

ASPECTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO  
PROTOCOLO MNP EM MODEM V.22 BIS

Ricardo Nogueira Pianta\*

RESUMO

Este trabalho apresenta o protocolo MNP, padrão internacional como método de detecção e correção de erro, e sua implementação no modem Digitel DT22bis a partir da sua arquitetura básica voltada a comunicação não-protocolada.

---

\*Bacharel em Ciência da Computação - UFRGS,  
Projetista de Software da DIGITEL S.A.

## 1. INTRODUÇÃO

Métodos de correção de erro são bastante conhecidos e largamente utilizados em softwares de comunicação. A incorporação desta facilidade a modems já é mais recente. O Microcom Network Protocol é um protocolo que foi desenvolvido para utilização em modems, constituindo-se padrão internacional de fato.

O MNP é um protocolo proprietário da Microcom Inc., fornecido sob licenciamento. O protocolo está organizado em classes, sendo as classes de 1 a 4 responsáveis pelo processo de correção de erro. As classes de 5 a 7 adicionam capacidade de compressão de dados.

O MNP, quando operando em classe 2, assemelha-se ao BSC. Em classe 3 passa a utilizar um protocolo orientado a bit, semelhante ao SDLC.

A grande vantagem da agregação de protocolos de correção a modems inteligentes é de, sem custo adicional, prover aos usuários um canal virtualmente "livre de erros", liberando o ETD para outras tarefas.

O objetivo deste trabalho é descrever a implantação de uma versão do protocolo MNP para um modem V.22 BIS - CCITT (o Digital DT 22B), utilizando o hardware já existente para comunicação convencional. Esta implementação inclui as classes de 1 a 4 do protocolo, mantendo total compatibilidade com o padrão MNP.

O trabalho foi desenvolvido com o apoio da DIGITEL S.A. Indústria Eletrônica, detentora da licença de uso do protocolo e fabricante do modem DT 22B.

## 2. PROTOCOLO MNP

### 2.1. Arquitetura

Assim como o modelo de referência OSI (Open System Interconnection) da ISO (International Organization of Standardization) [ISO82], o protocolo MNP está organizado em níveis hierárquicos. O relacionamento entre as arquiteturas MNP e OSI pode ser observado na figura a seguir.

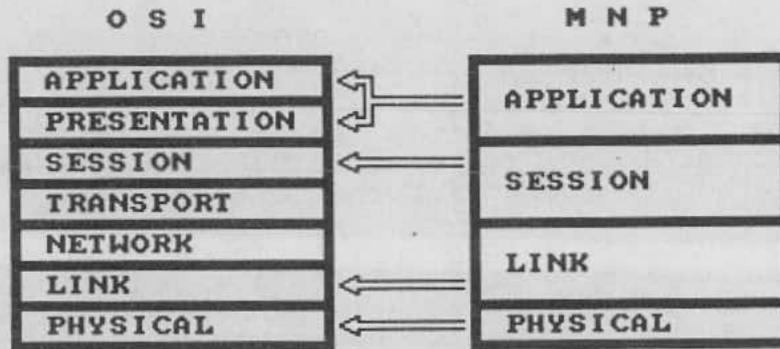


FIGURA 1 - RELAÇÃO MODELO OSI-MNP

## 2.2. Protocol Data Units

A comunicação entre as entidades envolvidas no processo de comunicação se dá através de mensagens, denominadas Protocol Data Units (PDUs).

Um PDU consiste em um número inteiro de octetos estruturalmente divididos em duas partes: um cabeçalho e uma porção opcional de dados. Na descrição de um PDU, os octetos são numerados sequencialmente a partir de 1 na mesma ordem em que são transmitidos. Os bits do octeto estão numerados de 1 a 8, onde o bit 1 é o de mais baixa ordem e o primeiro a ser transmitido.

### 2.2.1. Cabeçalho

O cabeçalho de um PDU está dividido em três partes: um indicador de comprimento do cabeçalho, uma porção fixa e uma porção variável.

