

INTERLIGAÇÃO ENTRE A REDE DIGITAL COM INTEGRAÇÃO DE SERVIÇOS E UMA LAN *ETHERNET* COM TCP/IP

Fernando Videira - fmv@eniac.inesc.pt

Augusto Casaca - ajc@inesc.pt

INESC

Rua Alves Redol nº9, 1000 Lisboa, PORTUGAL

SUMÁRIO

Este artigo descreve o desenvolvimento de um *Gateway* entre a Rede Digital com Integração de Serviços, RDIS, e uma LAN *Ethernet* com TCP/IP. O desenvolvimento tem como base um PC-AT com o sistema operativo UNIX e os protocolos TCP/IP, equipado com uma placa de interface *Ethernet* e uma placa de interface primária (2.048Mbits/s) para RDIS. Descrevem-se as bases teóricas de utilização dos protocolos para realização do *Gateway*, o projecto de hardware e software de uma placa de interface primária para RDIS, e o software que proporciona o acesso do protocolo IP à RDIS desenvolvido no PC.

1 - INTRODUÇÃO

O mundo das comunicações de hoje está longe de se poder considerar um universo fechado. Cada vez mais os utilizadores e os fornecedores de serviços consideram que é preciso partilhar informação e que essa partilha deve ser efectuada da forma mais eficiente possível. Mas a dispersão com que evoluíram algumas tecnologias de comunicação, e o fim específico para o qual foram desenvolvidas, levantam problemas de compatibilização. Existem variados estudos sob a forma de se ligar ambientes de comunicação de características distintas. O estudo e o desenvolvimento que aqui se apresenta tenta dar alguma luz sobre o modo de ligar uma rede cuja normalização é recente, a Rede Digital com Integração de Serviços, RDIS, com uma outra, que podemos considerar clássica, rede local *Ethernet*.

As Redes Digitais com Integração de Serviços constituem presentemente uma realidade no mundo das telecomunicações. Alguns dos seus méritos são o considerável aumento na qualidade e capacidade das comunicações relativamente às actuais redes de voz e dados, e a possibilidade de integração de vários serviços numa só rede. Desde a primeira versão das normas, que data de 1984, até aos dias de hoje têm-se vindo a verificar numerosos esforços no desenvolvimento de novos produtos que se integrem neste novo ambiente.

A rede local *Ethernet* é um suporte de comunicações largamente divulgado em toda a comunidade informática. Mas só por si não oferece a funcionalidade suficiente requerida em

alguns sistemas de comunicações. Uma das soluções mais comuns, bastante utilizada em sistemas UNIX, consiste na implementação dos protocolos TCP/IP sobre a *Ethernet*. Actualmente existem meios de ligar duas redes deste tipo, através de uma rede pública de dados, e de estabelecer ligação entre um sistema ligado à rede *Ethernet* com outro ligado à rede pública. Com o emergir da RDIS tornou-se necessário oferecer um tipo de funcionalidades equivalente.

O projecto LIGA, LAN-ISDN Gateway, constitui um sistema de Interligação entre a RDIS e uma rede local *Ethernet*. O LIGA tem como base um PC-AT, com uma interface *Ethernet* e uma interface RDIS de 2.048Mbit/s, configurado com o sistema operativo UNIX e suportando os protocolos TCP/IP. O estudo e desenvolvimento envolveu o projecto de hardware da interface RDIS, e software para a mesma interface e para o PC. No capítulo 2 são abordados alguns aspectos teóricos relativos à interligação em questão. Depois, no capítulo 3, faz-se uma descrição sobre alguns aspectos do desenvolvimento do hardware da placa de interface RDIS. No capítulo 4 descreve-se o software desenvolvido tanto na placa como no PC. E finalmente, no capítulo 5 tiram-se algumas conclusões.

2 - FUNDAMENTOS DO LIGA

O desenvolvimento do LIGA visa a ligação de uma rede local *Ethernet*, definida na norma IEEE-802.3, com a RDIS, definida pelo CCITT. A rede local inclui os protocolos IP, *Internet Protocol*, e TCP, *Transmission Control Protocol*, definidos pela DARPA. Os objectivos principais do projecto foram o estabelecimento de comunicação entre sistemas ligados à rede local com sistemas ligados à RDIS, e a comunicação, através da RDIS, entre sistemas ligados a duas redes locais distintas. A garantia de interfuncionamento para as aplicações mais comuns, como transferência de ficheiros, sessões de trabalho remotas, ou correio electrónico, esteve sempre presente tanto na fase de especificação como na fase de desenvolvimento.

2.1 - A REDE LOCAL E A INTERNET

A rede local *Ethernet* é constituída fisicamente por um bus ao qual se encontram ligados todos os sistemas terminais, ou nós. O ritmo de transmissão pode ir até 10Mbit/s embora na prática o ritmo útil se mantenha abaixo deste valor. O protocolo que dá o nome à rede, *Ethernet*, resolve os possíveis conflitos no acesso ao bus, e providencia funções de endereçamento físico, empacotamento dos dados, e encaminhamento de datagramas para vários protocolos. O endereço físico de cada sistema está fixo no hardware, e a sua atribuição está a cargo de um organismo central. Uma das implicações desta característica é que a mudança do hardware muda o endereço físico, facto que se torna relevante na tradução de endereços lógicos em endereços físicos.

Os protocolos IP e TCP, normalmente referenciados por TCP/IP, foram desenvolvidos com o fim de se aceder uniformemente a um conjunto de redes ligadas por *Gateways*, a *Internet*[1]. Acedendo a estes protocolos um utilizador "vê" uma única rede virtual que liga todos os sistemas. O modo de comunicação entre sistemas está escondido e é irrelevante. O protocolo IP oferece um serviço *Connectionless* e foi definido para redes de datagramas. Executa funções de endereçamento, encaminhamento e de fragmentação e agregação de datagramas. O protocolo TCP oferece um serviço *Connection-Oriented* que garante a comunicação *End-to-End*. Efectua o controlo de fluxo, o controlo de erros e possibilita o estabelecimento de diversas ligações lógicas. O protocolo TCP serviu de base à definição do TP4 da ISO sendo por isso considerado um protocolo de transporte de classe 4.

O principal pilar da rede virtual *Internet* é o endereço utilizado pelo protocolo IP, Endereço *Internet*. Todos os datagramas IP levam no seu cabeçalho o Endereço *Internet* de origem e de destino do datagrama. O endereço é constituído por quatro bytes nos quais se podem codificar pares [Rede, Sistema] de forma a identificar qual a rede a que se destina o datagrama, e dentro dessa rede qual o sistema terminal. O endereço *Internet* tem um valor reservado para a difusão de datagramas por todos os sistemas de uma rede, se as características da rede o permitirem, caso por exemplo da *Ethernet*.

O endereço *Internet* não equivale ao endereço físico que um sistema terminal tem numa dada rede. É necessário haver uma correspondência entre um endereço *Internet* e um endereço físico, que pode ser feita por tabelas, por funções de conversão ou ainda por protocolos próprios. Para a *Ethernet* esta correspondência é feita pelo protocolo ARP, *Address Resolution Protocol*.

A *Internet* é um exemplo típico de ligação de várias redes de datagramas. Os sistemas terminais, através do protocolo de transporte, são responsáveis pela transmissão entre redes. O protocolo IP, que deve estar presente em todos os *Gateways* e sistemas terminais, efectua o encaminhamento entre redes. Um *Gateway* pode ser constituído por qualquer sistema que tenha interfaces físicas com mais do que uma rede, e seja configurado para o efeito. Um sistema deste tipo tem que ter um endereço *Internet* e um endereço físico por cada rede a que está ligado.

