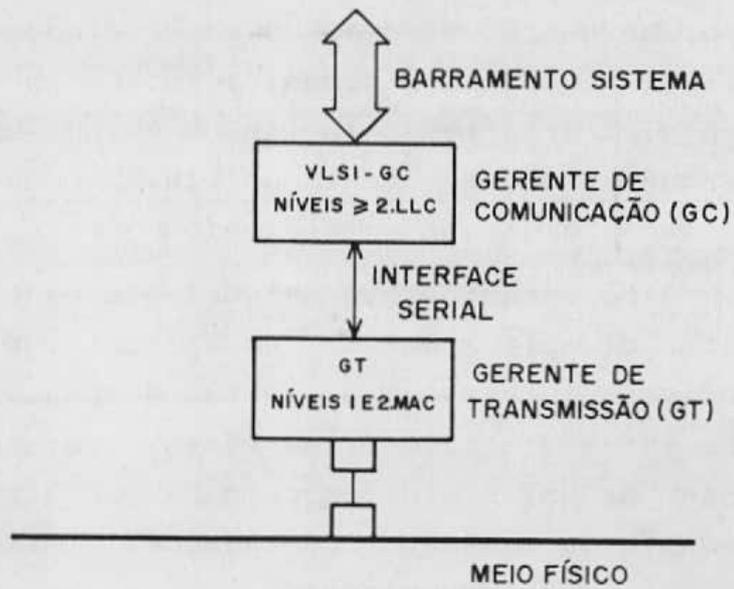


Fig. 5: Interface série entre os circuitos GC e GT

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho, tivemos como objetivo de demonstrar uma metodologia de implementação de camadas de protocolo por hardware, através da especificação de circuitos integrados VLSI dedicados à comunicação. Estes circuitos, ser vem no momento, à tres redes locais, cobrindo um espectro de aplicações, que vão desde as industriais (redes REBUS e FACTOR) até as telemáticas e telefônicas (rede CARTHAGE).

No entanto esta metodologia pode ser estendida a outros tipos de aplicações de redes locais, o que possibilitaria inclusive a integração de cartas acopladoras, realizadas em componentes discretos, das redes locais existentes no Brasil, tanto nas universidades como na indústria, o que além de poder reduzir os custos de instalações de redes locais aumentará a fiabilidade das mesmas.

BIBLIOGRAFIA

- |AYA 82| AYACHE, J.M., COURTIAT, J.P. & DIAZ, M. REBUS, a fault tolerant distributed system for industrial real time control. IEEE Transactions on Computer, vol C31, nº 7, julho de 1982.
- |BAR 84| BARONE, D.A.C. Conception d'un circuit intégré de bus de communication multiprotocoles: ABC M : Annexe 1: Etude de l'interface coté Application de Differentes Gestionnaires de Communication de Reseaux Locaux: Analyse et Proposition selon norme IEEE 802 Tese de Doutor-Engenheiro, INPG, Grenoble, França, novembro de 1984.
- |DAN 82| DANG M., MAZARE, M. & MICHEL, M. Local Area Networks for Distributed Process Control Systems. International Seminar on Synchronization control and communication in distributed computing systems. Polytechnic of Central London - Inglaterra 20-24, setembro de 1982.
- |IEE 81| IEEE Computer Standard Committee Draft of the proposed IEEE 802 local network standard. IEEE, Dezembro de 1981.
- |ITI 84| ITICSOHN P. FACTOR pour un scénario volontariste en contexte hétérogène. Electronique Industrielle, nº 66, Março de 1984.
- |KEN 82| KENNETH MILLER, C. & THOMPSON, D.M. Making a case for token passing in local networks. Date communication, março de 1982.
- |REN 83| RENOULIN, R. Une troisième voie pour les réseaux locaux d'entreprise: l'exemple de CARTHAGE. Minis et Micros, nº 185, Abril de 1983.
- |RUT 82| RUTLEDGE, J.M. OSI and SNA: A Perspective. Journal of Telecommunications Networks, Computer Science Press Inc., 1982.
- |STI 84| STIUBIENER, S. Protocolos para redes de computadores Anais do 2º Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores (2º SBRC) - Campina Grande - 16 a 18 de abril de 1984.

[TOB 80] TOBAGI, F.A. & BRUCE HUNT V. Performance Analysis of
Carrier Sense Multiple Access with Collision
Detection. North-Holland Publishing Company.
Computer Networks 4, 1980.