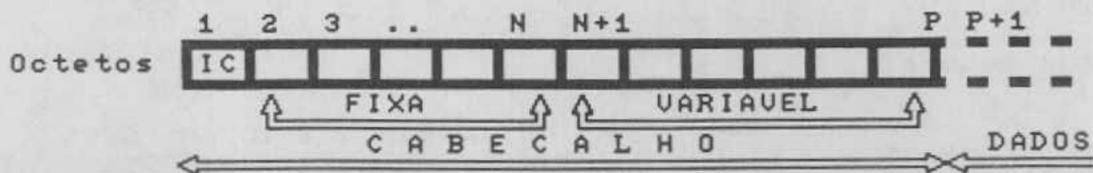


FIGURA 2 - ESTRUTURA DE UM PDU

O indicador de comprimento, como o próprio nome diz, indica o número de octetos pertencentes à porção fixa e à porção variável, não incluindo seu próprio comprimento no valor. O indicador é sempre o primeiro octeto do PDU e limita o comprimento do cabeçalho a 254 octetos. O valor 255 é reservado.

A porção de parâmetros fixos do PDU contém um conjunto de informação cujo significado é dado pela sua posição no cabeçalho, e que tem tamanho fixo. O octeto 2, por exemplo, sempre contém um valor que indica o tipo funcional do PDU. O tipo funcional determina também o comprimento e a estrutura do restante do cabeçalho.

A porção variável do PDU contém informações opcionais ou campos que possam futuramente ser expandidos, não sendo desejável um tamanho pré-fixado. Os elementos desta porção são denominados parâmetros. Um parâmetro é constituído de três partes: um octeto contendo o código do parâmetro, um octeto contendo o comprimento "n" do parâmetro, e "n" octetos com o valor do parâmetro. O valor e a estrutura do parâmetro é dependente do seu código.

## **2.3. Protocolo de Enlace**

### **2.3.1. Definição**

O protocolo de enlace MNP é um protocolo equivalente ao nível 2 do modelo OSI. Sua função é prover comunicação transparente, livre de erro e com fluxo controlado entre duas entidades do enlace. O protocolo deve prover ainda um certo número de serviços aos usuários do enlace, tais como transferência de dados, sinalização, controle de fluxo e blocagem dos dados.

### **2.3.2. Serviços do Nível de Enlace**

#### **2.3.2.1. Serviço de Conexão**

O serviço de conexão é necessário ao estabelecimento do enlace entre duas entidades. Este serviço permite ao usuário requisitar o estabelecimento deste enlace, definindo o tipo de conexão e os serviços que estarão disponíveis durante o processo de comunicação.

#### **2.3.2.2. Serviço de Desconexão**

O serviço de desconexão permite o encerramento do enlace. Este encerramento se dá de forma imediata, sendo necessário que os usuários não tenham dados pendentes no enlace. A iniciativa da desconexão pode partir do próprio protocolo, respondendo a determinadas situações tais como número excessivo de retransmissões, por exemplo.

#### **2.3.2.3. Serviço de Transferência de Dados**

O serviço de transferência de dados permite ao usuário a transmissão de um bloco de dados através do enlace.

#### **2.3.2.4. Serviço de Sinalização**

O serviço de sinalização permite a um ente do enlace comunicar ao ente remoto uma determinada ocorrência ou evento, podendo reinicializar ou suspender o enlace.

### **2.3.3. Serviços Requeridos ao Nível Físico**

O nível físico deve prover basicamente uma conexão física capaz de permitir transferência de dados de forma transparente.

Este nível deve gerenciar a conexão física e a transferência de dados de forma serial e assíncrona, em linhas privadas ou comutadas. A conexão física pode ainda prover, opcionalmente, transmissões síncronas. Se esta característica está presente, deve ser do conhecimento do nível de enlace. O nível de enlace usa então o serviço de configuração para otimizar a conexão física entre as entidades de acordo com suas características disponíveis e comuns.

#### 2.3.4. Procedimentos do Enlace

O estabelecimento do enlace inicia em resposta a solicitação de um serviço de conexão. A entidade que recebe a solicitação toma então a iniciativa do enlace, enviando ao ente remoto um PDU de requisição de enlace, denominado LR (Link Request). Neste LR, existem os parâmetros do enlace que indicam as características da conexão, inclusive a forma de transferência disponível no nível físico. Denominaremos o ente que inicia a conexão como chamador. O chamador, após a transmissão deste LR, fica aguardando a chegada de um outro LR partindo do ente remoto, indicando, por sua vez, as características disponíveis remotamente.