O IP efectua o encaminhamento entre redes com o auxílio de tabelas. A alteração destas tabelas tem duas componentes, a inicialização e a actualização. A inicialização é feita durante o arranque do sistema. A actualização pode ser feita de forma manual ou automática. Na forma manual é o gestor do sistema que decide quando e como deve proceder a alterações. A forma automática é conseguida através de protocolos de encaminhamento.

Apesar de não ter sido desenvolvido com pretensões de vir a ser norma internacional o protocolo TCP/IP constitui nos dias de hoje um *de-facto standard*. Com efeito, existem várias aplicações desenvolvidas sobre estes protocolos com uma grande utilização em toda a comunidade informática. Entre as aplicações mais usadas contam-se o FTP, *File Transport Protocol*, para transmissão de ficheiros, o *rlogin* e o TELNET, para sessões de trabalho remotas, assim como algumas aplicações de correio electrónico. Adicionalmente, os protocolos TCP/IP constituem a base de comunicação dos sistemas UNIX ligados em rede. Fica assim disponível o interfuncionamento entre aplicações como o NFS, *Network File System*, as YP, *Yellow Pages*, e outras aplicações desenvolvidas em UNIX sobre aqueles protocolos. Todos estes factos justificam a utilização dos protocolos TCP/IP na Interligação de redes[1].

2.2 - A RDIS

Segundo a definição do CCITT a Rede Digital com Integração de Serviços é uma rede que evoluiu da rede telefónica de tecnologia digital que fornece conectividade digital entre dois extremos possibilitando assim integrar vários serviços de voz e dados numa interface com o utilizador. A RDIS oferece inúmeras vantagens relativamente à tecnologia anterior. Assim, por exemplo, a interface com o utilizador encontra-se digitalizada, o que quer dizer que se deixa de recorrer ao uso de modems para transmissão de dados. Os ritmos de transmissão aumentaram cerca de 6 vezes na maioria dos casos, de 9.6Kbit/s para 64Kbit/s. Um aumento de ritmo pode trazer benefícios económicos pois possibilita transferências de informação mais rápidas. As interfaces com o utilizador encontram-se normalizadas e oferecem mais do que um canal de comunicação possibilitando assim o estabelecimento de mais do que uma chamada em simultâneo.

A interface de acesso básico, S_0 , é constituída por 2 canais B de 64Kbit/s para transferência de voz ou dados e 1 canal D de 16Kbit/s para sinalização. A interface de acesso primário, S_2 , é constituída por 30 canais B e um canal D para sinalização, todos de 64Kbit/s. O nível 1 é comum a todos os canais pois estes são multiplexados no tempo. Para os acessos básico e primário este nível está normalizado nas recomendações I.430 e I.431 respectivamente. Em ambos os acessos os canais D devem ter implementados os protocolos RDIS de nível 2, definido na norma Q.921, e de nível 3, definido na norma Q.931. O nível 2 serve para estabelecimento de ligações lógicas com a rede e o nível 3 para sinalização e controlo de chamadas. Os protocolos implementados no canal B dependem do modo em que a chamada foi efectuada e da aplicação que a efectuou.

Se pensarmos nos ritmos de transmissão envolvidos numa rede local facilmente se chega à conclusão que uma interface de acesso básico não oferece um débito aceitável para o projecto LIGA. Logo, para minimizar o problema de adaptação de ritmo foi tomada a opção de se aceder à RDIS através de uma interface primária.

O serviço de suporte utilizado no projecto é caracterizado pelos seguintes atributos:

Modo de transferência de informação em comutação de circuitos;

Ritmo de transmissão de 64Kbit/s;

Capacidade de transferência de informação digital sem restrições;

Canal de acesso canal B de 64Kbit/s.

Como complemento são usados os seguintes serviços suplementares:

Calling Line Identification Presentation permite identificar o número de origem de uma chamada (CLIP);

Sub-addressing permite enviar um subendereço através da rede de forma transparente por forma a identificar uma dada aplicação no terminal de destino (SUB).

No modo circuito o protocolo de sinalização existente no canal D é responsável pelo estabelecimento de chamadas. Cada chamada disponibiliza um canal B para comunicação entre dois terminais. Este modo, quando utilizado com transmissão digital sem restrições, garante somente uma ligação física entre as duas extremidades de um canal B. Para que existisse alguma fiabilidade na transmissão de dados decidiu-se implementar um protocolo de dados nos dois extremos do canal. O LIGA possibilita a escolha entre os protocolos LAP-D, definido na norma Q.921 do CCITT, LAP-B, que constitui o nível de ligação de dados do protocolo X.25, e o núcleo do protocolo HDLC. Os dois primeiros proporcionam uma comunicação *End-to-End* com controlo de fluxo e de erros enquanto que o terceiro proporciona somente a transmissão de tramas HDLC com sinalização de erros.

2.3 - A INTERLIGAÇÃO

O LIGA utiliza a RDIS como mais uma rede física no ambiente *Internet*. Como tal deverão existir tabelas de correspondência entre endereços RDIS, endereços físicos, e endereços *Internet*[1]. O encaminhamento de datagramas na RDIS será efectuado através do estabelecimento de uma chamada em modo circuito com o endereço RDIS correspondente ao endereço *Internet* do datagrama. Depois de estabelecido o canal B o datagrama é enviado com o protocolo de dados que tiver sido configurado para o efeito. Uma chamada é desligada sempre que se verifique inactividade no canal B correspondente. O controlo da actividade de um canal B é efectuado com um temporizador, que é reinicializado sempre que se transmita ou receba um datagrama.

A Figura-1 representa uma topologia de redes ligadas que possibilita usar as funcionalidades pretendidas no projecto. A cada sistema terminal está associado um endereço *Internet* e a cada LIGA estão associados dois. Os endereços *Internet* dos sistemas ligados a uma mesma rede contêm uma parte comum que identifica essa rede. Neste exemplo, a rede pode ser

identificada pelo primeiro byte de cada endereço. De notar que a ligação de sistemas terminais à RDIS pode ser feita com interfaces de acesso primário ou de acesso básico, desde que satisfaçam os requisitos de arquitectura de protocolos que se descrevem mais adiante. Os endereços RDIS de cada um dos acessos estão assinalados entre parêntesis rectos.

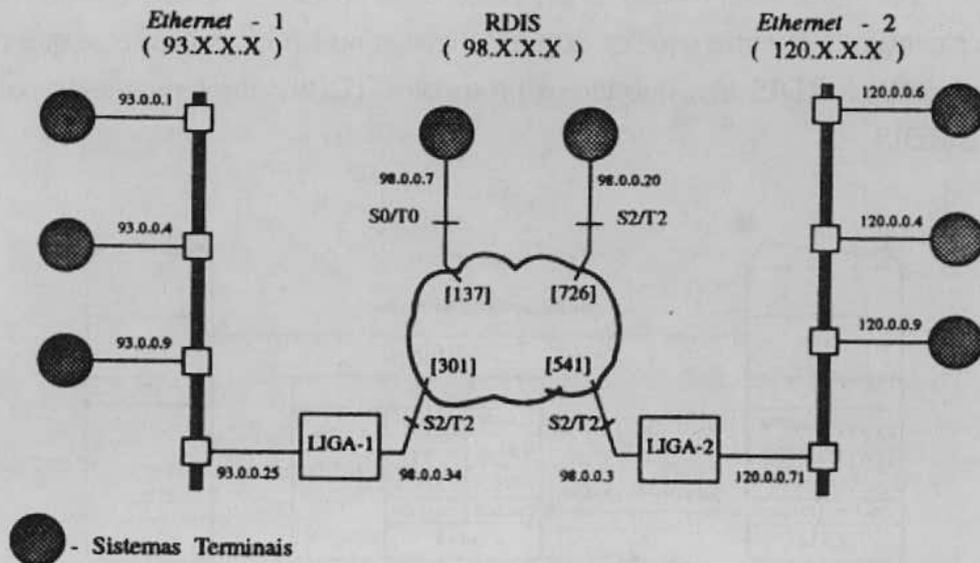


Figura 1 - Ligação da RDIS à *Ethernet*.

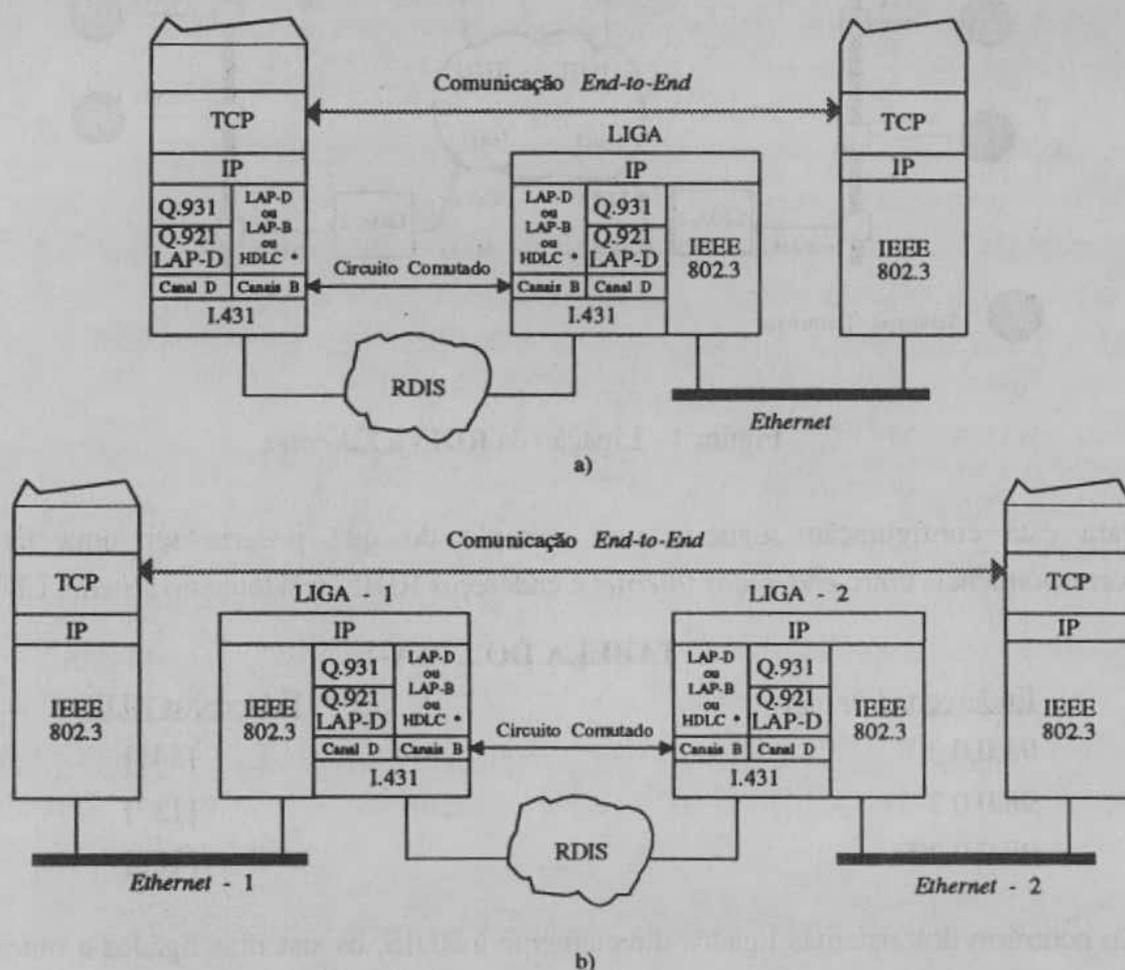
Para esta configuração segue-se um exemplo do que poderia ser uma tabela de correspondência entre endereços *Internet* e endereços RDIS, residente no sistema LIGA-1:

TABELA DO LIGA-1

<u>Endereços <i>Internet</i></u>	<u>Endereços RDIS</u>
98.0.0.3	[541]
98.0.0.7	[137]
98.0.0.20	[726]

Ao contrário dos sistemas ligados directamente à RDIS, os sistemas ligados a outras redes não têm que ter os seus endereços *Internet* discriminados na tabela. Por exemplo, sempre que o LIGA-1 receba um datagrama com o endereço *Internet* com o primeiro byte igual a 120, o IP deve encaminhá-lo o LIGA-2, que é o Gateway que liga à *Ethernet-2*. O LIGA-2 tem o endereço 98.0.0.3, logo deve ser estabelecida uma chamada na RDIS para o número [541]. Em resumo, cada tabela de correspondência deve ter uma entrada por cada sistema terminal ou Gateway que se ligue directamente à RDIS.

A arquitectura de protocolos das redes ligadas apresenta-se na Figura-2. Aqui podem observar-se os dois casos de funcionalidade pretendida para o LIGA. No primeiro, parte (a) da figura, temos a comunicação entre um sistema terminal ligado a uma rede local com outro ligado à RDIS. No segundo caso, parte (b) da figura, temos a comunicação, estabelecida através da RDIS, entre dois sistemas terminais ligados a redes locais distintas. Pode ainda ser observado que os protocolos RDIS se encontram divididos pelos dois canais envolvidos na comunicação, o canal D e o canal B. O protocolo de dados a utilizar no canal B pode ser configurado entre aqueles disponibilizados no LIGA. Saliente-se que os sistemas terminais ligados à RDIS têm que ter os protocolos TCP/IP implementados por cima dos protocolos RDIS.



(*) Só está disponível o núcleo do protocolo HDLC.

Figura 2 - Arquitectura de protocolos da ligação da RDIS à Ethernet.

A implementação do LIGA baseou-se no facto de o protocolo IP possibilitar que um sistema que tenha duas interfaces físicas em redes diferentes funcione como *Gateway*. Posto isto, o LIGA tem como base um PC-AT com uma placa de interface *Ethernet* e uma placa de interface RDIS para acesso primário. Dado que as placas de interface *Ethernet* se encontram

bastante divulgadas no mercado, a constituição do LIGA "custou" em hardware somente o desenvolvimento de uma placa de interface de acesso primário S₂ para RDIS.

Do ponto de vista de software as funções do LIGA encontram-se divididas do seguinte modo. As funções atribuídas à placa RDIS são o estabelecimento e controlo de chamadas na RDIS, e o controlo de acesso aos canais B com implementação dos protocolos de dados já focados. O PC tem instalado o sistema operativo UNIX com o respectivo sistema de desenvolvimento de software e os protocolos TCP/IP. Assim, pode dizer-se que funcionalmente estes protocolos são executados na placa principal do PC. A capacidade de processamento desta placa e a sua quantidade de memória são factores importantes que influenciam o desempenho global e a capacidade para reter tabelas de encaminhamento de grandes dimensões. O acesso à *Ethernet* e à RDIS serão efectuados por módulos de software próprios. Para a *Ethernet* o software é fornecido com o sistema operativo ou com a placa de interface *Ethernet* em questão. Para a RDIS o software de acesso é objecto deste projecto.

De salientar que o desenvolvimento de uma interface RDIS com estas características possibilita ainda a utilização de um PC-AT como sistema terminal ligado à RDIS tal como representado na Figura-1. Para tal é necessário que o PC possua uma interface RDIS, o sistema operativo UNIX com os protocolos TCP/IP, e o módulo de software de acesso à interface RDIS.