De posse deste LR remoto é iniciada uma fase chamada negociação de parâmetros. Nesta fase são comparados os parâmetros locais e remotos e é configurado o enlace, definindo os parâmetros vigentes durante o enlace. Em caso de sucesso no processo de negociação de parâmetros, o chamador envia ao ente remoto um PDU de confirmação LA (Link Acknowledgement). A partir deste ponto está estabelecido o enlace.

Pode haver eventualmente a rejeição da solicitação por parte do ente remoto ou do LR de resposta por parte do chamador. Esta rejeição se dá através de uma PDU de desconexão tipo LD (Link Disconnect). Ao receber este PDU, o ente indica ao usuário que houve falha no processo de estabelecimento do enlace. Pode ainda ocorrer falha no processo de negociação de parâmetros. Neste caso o ente local enviará ao ente remoto um PDU de desconexão.

##### 2.3.4.2. Negociação de Parâmetros

Existem regras para a negociação de parâmetros. Estas regras visam estabelecer o enlace no nível mais alto possível aos dois entes envolvidos. Existem basicamente cinco parâmetros a serem negociados, com as seguintes regras:

a) Nível de Serviço: indica o número de serviços que estarão disponíveis durante o enlace. Dois níveis são apresentados: "standard" e "minimal". No nível "standard", todos os serviços estão disponíveis. No nível "minimal" só é possível transferência de blocos, e serviços de sinalização não estão disponíveis. Durante a negociação é selecionado o nível mais restrito de serviço. Se o parâmetro é desconhecido, falha a negociação.

b) Número de Série: o número de série identifica o equipamento. Este número tem certas regras de formação. Portanto, deve conter um valor válido e, por definição, diferente do número de série do ente local.

c) Classe de Serviço: Na negociação da classe de serviço será selecionada a classe mais baixa. As classes de serviço serão detalhadas na seção 2.3.5.

d) Crédito (Tamanho do Buffer de Controle de Fluxo): indica o número de quadros de dados que poderão ser transmitidos sem confirmação. Será selecionado o menor valor entre os solicitados.

e) Comprimento do LT PDU: o comprimento máximo da porção de dados de um quadro de transmissão de dados do usuário (LT - Link Data). Será selecionado o maior valor entre os tamanhos apresentados.

### 2.3.5. Classes de Serviço

O nível de enlace do protocolo MNP está estruturado em classes de operação. A cada classe existe um incremento na performance da comunicação, necessitando também características adicionais de desempenho do hardware, inclusive comunicação síncrona.

O princípio da compatibilidade de implementação é fundamental no protocolo, independentemente do número de classes implementadas. Durante o estabelecimento de um enlace MNP, a negociação de parâmetros irá configurar a comunicação para a classe mais alta suportada por ambas as entidades envolvidas na comunicação.

As três primeiras classes definem a estrutura de quadros a ser utilizada, como descrevemos a seguir:

#### a) Classe 1

A classe 1 utiliza transmissão assíncrona orientada a byte com quadros tipo BSC. É aplicada em comunicação half-duplex. Praticamente não oferece vantagens sobre os protocolos a nível de ETDs.

#### b) Classe 2

É semelhante à classe 1, porém com comunicação full-duplex. Utiliza também modo assíncrono e quadros tipo BSC. A utilização desta classe em modems implica numa diminuição em aproximadamente 16% na taxa efetiva de transmissão, pelo simples acréscimo de dados de controle.

#### c) Classe 3

Em classe 3, protocolo utiliza comunicação síncrona orientada a bit com quadros SDLC. Com a conversão dos dados recebidos na forma assíncrona para caracteres síncronos há um ganho de 20% na taxa efetiva, espaço no qual pode ser inserido o "overhead" de controle da transmissão.