3 - HARDWARE DO LIGA

A Placa de Interface de Ritmo Primário, PRI, foi projectada de modo a efectuar o controlo do estabelecimento de canais em modo circuito de uma forma autónoma sem envolvimento do PC[2]. Entre as tarefas a executar incluem-se o controlo do estabelecimento de chamadas em modo circuito, que inclui o protocolo de sinalização de nível 3 constante na norma do CCITT Q.931, o acesso ao canal D com o protocolo LAP-D, norma Q.921 também do CCITT, e o acesso aos canais B com um protocolo de nível 2. Adicionalmente a placa executa outras tarefas de índole global como, o protocolo de comunicação com o PC, a gestão estatística global, e a gestão dos níveis 1 e 2.

Para a execução deste leque de tarefas foram incluídos componentes para o processamento central, para armazenamento de dados em grande quantidade, para interface com o PC, para interface com a linha de transmissão e, finalmente, para controlo de protocolos até ao nível 2 em todos os canais da interface. Dada a quantidade de componentes envolvidos houve necessidade de recorrer à tecnologia de montagem superficial, a qual possibilitou utilizar-se empacotamentos de tamanho reduzido para a maioria dos componentes.

A arquitectura de hardware da PRI divide-se em quatro grandes blocos funcionais representados na Figura-3.

O bloco **CENTRAL** contém um microprocessador 80C186 da Intel a operar à frequência de 16Mhz, EPROM, memória estática, e uma unidade de controlo. Este bloco serve de suporte à execução do software da placa e centraliza o controlo dos restantes blocos. A EPROM serve somente para arranque do sistema e pode ser desligada depois de efectuar o carregamento do software a executar na placa. Depois de desligada o seu espaço de endereçamento fica livre para acesso a memória estática.

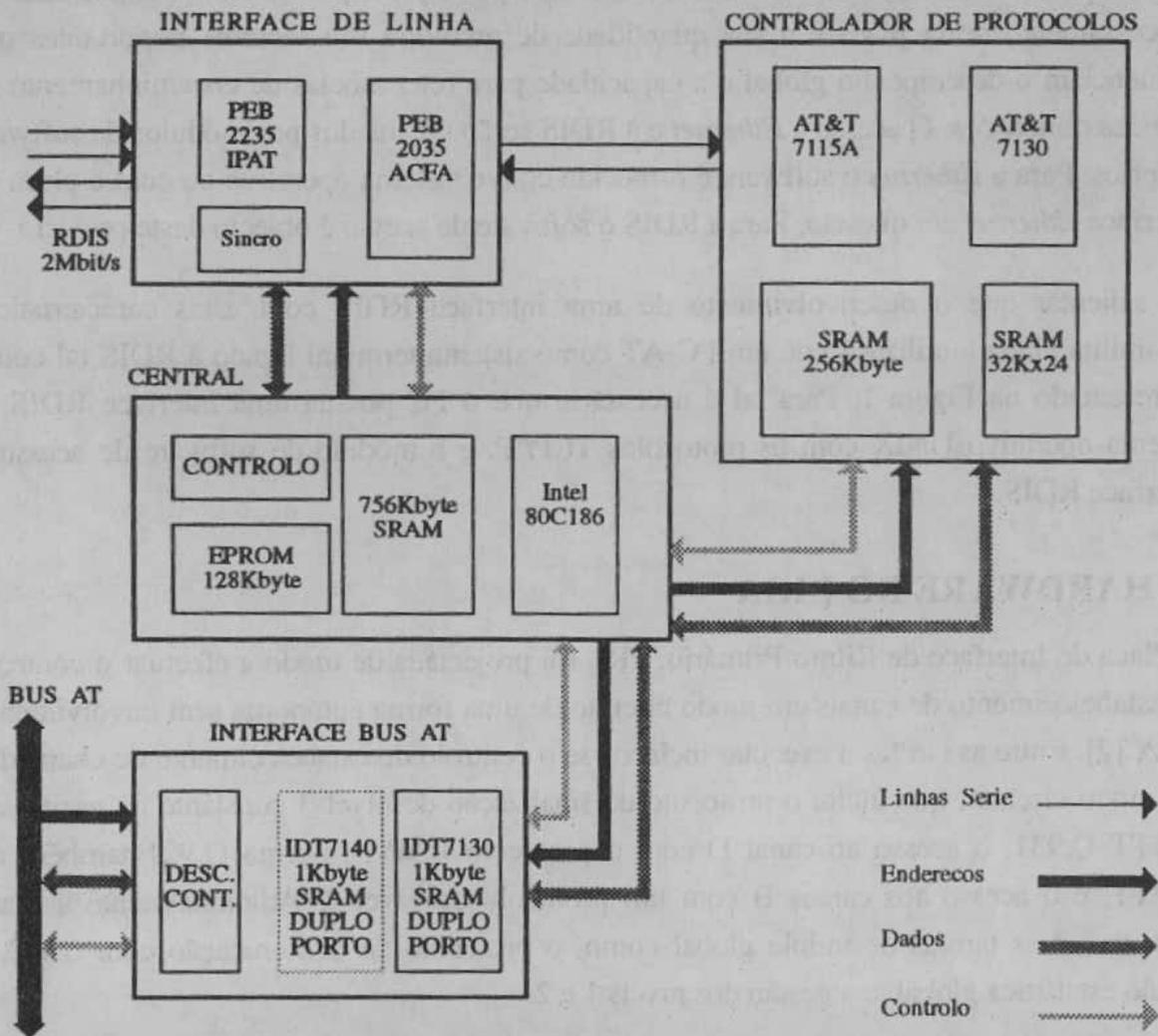


Figura 3 - Diagrama de blocos da PRI.

O bloco **INTERFACE BUS-AT** contém uma memória duplo porto 7130 da IDT e circuitos para descodificação do acesso por parte do PC-AT. Opcionalmente pode conter outra memória da IDT, a 7140, para que a comunicação com o bus AT seja feita com palavras de 16 bits. É através deste bloco que o bloco **CENTRAL** comunica com a Placa Principal do PC.

O projecto desta interface visou a transferência de informação entre o PC e a PRI em blocos e por interrupção. Com os circuitos usados consegue-se otimizar o número de bytes transferidos em cada interrupção através da implementação de um protocolo de comunicação simples. Foi também necessário garantir alguma configurabilidade relativamente ao mapeamento de endereços e à interrupção do lado do bus AT para que a PRI pudesse ser usada em simultâneo com a maioria das placas existentes para o mesmo bus.

A estrutura interna da memória IDT7130 possibilita aos dois portos acederem simultaneamente aos dados armazenados desde que seja em endereços diferentes. Se houver acessos a endereços iguais, uma lógica interna de arbitragem decide qual dos lados acede em primeiro lugar. Outra característica bastante útil da memória é possuir um sinal de interrupção para cada porto controlado por leituras e escritas nos endereços mais altos da memória. Desta forma pode ser efectuada a sincronização da presença de dados para os dois sentidos.

O bloco da INTERFACE DE LINHA é constituído por um circuito para alinhamento de trama PEB2035 ACFA da SIEMENS, um circuito para interface de linha PEB2235 IPAT também da SIEMENS e circuitos para sincronização. Estes componentes em conjunto implementam a interface física do nível 1. O esquema de ligações entre este bloco e o CONTROLADOR DE PROTOCOLOS é apresentado na Figura-4.

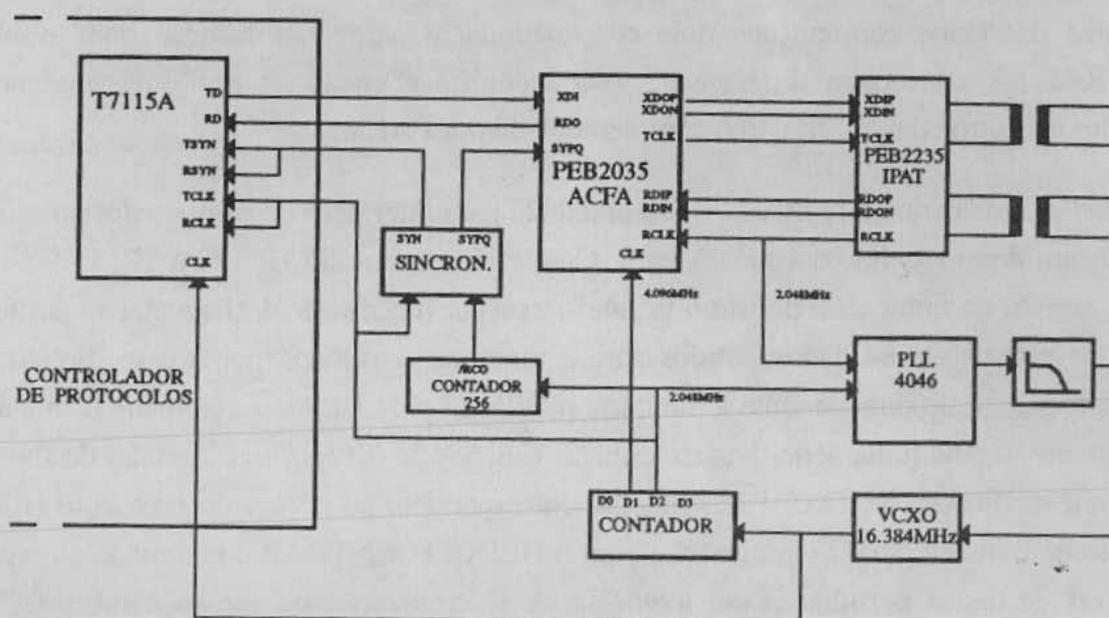


Figura 4 - Ligação da INTERFACE DE LINHA ao CONTROLADOR DE PROTOCOLOS.

O PEB2235 IPAT, *Primary Access Transceiver*, tem a função de fazer a interface analógica com a linha da rede no modo CEPT a 2.048Mbit/s. O PEB2035 ACFA, *Advanced CMOS Frame Aligner*, tem como função o alinhamento da trama para interfaces de ritmo primário. Por programação este componente é configurado de acordo com as normas do CEPT, alinhamento em multitrama, correcção de erros com CRC4 e código de linha HDB3.

A sincronização com o relógio da linha está implementada com um PLL, *Phase Locked Loop*, 74HC4046, e com um VCXO, Oscilador Controlado por Tensão, de frequência central de 16.384Mhz. A sincronização do relógio de 2.048Mhz com o de 16.384MHz é obtida através de um divisor de frequência implementado com um contador decrescente.

O ACFA e o T7115A estão ligados por uma linha de transmissão série, *full duplex*, de ritmo 2.048Mbits/s no modo CEPT. A sincronização do *Time Slot 0* é dada pelos sinais TSYN, RSYN e SYPQ, gerados através de um contador de tramas e de um circuito combinatório.

O bloco CONTROLADOR DE PROTOCOLOS, representado em detalhe na Figura-5, é o bloco de hardware mais complexo da PRI. Pode ser considerado uma unidade de processamento autónoma para implementação de protocolos até ao nível 2. Este bloco é constituído por um Formador de Dados T7115A, um Controlador Multiprotocolo T7130, 256Kbyte de memória partilhada e 96Kbyte de memória estática para uso privado do T7130. O T7115A, controlador de mais baixo nível, encarrega-se da formatação e desformatação de tramas HDLC em cada canal do acesso primário. O T7130 serve-se da sua memória privada para execução de código que lhe permite implementar protocolos de nível 2 para as tramas formatadas pelo T7115A. A memória partilhada serve para armazenar estruturas de dados comuns aos dois controladores e para comunicação com o bloco CENTRAL. A arbitragem de acesso a esta memória é efectuada por uma unidade de controlo, o árbitro de memória, que é implementada por PAL's.

O formador de dados T7115A é um componente para interfaces de ritmo primário (30B + D) com um desempenho bastante elevado. Com efeito, no modo HDLC o T7115A recebe tramas através da linha série de ritmo primário executa funções de desformatação em todos os canais e transfere os dados obtidos para a memória partilhada por acesso directo. Do mesmo modo acede directamente à memória partilhada para ler dados, os quais formata em tramas e envia pela linha série. São executadas funções de *bit stuffing*, inserção de flags, e, geração e verificação de CRC. Estas funções correspondem ao núcleo do protocolo HDLC. O modo de transferência de informação com o BLOCO CENTRAL é efectuada através de estruturas de dados partilhadas em memória. A sincronização de acesso à informação é efectuada pelos sinais /INT no sentido T7115A BLOCO CENTRAL e SA7115 no sentido oposto.