### 2.3.6. Otimização da Fase de Dados - Classe 4

A classe 4 independe do formato de quadros utilizado. Esta classe incide sobre o formato dos LT e LA LPDUs. Nestas duas unidades existe a passagem dos parâmetros constantes da porção va-

riável para a porção fixa. Com isso elimina-se os identificadores de tipo e tamanho destes parâmetros. Estas alterações reduzem o "overhead" do protocolo.

É executada nesta classe também uma avaliação no volume de erros, alterando dinamicamente o tamanho dos quadros de dados. Isso faz com que seja reduzido o número de retransmissões, aumentando a velocidade efetiva de transferência de informação em linhas de má qualidade.

### **2.3.7. Classes Superiores - 5 a 7**

A partir da classe 5 há uma ênfase a processos de compactação de dados e compatibilização de modems. Utiliza-se desde formatos simples de compactação como detecção de sequências de caracteres repetidos até formas mais complexas semelhantes ao código de Huffman.

### **2.3.8. Processo de Comunicação**

#### **2.3.8.1. Procedimento Básico**

A transferência de dados entre duas entidades do enlace se dá basicamente pelo envio de um LT PDU (unidade de transferência de dados) e o recebimento de um LA PDU (unidade de confirmação) confirmando o recebimento correto dos dados. Por se tratar normalmente de um sistema ARQ contínuo, um LA PDU pode confirmar o recebimento de um ou vários LT PDUs. Diferentemente do HDLC entretanto, não há "piggyback" nos quadros de informação.

Além desse procedimento, existem outras atividades envolvidas no processo com a função de manter o controle de fluxo dos dados e estimular a retransmissão de dados em caso de erro.

#### **2.3.8.2. Controle de Fluxo**

O controle de fluxo se dá através de um parâmetro dinâmico durante o enlace chamado crédito. O crédito indica a disponibilidade do ente local para receber um novo LT PDU. Esse valor leva em conta o tamanho do buffer de controle de fluxo. Esse buffer armazena os LT PDUs enviados e ainda não confirmados pelo ente remoto. Sua função é permitir a retransmissão desses dados em caso de indicação de erro. Por conclusão, o crédito é determinado pelo número de entradas livres no buffer de controle de fluxo, cujas dimensões são determinadas durante o estabelecimento do enlace.

No início do enlace, o crédito é igual ao tamanho do buffer de controle de fluxo. A partir daí este valor é atualizado da seguinte forma:

a) A cada transmissão de um novo LT PDU, o crédito é reduzido em uma unidade.

b) Quando um LA PDU é recebido, um novo valor de crédito é recebido como parâmetro. Deste valor deve ser subtraído o número de LT PDUs já enviados e não confirmados.

### 2.3.8.2. Confirmação

Um LA PDU tem como função principal confirmar o recebimento correto de um PDU de dados e o estímulo de retransmissões em caso de erro. Um LA PDU é enviado nas seguintes condições:

- a) É detectado erro em um quadro recebido.
- b) É recebido um LT PDU duplicado. No caso de um LT PDU imediatamente duplicado não há necessidade de transmissão do LA PDU. Em qualquer caso a duplicata é ignorada.
- c) Um LT PDU é recebido fora de sequência. Neste caso, o LT PDU é ignorado.
- d) Um LT PDU é recebido quando o crédito é zero. Isto significa que foram violadas as regras de controle de fluxo e os dados serão ignorados.
- e) Há um timeout no relógio de controle de fluxo.
- f) Há dados recebidos e não confirmados, e não há dados locais a serem transmitidos.
- g) Há dados recebidos e não confirmados, há dados locais pendentes de transmissão, mas o número de LT PDUs não confirmados excede o limite estabelecido de metade do tamanho do buffer de retransmissão. Esse procedimento evita, se possível, que o valor do crédito chegue a zero.
- h) Há um timeout no relógio de controle do envio de LA PDUs.

### 2.3.8.3. Detecção de Erro

A detecção de erros é feita a partir de dois mecanismos: um "frame check sequence", responsável pela validação dos dados contidos no quadro, e valor de sequência contido nos LT PDUs.

O FCS é um valor calculado utilizando técnicas de CRC sobre os octetos enviados. Este valor é enviado juntamente com os quadros e é recalculado no momento da recepção, comparandó-se os dois valores, o recebido e o calculado, para verificação da integridade dos dados.