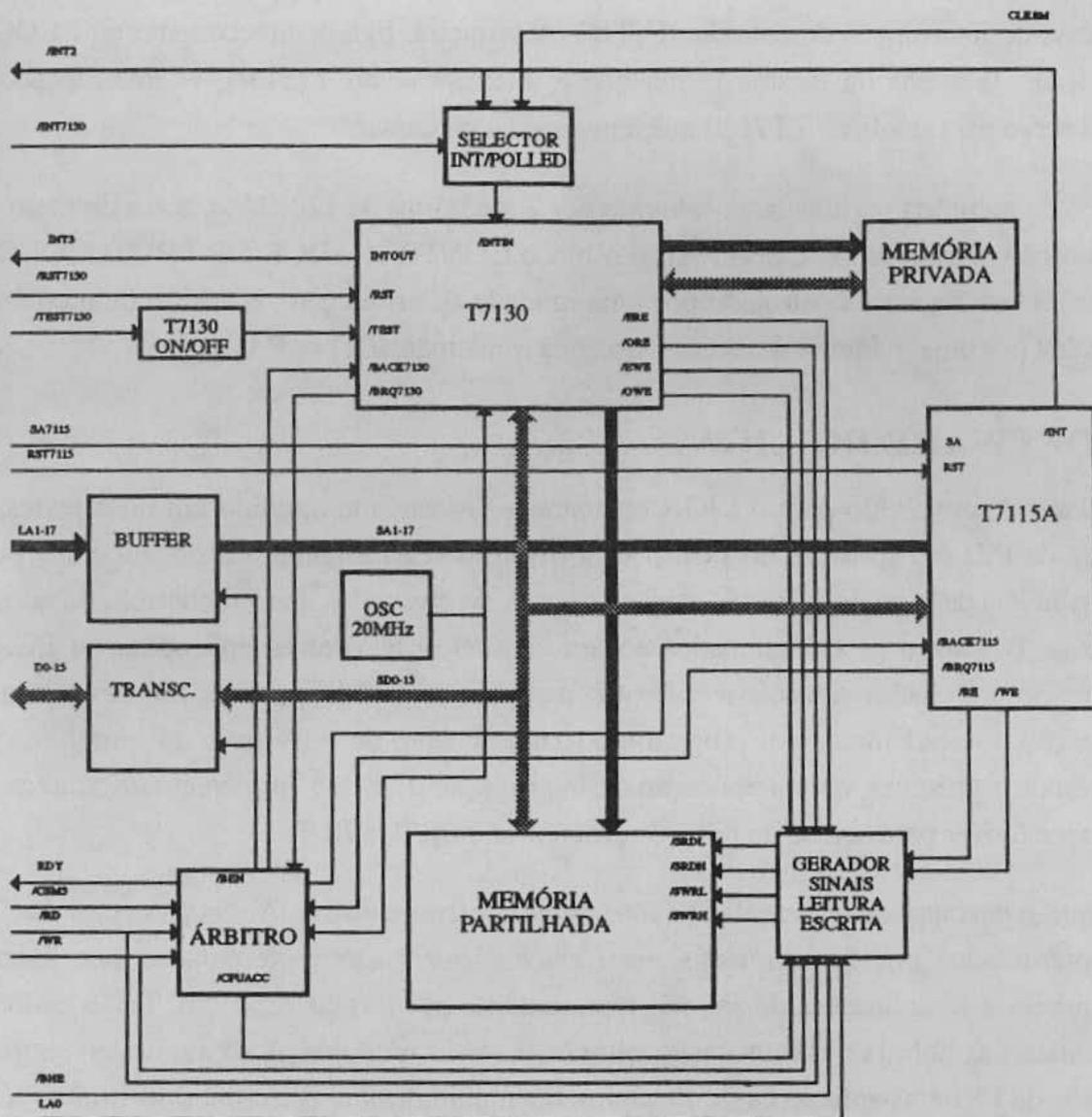


Figura 5 - Esquema do CONTROLADOR DE PROTOCOLOS

Dá-se o nome de Controlador Multiprotocolo ao T7130 pois este componente pode ser utilizado para o controlo de vários tipos de protocolos. Possui um bus para aceder a uma memória privada aonde executa um código dedicado fornecido pela AT&T. O método de transferência de informação com os outros circuitos é equivalente ao do T7115A, ou seja por partilha de estruturas de dados em memória. Na realidade o Controlador Multiprotocolo T7130 foi especialmente desenvolvido para interactuar com o T7115A. Por isso, quando programado para o efeito, o T7130 acede às estruturas de dados do T7115A existentes numa memória partilhada e executa um protocolo de nível 2 sobre qualquer dos 32 canais. Na versão actual do T7130 encontram-se disponíveis os protocolos LAP-D, LAP-B e SS7. Presentemente a PRI só utiliza o LAP-D mas encontra-se preparada para utilizar

simultaneamente o LAP-B. O T7130 possui uma linha de interrupção de saída, INTOUT, e uma linha de interrupção de entrada, /INTIN. A primeira, ligada directamente ao BLOCO CENTRAL, funciona da mesma forma que a interrupção do T7115A. A interrupção de entrada serve para sinalizar o T7130 que tem dados a processar.

O banco de memória partilhada, constituído por 2 memórias de 128Kbyte, serve de meio de comunicação entre o bloco CENTRAL e o bloco CONTROLADOR DE PROTOCOLOS. O acesso a este banco é controlado por uma unidade de arbitragem, o árbitro de memória, constituída por uma máquina de estados síncrona implementada por PAL's.

4 - SOFTWARE DO LIGA

O software desenvolvido para o LIGA encontra-se fisicamente dividido em duas partes, o software da PRI e o software do PC[2]. O software da PRI é composto por módulos para todos os níveis de protocolo RDIS, para o controlo de chamadas, para o controlo de acesso aos canais B, para a gestão estatística e para comunicação com as aplicações do PC. O software do PC inclui um *Device Driver* para acesso à PRI, aplicações de gestão e manutenção nomeadamente um programa de carregamento de software e um programa de aquisição de estatísticas, e uma aplicação de Interligação de Redes implementada através de um *Device Driver* para acesso da pilha de protocolos TCP/IP à RDIS.

Na Figura-6 encontra-se representada a estrutura de software do LIGA. Os processos da PRI são representados por formas ovais, os *Device Drivers* são representados por formas rectangulares e as aplicações do PC são representadas por formas redondas. Estão também representadas as linhas de comunicação entre os diversos módulos. A comunicação entre os processos da PRI e as aplicações do PC apresenta algum detalhe permitindo identificar qual o processo que comunica com uma determinada aplicação.

4.1 - O SOFTWARE DA PRI

O sistema de desenvolvimento utilizado na PRI é constituído por um compilador de linguagem C, um núcleo multitarefa, e um gestor de memória. Este ambiente permite a criação de várias processos que partilham de forma concorrente os recursos de processamento e de armazenamento da PRI.

Como se disse no capítulo anterior, a EPROM existente na placa serve somente para arranque do sistema. Contem um código próprio de comunicação com a aplicação LOADER do PC que efectua o carregamento de software de todo o sistema da PRI e inicia a sua execução. Esta característica possibilita não só que o código seja executado a partir da memória estática, de acesso mais rápido, como também facilita a manutenção de software.

O nível 1 da PRI tem como base os componentes da Interface de Linha e os respectivos *Device Drivers*, DDACFA e DDIPAT. Dado que o ACFA e o IPAT não implementam os procedimentos de nível 1 de uma forma autónoma foi necessário complementar as suas funções com o processo **lm1**. Este processo implementa a máquina de estados definida na norma I.431 do CCITT[3].

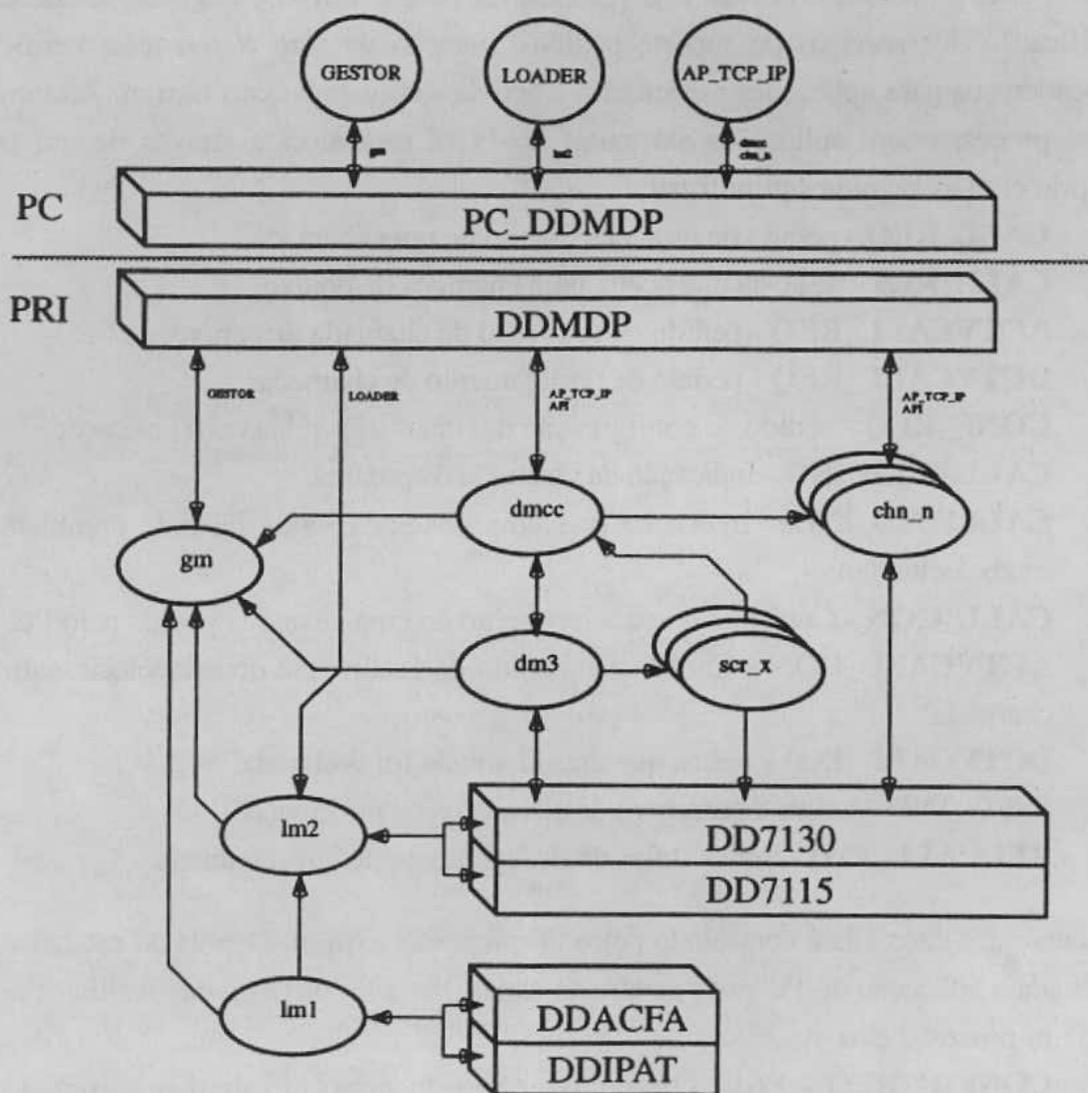


Figura 6 Estrutura de software da PRI e estrutura prevista para o PC.