O número de sequência evita a perda, duplicação ou erros de sequenciamento de LT LPDUs.

### 2.3.9. Sinalização

#### 2.3.9.1. Procedimento Básico

O enlace recebe uma solicitação de sinalização partindo do usuário. Respondendo a esta solicitação, o ente local envia ao ente remoto um PDU de sinalização (LN LPDU - Link Attention). Os quadros de sinalização LN LPDU são também numerados e devem ser confirmados por quadros LNA LPDU. A forma como é transmitido este

PDU depende do tipo de sinalização solicitada:

a) Destrutiva, imediata:

O LN LPDU é enviado imediatamente após o quadro que está sendo transmitido no instante, se houver. Qualquer dado recebido não confirmado é descartado. Qualquer dado transmitido aguardando confirmação também é desprezado. Após a transmissão do LN LPDU, todos os LT LPDUs recebidos são ignorados. Após a recepção do LNA LPDU, todos os mecanismos do enlace são reinicializados, excetuando-se apenas aqueles relacionados ao processo de sinalização.

b) Não Destrutiva, imediata:

Neste caso, o LN LPDU é enviado logo que possível, antecedendo a transmissão dos dados pendentes de transmissão (ou retransmissão). Após o envio, o ente permanece recebendo dados normalmente, retardando apenas a transmissão de LT LPDUs até a confirmação do LN LPDU.

c) Não Destrutiva, não imediata:

O LN LPDU é enviado apenas quando não houver mais dados pendendo transmissão ou retransmissão (exceto os recebidos após a solicitação de sinalização). No restante assemelha-se ao processo não destrutivo imediato. Em ambos todos os mecanismos do enlace são preservados.

#### 2.3.9.2. Controle de Fluxo

Só é permitido um processo de sinalização em andamento em cada entidade envolvida no enlace.

#### 2.3.9.3. Confirmação

O processo de confirmação dos quadros de sinalização assemelha-se a confirmação de dados, considerando-se o número de sequência para validação do LN LPDU.

#### 2.3.9.4. Retransmissão

A retransmissão se dá sempre provocada por um timeout na espera de confirmação. São efetuadas até 12 retransmissões, findas as quais, conclui-se que o enlace está desfeito, sendo impossível continuar. Neste ponto, entra em fase de desconexão.

#### 2.3.10. Encerramento do Enlace

O encerramento do enlace pode se dar por iniciativa do protocolo, normalmente por eventos de erro no processo de conexão ou excesso de retransmissões, ou por iniciativa do usuário, através de uma sequência de escape. A entidade que recebe uma solicitação de desconexão (ou tem a iniciativa do processo) envia ao ente remoto um LPDU de desconexão, indicando o motivo desta. Imediatamente após desfaz o enlace.

### 2.3.11. Relógios

Incorporado a estrutura de controle do enlace está um conjunto de relógios que são responsáveis pelo estímulo de processos de retransmissão e confirmação de LPDUs. Estes relógios evitam situações de indefinição e "deadlock" no protocolo. Existem relógios associados a transmissão de LPDUs de dados, de confirmação, de sinalização, e a retransmissão.

### 2.3.12. Estrutura dos Quadros

#### 2.3.12.1. Introdução

As mensagens trocadas durante o enlace sob a forma de LPDUs são transmitidas sob a conexão física na forma de quadros. O objetivo deste processo é garantir a segurança sobre o conteúdo da mensagem, permitindo a detecção de erros. O protocolo MNP utiliza dois tipos básicos de quadros, um para transmissão assíncrona e outro para transmissão síncrona. Ambos contém mecanismos específicos para prover transparência de dados durante a comunicação.

Em modo assíncrono é utilizado um protocolo orientado a byte, semelhante ao BSC. Independentemente da disponibilidade ou não de comunicação síncrona, todos os procedimentos de estabelecimento do enlace são efetuados de modo assíncrono, utilizando este protocolo tipo BSC.