O nível 2 da PRI é constituído pelos *Device Drivers* do Controlador de Protocolos, DD7130 e DD7115, e pelo processo **lm2**. A inclusão do processo **lm2** deve-se à necessidade executar o controlo do T7130 e do T7115A. Depois da inicialização do sistema, este processo comunica com a aplicação LOADER do PC para carregar o código dedicado do T7130 e procede à inicialização do bloco de hardware CONTROLADOR DE PROTOCOLOS.

O nível 3 da PRI encontra-se dividido em duas camadas separadas. A primeira segue a norma T/S 46-30 da ETSI[4] e é constituída pelos processos **dm3** e **scr_x**. A segunda parte, o controlo de chamadas, não está sujeita a qualquer norma e é implementada pelo processo **dmcc**.

O processo de controlo de chamadas, **dmcc**, complementa as funções executadas pelos outros dois processos do nível 3. É responsável pelo controlo e negociação dos canais B, verificação dos serviços de suporte pedidos, geração de *Call References*, verificação de subendereços para aplicações específicas, e activação dos processos **chn_n**. A comunicação deste processo com aplicações existentes no PC é estabelecida através de um protocolo próprio com as seguintes primitivas:

CALL_REQ - pedido de estabelecimento de uma chamada.

CALL_RES - resposta que aceita uma chamada disponível.

ACTVCALL_REQ - pedido de activação de chamada disponível.

DCTVCALL_REQ - pedido de desligamento de chamada.

CONF_REQ - pedido de configuração das chamadas relativas à aplicação.

CALLAVLB_IND - Indicação de chamada disponível.

CALLESTB_IND - Indicação que uma chamada vinda da rede completou o seu estabelecimento.

CALL_CON - Confirma o estabelecimento de uma chamada pedida pelo PC.

ACTVCALL_CON - Confirma o pedido de finalização do estabelecimento de uma chamada.

DCTVCALL_IND - Indica que uma chamada foi desligada.

INFO_IND - Indica a passagem de elementos de informação.

RELCALL_IND - Indica o fim do desligamento de uma chamada.

O acesso aos canais B é controlado pelos 30 processos **chn_n**. Depois de estabelecida uma chamada a aplicação do PC pode aceder ao canal B através da troca das seguintes primitivas com um processo **chn_n**:

CONFIG_REQ - Pedido de configuração do protocolo de dados para o canal B, LAP-D ou núcleo do HDLC. Futuramente estará disponível o LAP-B.

ESTABLISH_REQ - Pedido de estabelecimento de uma ligação de dados para o protocolo configurado.

DATA_REQ - Pedido envio de uma trama de dados.

RELEASE_REQ - Pedido desligamento da ligação de dados.

CONFIG_CON - Confirmação do pedido de configuração.

ESTABLISH_IND - Indicação do estabelecimento de uma ligação de dados.

ESTABLISH_CON - Confirmação do pedido de estabelecimento de uma ligação de dados.

DATA_IND - Indicação de recepção de uma trama de dados.

DATA_CON - Confirmação do pedido de envio de uma trama de dados.

RELEASE_IND - Indicação do desligamento da ligação de dados.

RELEASE_CON - Confirmação do pedido de desligamento da ligação de dados.

O *Device Driver DDMDP* para a interface AT implementa um protocolo de dados simples que otimiza a utilização do hardware de comunicação com o PC. Este protocolo encarrega-se também de efectuar a multiplexagem e desmultiplexagem de mensagens entre as aplicações do PC e os processos da PRI, possibilitando assim a partilha dos recursos RDIS por várias aplicações.

Todo o software da PRI foi desenvolvido pensando sempre que o acesso à RDIS poderá ser partilhado por várias aplicações, das quais a Interligação de Redes seria um caso particular. As chamadas que chegam à PRI são encaminhadas, pelo processo **dmcc**, para as aplicações existentes no PC fazendo uso do serviço suplementar de subendereçamento definido na norma T/S 46-32 da ETSI[5]. Para que o processo **dmcc** possa encaminhar chamadas para as aplicações é necessário que estas enviem uma primitiva de configuração **CONF_REQ**, na qual se incluem os parâmetros, valor do subendereço, tipo de estabelecimento, e protocolo a usar no canal B. O tipo de estabelecimento é uma particularidade deste desenvolvimento e pode ser rápido ou normal. No estabelecimento rápido as chamadas são estabelecidas da forma mais rápida possível com intervenção mínima da aplicação. Adicionalmente, depois de estabelecido o canal B, o processo **chn_n** correspondente é automaticamente inicializado e é desencadeado o estabelecimento de uma ligação de dados, caso o protocolo o permita, caso do LAP-D e LAP-B. No estabelecimento normal a aplicação participa não só na fase de estabelecimento da chamada na RDIS como também tem que configurar e inicializar as comunicações com os processos **chn_n**. Em qualquer dos casos a transferência de dados através do canal B só é possível depois de este estar configurado e, para os protocolos LAP-D e LAP-B, de a ligação lógica estar estabelecida. A característica de rápido estabelecimento é bastante útil na interligação de redes pois possibilita o encaminhamento dos datagramas pela RDIS de uma forma mais expedita.

4.2 - O SOFTWARE DO PC

O desenvolvimento do software do PC teve como base o sistema operativo UNIX System V da SCO, Santa Cruz Operation, e o correspondente sistema de desenvolvimento. Dentro do sistema de desenvolvimento encontram-se disponíveis um conjunto de funções de sistema e de recursos que dão pelo nome de *STREAMS*. Este conjunto possibilita a criação de uma entidade de comunicação bidireccional com características apropriadas ao desenvolvimento de protocolos e à comunicação de processos do utilizador com *Device Drivers*, as *Streams*.

O desenvolvimento do *Device Driver PC_DDMDP* baseou-se numa *Stream* de multiplexagem superior. Este tipo de *Streams* tem pressuposto a criação de várias instâncias

de processamento, possibilitando assim o acesso à PRI por diversas aplicações existentes no PC. A *Stream PC_DDMDP* é funcionalmente idêntica ao *Device Driver* existente no software da PRI.