Caso exista disponibilidade para comunicação síncrona, logo após o encerramento da fase de estabelecimento do enlace e a consequente passagem para a fase de dados, existe uma transição do modo de comunicação de assíncrono para síncrono e a troca de formato de quadros. Neste ponto passamos a utilizar um protocolo orientado a bit.

#### 2.3.12.2. Protocolo em Modo Assíncrono

O protocolo utilizado em modo assíncrono assemelha-se bastante ao BSC, utilizando a mesma técnica de transparência através da inserção do carácter DLE. O quadro mantém aproximadamente a mesma estrutura utilizada no protocolo BSC. Maiores informações podem ser obtidas em [IBMa].

#### 2.3.12.3. Modo Síncrono

O formato utilizado em modo síncrono é similar ao SDLC. Existe uma redução significativa no número de bits adicionados aos dados, aumentando o taxa efetiva de transmissão. Maiores informações sobre os quadros SDLC podem ser obtida em [IBMb].

A transparência dos dados se dá pela inserção de um bit "0" sempre que for detectada uma sequência de 5 bits "1", permitindo assim que o dado não seja confundido com um "flag" (bit-stuffing).

### 3. O MODEM DT22 BIS

#### 3.1. Apresentação

O DT22 bis é um modem analógico síncrono ou assíncrono que opera nas velocidades 1200/2400 BPS, em linhas privativas ou comutadas, no modo duplex a dois ou quatro fios.

Atende as recomendações do CCITT V.22 bis, V.24, V.28 e V.25 bis para chamada automática (auto dialer) sendo assim compatível com qualquer modem que atenda estas normas.

O modem DT22 bis possui facilidades de programação por pontes de programação ou através de comandos. A programação por comandos pode ser efetuada por meio de um terminal assíncrono conectado a interface digital do modem, permitindo que este possa ser controlado por um programa residente em micro ou por uma computador central.

#### 3.2. Operação

O DT22 bis utiliza canais de frequência separados para transmissão e recepção de dados. No modo origem o DT22 bis transmite na banda de frequência mais baixa centrada em 1200 Hz e recebe na banda de frequência mais alta centrada em 2400 Hz. No modo resposta transmite na banda de frequência mais alta e recebe na banda de frequência mais baixa. Veremos no capítulo seguinte o comportamento do protocolo no que diz respeito aos modos de operação.

#### 3.3. Descrição Física

O painel frontal apresenta um conjunto de 11 led's que indicam o modo de operação e os sinais de interface. Mantém ainda sete chaves que acionam os testes, seleciona o canal de operação, controle de resposta automática e comutação entre modem e telefone.

#### 3.4. Transmissão

No transmissor, dados síncronos do ETD a 1200/2400 bps ou os caracteres assíncronos de 8 a 11 bits são convertidos para forma de dados síncronos na entrada do modem. Em ambos os casos os dados, agora síncronos, são randomizados por um scrambler de dados a fim de ajudar a recuperação de relógio no receptor do modem remoto.

Os dados embaralhados são usados para modular a portadora de transmissão em chaveamento de amplitude e fase. A saída do transmissor é então acoplada a linha telefônica por um transformador de isolamento.

## **4. PROJETO DT22 BIS MNP**

### **4.1. Plano de Software**

#### **4.1.1. Objetivo**

O objetivo do projeto foi gerar uma versão do nível de enlace do protocolo para o modem DT22bis, mantidos os requisitos de compatibilidade, operando nas classes 2, 3 e 4.

O modem deve ser capaz de efetuar comunicação sem utilização do protocolo MNP, mantendo suas características de compatibilidade com outros modems que não utilizem o protocolo.

#### **4.1.2. Desempenho**

O software MNP deve ser capaz de ser executado sobre a mesma configuração de hardware do modem DT22 bis padrão, sem afetar seu desempenho em operação normal. É desejável que seja mantida a independência entre o software de controle do nível físico e o software de controle do protocolo, dando-se a comunicação através de parâmetros globais e "buffers" de troca de dados.

Conseqüentemente o software que implementa o protocolo MNP deve ser incorporado ao software já existente no modem sem alterações de suas características básicas, sendo que em situações em que o protocolo não seja utilizado, o software MNP permaneça isolado e inoperante, sem interferir na operação normal do modem.

#### **4.1.3. Recursos Alocados - Software e Hardware**

O software foi desenvolvido basicamente em um micro IBM-PC, utilizando um cross- compilador C e um cross-montador Z-80, equipamentos de análise de protocolos, test-sets, emulador de hardware, simulador de linha telefônica, gerador de ruídos, terminais assíncronos e outros.

## **4.2. Arquitetura**

### **4.2.1. Fase de Conexão**

A fase de conexão caracteriza-se por utilizar exclusivamente modo assíncrono de comunicação. Nesta fase não há processo de montagem de quadros pois estes são pré-definidos e fixos, de acordo com as características da implementação do protocolo. Logo, a fase de conexão compreende uma máquina de estados responsável pelo controle do estabelecimento da conexão e pelas funções de desmontagem de quadros BSC, análise de LPDUs e negociação de parâmetros, incluindo ainda módulos de inicialização do enlace.

### **4.2.2. Fase de Dados**

Durante a fase de dados, o controle se ocupa basicamente das funções pertinentes ao processo de comunicação, gerenciando os procedimentos de montagem e desmontagem de quadros, análise de

LPDUs recebidos nos quadros, verificação de eventos ocorridos no nível físico, controle de fluxo, detecção de erro e retransmissões. Um conjunto de registradores, mantidos numa estrutura denominada LCB (Link Control Block), contém todos os parâmetros vigentes em determinado instante no protocolo. Através desta estrutura, as diversas rotinas operantes durante a fase de dados trocam informações, comunicando eventos e determinando as operações que o controle principal deve executar.

#### 4.2.3. Fase de Sinalização

Esta fase ocorre paralelamente a fase de dados, atendendo a um evento de "Break" detectado na interface digital ou a um LN LPDU recebido comunicando um evento remoto.

#### 4.3. Aspectos da Implementação

##### 4.3.1. Estabilização dos Tempos de Execução

Os dados chegam ao modem sob a forma de uma série de bits em uma frequência constante. Esta frequência é determinada pela velocidade de transmissão e os bits são passados ao controle de transmissão pelo microprocessador responsável pelo tratamento dos sinais da interface. Os dados são transferidos de 8 em 8 bits. Salientamos que não se tratam de octetos de dados e sim de uma simples sequência onde encontram-se, no processo assíncrono, start e stop bits.

Já o tratamento do protocolo, a nível de octetos de dados e quadros, não tem uma frequência de transmissão constante, pois está vinculada a montagem de quadros e confirmação de consistência de quadros recebidos. Os eventos do protocolo também tem tempos de tratamento diferenciados, implicando em operações de inicialização de retransmissão, limpeza de buffers de retransmissão, atualização de relógios e análise de quadros, entre outras.

Sem uma análise prévia destas informações, chega-se a uma implementação caracterizada por uma variação muito grande no tempo de execução do protocolo, ativado pelo controle do modem. Existe uma sucessão de ciclos curtos seguidos por alguns ciclos muito grandes. Nestes ciclos muito grandes há uma impossibilidade de atendimento aos bits de dados que estão sendo transferidos naquele ciclo, em ambos os sentidos, tanto na parte digital quanto na parte analógica. Isto inviabiliza o processo de comunicação.

O problema se agrava quando há a passagem da classe 2 para a classe 3. Sendo a classe 2 orientada a byte, o tratamento dos quadros é mais rápido pois adapta-se a estrutura de um microprocessador de 8 bits. Já na classe 3, em SDLC, o tratamento tem que ser efetuado a nível de bit, inteiramente pelo protocolo. Nesta relação, a análise de um octeto recebido em classe 3 implica em oito ciclos da máquina de estados de tratamento dos quadros SDLC. Com isso tornou-se impossível mantermos a idéia inicial de gerar a implementação numa linguagem de alto nível, no caso a linguagem C. Foi transferida toda a implementação do SDLC e os módulos do software que tratavam bits para a linguagem assembler, o que tornou possível o aproveitamento dos recursos do microprocessador para

agilizar o tratamento.