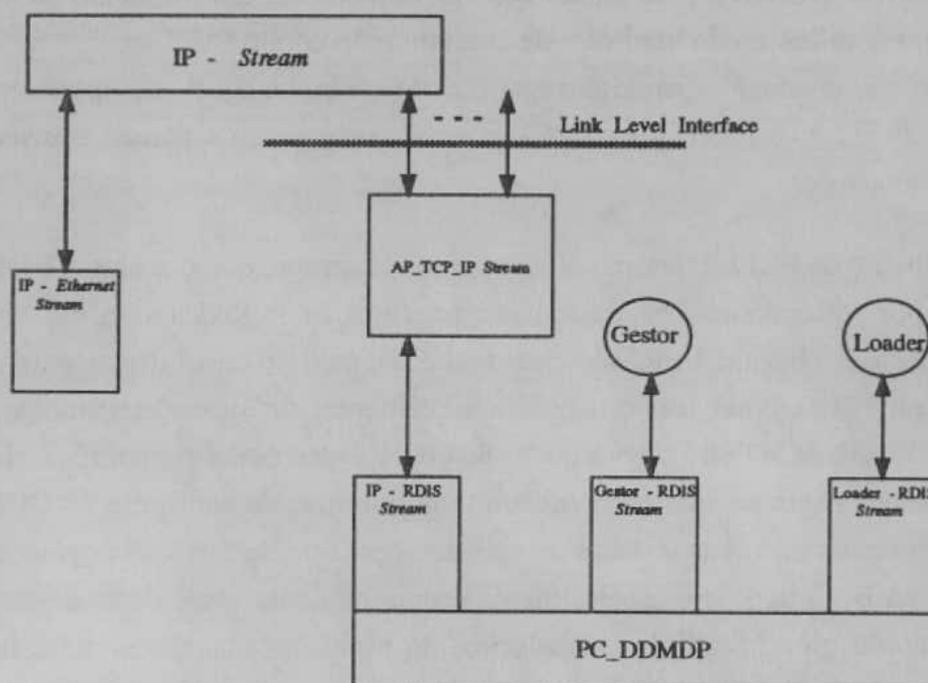


Figura 7 - Configuração das *Streams* no PC.

A Figura-7 apresenta a configuração de *Streams* do PC. Em baixo temos a *Stream PC_DDMDP* que contém três instâncias. Uma para a aplicação **LOADER**, para carregamento do software da PRI e para carregamento do código do componente T7130. A segunda para a aplicação **GESTOR**, para aquisição de estatísticas de funcionamento da placa. E a terceira para a aplicação de Interligação de Redes **AP_TCP_IP**.

A interface desta aplicação com o IP encontra-se normalizada no documento LLI, Link Level Interface[6], editado pela SCO, o qual constitui uma aplicação da norma DLPI, Data Link Provider Interface[7], editado pelo UNIX International. Estes documentos descrevem as mensagens e os modos de acesso aos protocolos de nível 2 com base nas *STREAMS*. Uma *Stream* que cumpra os requisitos LLI pode ser utilizada com várias pilhas de protocolos entre as quais se encontra o TCP/IP.

A *Stream AP_TCP_IP* acede à PRI através do *Device Driver PC_DDMDP* e tem como função principal a utilização dos serviços da RDIS para encaminhar datagramas IP. O

estabelecimento de chamadas será feito em modo circuito resultando com isso o estabelecimento de um canal B até ao destino. A transmissão de dados através desse canal é assegurada pelo protocolo de dados LAP-D implementado na PRI. O número de destino de cada chamada RDIS é obtido pela consulta a uma tabela de conversão de endereços, a qual deverá ter uma estrutura funcionalmente idêntica à exemplificada no capítulo 2.

Na realidade a tabela existente na *Stream AP_TCP_IP* é um pouco diferente da apresentada no capítulo 2. O protocolo IP transforma o endereço internet para o qual o datagrama vai ser encaminhado, o qual pode não coincidir com o endereço de destino do datagrama, num endereço físico do tipo IEEE 802.3 através da consulta às tabelas do protocolo ARP. Assim, nesta aplicação têm que se inicializar entradas nas tabelas do protocolo ARP com conversões de endereços internet em endereços físicos fictícios e inicializar tabelas na *Stream AP_TCP_IP* com conversões de endereços físicos fictícios em endereços RDIS.

A origem das chamadas vindas da rede é identificada pelo valor do elemento de informação CLIP, definido na norma T/S 46-32[5]. Assim é possível utilizar o canal B estabelecido para encaminhar datagramas IP sempre que necessário.

O tamanho máximo dos datagramas a enviar pela RDIS pode ser limitado não só pelo protocolo configurado para o canal B como também pela quantidade de memória disponível na PRI. Para contornar esta situação a *Stream AP_TCP_IP* faz segmentação e agregação de datagramas IP.

Para minimizar as diferenças entre os ritmos de transmissão entre a rede *Ethernet* e os canais B da RDIS resolveu-se colocar nas tabelas de conversão, associado a cada numero RDIS, o número de canais B a estabelecer quando se inicia a transmissão de datagramas para um determinado destino. O valor das temporizações de verificação de inactividade dos canais B também são alvo de uma configuração que depende do destino.

5 - CONCLUSÕES

Este projecto encontra-se na fase terminal do seu desenvolvimento mas conta já com um resultado importante, que é o aparecimento de uma placa de interface primária RDIS para se ligar a computadores pessoais do tipo PC-AT. Apesar de ter sido projectada tendo como objectivo específico o LIGA, a PRI constitui uma placa de uso generalizado possibilitando variados desenvolvimentos. Efectivamente o acesso proporcionado ao PC prevê a execução de mais do que uma aplicação em simultâneo, estando já em curso a implementação de um servidor de terminais RDIS que se executará em simultâneo à Interligação das Redes. Adicionalmente a placa pode ser usada fora do contexto do LIGA e servir de base a outro tipo de aplicações, como por exemplo, o acesso através da RDIS a um servidor de bases de dados, e em outro tipo de ambientes, MS-DOS por exemplo. Esta placa está pronta a ser

industrializada e oferece grande facilidade de manutenção de software. A implementação dos protocolos de dados na placa constituem também uma característica de relevo pois proporcionam bastante eficiência e fiabilidade no acesso a dados dos canais B sem sobrecarga do PC.

Como exemplo de utilização do projecto aqui apresentado pode-se citar uma empresa que possui uma rede local em cada uma das suas delegações e pretende operar como se possui-se uma só rede que abrangesse todas as delegações. Por outro lado alguns dos funcionários dessa empresa pretendem continuar em casa as tarefas iniciadas nos seus locais de trabalho. Este tipo de serviços que têm vindo a ser prestados pelas redes telefónica e de dados, ficam agora disponibilizados na RDIS através do projecto LIGA.

Dado que não será vulgar encontrar em casa dos utilizadores uma interface de ritmo primário, será útil proceder-se ao desenvolvimento de um serviço idêntico ao descrito neste documento para uma interface de ritmo básico. Utilizando os conceitos aqui expostos o INESC já iniciou este desenvolvimento com base num terminal multifuncional baseado em PC[8].

Saliente-se ainda que a utilização dos protocolos TCP/IP para interligar redes locais com a RDIS não são a única solução. É sim, um dos métodos possíveis que poderá trazer vantagens a uma parte considerável dos utilizadores dos sistemas UNIX. No entanto, a simplicidade de especificação do software do PC e o isolamento de acesso à RDIS proporcionado pela placa, possibilitam a utilização de outro tipo de soluções, baseadas em ambientes e protocolos distintos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Comer: "Internetworking with TCP/IP. Principles, Protocols, and Architecture", Prentice-Hall, 1988.
- [2] F. Videira: "Interligação de uma Rede Ethernet com a Rede Digital de Integração de Serviços", Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1992.
- [3] CCITT: "Recommendation I.431, Primary Rate User-Network Interface - Layer 1 Specification", Novembro de 1988.
- [4] ETSI: "ETS T/S 46-30, Integrated Services Digital Network (ISDN) User-Network Interface, Layer 3 Specification for Basic Call Control. Application of CCITT Recommendations Q.930/I.450 and Q.931/I.451", Julho de 1990.
- [5] ETSI: "Recommendation T/S 46-32 ISDN User-Network Interface, Generic Procedures for the Control of ISDN Supplementary Services", Março 1989.
- [6] SCO: "LLI Driver Interface Specification. Version 3.0 Rev 7", 1991.
- [7] UNIX International: "DLPI Data Link Provider Interface", 1991.

- [8] J. Lourenço: "Um terminal multifuncional para Redes Digitais com Integração de Serviços", Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1990.