O problema inicial, no entanto, permaneceu ativo. Só foi solucionado no momento em que adotamos a seguinte estratégia. O protocolo não deveria produzir mais bits a transmitir do que o controle do nível físico fosse capaz de consumir a cada ciclo de execução. Essa atitude é oposta à primeira filosofia, onde o protocolo executava todas as operações possíveis a cada execução, o que permitia a produção de até um quadro inteiro para transmissão num único ciclo e que levaria aproximadamente 8 ciclos para ser consumido pelo controle do nível físico.

#### **4.2.2. Simulação de Relógios**

Como já vimos existem vários relógios ativos durante o enlace, que são muito importantes na função de estimular processos de retransmissão, mantendo ativo o enlace e comunicando eventos entre as entidades.

A implementação dos relógios se deu na forma de contadores. Neles é feita uma conversão aproximada do tempo, avaliado em segundos para número de ciclos de execuções do controle do protocolo. Logo o tempo é uma função da frequência de chamadas do protocolo, fator aproximadamente constante para cada velocidade (1200 ou 2400 bps).

#### **4.2.3. Relacionamento entre nível físico e nível de enlace**

O relacionamento entre os níveis se dá através de três pontos básicos, relacionados a troca de dados do usuário e quadros, troca de informações de controle e manipulação dos buffers de dados.

A transferência de dados entre as rotinas de carga e descarga se dá através de buffers, no caso genérico, ou através de rotinas de construção de quadros. O acesso a estes dados é feito por um conjunto de rotinas de interface, onde o controle do nível físico deposita os bits recebidos já em forma síncrona.

Existe ainda um conjunto de registradores, onde são armazenados os eventos da interface, os parâmetros ativos no protocolo e ainda permite ao protocolo solicitar ativação ou desativação de sinais da interface digital, como o CTS (Clear to Send), utilizado no controle de fluxo por hardware. Eventos de Break, detectados pelo nível físico, por exemplo, são passados ao protocolo por estes registradores, bem como o procedimento de sinalização que deverá ser executado, selecionado por pontes de programação (estrapes).

#### **4.2.4. Controle de Fluxo**

Em determinadas situações não é possível ao protocolo atender o fluxo de dados proveniente do ETD. Faz-se necessária a existência de mecanismos de controle de fluxo, seja por hardware, controlando os sinais da interface, ou por software, através de caracteres de controle.

Na parte de controle de fluxo por hardware utilizamos o sinal CTS para interromper o fluxo de dados do ETD. Esse mecanismo só não é utilizado quando trabalhamos com ETDs que não respondem ao CTS, mantendo o sinal constante.

Já o controle de fluxo por software utiliza os caracteres XON/XOFF. O caracter XON habilita a transmissão e o caracter XOFF suspende. É um mecanismo bastante comum de controle de fluxo, alternativo ao controle por hardware.

## 5. CONCLUSÃO

Adicionar "inteligência" a modems faz parte de uma tendência internacional de evolução destes equipamentos. As vantagens da utilização de um modem protocolado em relação a um modem convencional são enormes. Em caso da não ocorrência de erro, o atraso de dados gerado pelo protocolo pode ser considerado desprezível. Já em linhas ruidosas, garante-se a imunidade em relação aos erros.

O projeto encontra-se em fase de conclusão. Estão sendo efetuados testes para validação do software, simulando diversas condições de linha e aplicações.

#### BIBLIOGRAFIA:

- [IBMa] IBM. General Information - Binary Synchronous Communications, Form Number GA27-3004.
- [IBMb] IBM. IBM Synchronous Data Link Control, General Information, Form Number GA27-3093.
- [ISO82] International Organization of Standardization, Reference Model of Open System Interconnection, ISO/TC97/SC 16, Draft International Standard ISO/DIS 7498, 1982.
- [LIN79] Linde, Yoseph. A Fast Algorithm for Calculating Cyclic Redundancy Checks, Codex Corporation, Fall, 1979.
- [MICA] Microcom Inc. Microcom Network Protocol - Specification Link Service Classes 1-3, December 1985.
- [MICb] Microcom Inc. MNP Update No. 5. February 1986.
- [MICc] Microcom Inc. MNP Update No. 6. March 1987.
- [MICd] Microcom Inc. MNP Update No. 7, September 1987.