

5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES (5º SBRC)

**UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO CONFIÁVEL ENTRE
MICROCOMPUTADORES ATRAVÉS DA RENPAC**

WAGNER LUIZ ZUCCHI

FDTE - FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA
ENGENHARIA

SUMÁRIO:

Esse trabalho apresenta um projeto desenvolvido pela FDTE para interligação de microcomputadores e computadores IBM através da RENPAC. A finalidade do projeto é permitir às empresas concessionárias de energia elétrica do Sul e Sudeste do país, automatizarem suas tarefas de programação de geração de energia.

UM SISTEMA PARA COMUNICAÇÃO DE MICROCOMPUTADORES
ATRAVÉS DA "RENPAAC"

1. Introdução

O presente artigo descreve o sistema de comunicação desenvolvido pela FDTE (Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia) para a implementação de um sistema de troca de mensagens entre microcomputadores instalados nas empresas concessionárias de energia elétrica do Sul e Sudeste (a saber , CEEE, CEMIG, CESP, COPEL, ELETROBRÁS, ELETROPAULO, ELETROSUL , FURNAS e LIGHT).

As informações trocadas entre as empresas concessionárias dizem respeito à programação diária de geração de energia elétrica nas diversas usinas que compõem o sistema interligado de produção e de distribuição de energia. O objetivo dessa troca de informações é permitir a utilização do sistema da forma mais eficiente possível, evitando desperdícios de produção, interrupções operacionais devido à excesso de demanda, bem como compensando diferenças regionais dos regimes hídricos das diversas bacias onde o sistema está instalado.

O sistema de comunicação desenvolvido objetiva agilizar esta troca de informações, permitindo que ela seja feita de forma rápida e segura pois o volume de informações é relativamente grande e os erros na programação da geração podem provocar "black-outs" nas regiões atendidas. Além disso, todas as empresas concessionárias devem poder comunicar-se diretamente sem a necessidade de um elemento centralizador das comunicações cuja falha tornaria o sistema totalmente inoperante.

Esses requisitos juntamente com a esporadicidade prevista para as trocas de mensagens (elas são trocadas, geralmente, apenas uma vez por dia) levaram por optar pela utilização de uma rede digital comutada do tipo da RENPAAC.

Entre os diversos tipos de acesso à RENPAC optou-se pelo protocolo assíncrono X.28 pelas seguintes razões:

1. A capacidade de processamento e de memória disponível no microcomputador para implementação do protocolo de comunicação é pequena uma vez que a CPU do micro deve ser compartilhada por diversas outras tarefas.
2. As análises do tráfego previsto para a rede mostraram que o custo do acesso assíncrono seria inferior ao do acesso síncrono, pelo menos numa primeira fase do projeto em que a utilização do sistema irá aumentando gradualmente.
3. A utilização do protocolo assíncrono evitaria a necessidade da compra de placas de interface síncrona para os microcomputadores, barateando assim o custo dos equipamentos.
4. A simplicidade do acesso X.28 em relação a um acesso síncrono permitiria a obtenção de um produto operacional em menor prazo.

O acesso assíncrono, todavia, não oferece a característica de confiabilidade fim-a-fim exigida pela aplicação. Por essa razão foi implementado um protocolo de transporte acima do método de acesso à rede. Esse protocolo deverá ser simples, confiável sobre redes com taxa de falhas sinalizadas não aceitável e, se possível, compatível com os padrões de comunicação de dados já aceitos ou em desenvolvimento. Por essas razões foi escolhido o protocolo de transporte ISO classe 1 (2) para o projeto. Observe-se que não é necessária a multiplexação de mensagens no nível de transporte pois a comunicação entre as empresas é sempre ponto-a-ponto.

Dessa forma pode-se esquematizar os diversos níveis de protocolo implementados no projeto como mostrado na figura 1.

NÍVEL DE APLICAÇÃO	
NÍVEL DE TRANSPORTE	PROTOCOLO ISO/TC97/SC21/N1536 Classe 1
NÍVEL DE ENLACE E DE REDE	PROTOCOLO CCITT X.28 (Lado do DTE)
NÍVEL FÍSICO	PROTOCOLO CCITT V.24

Figura 1. Níveis de protocolo do sistema de auxílio à programação de operação.

As seções 3, 4 e 5 deste artigo apresentam aspectos de implementação dos protocolos mencionados. A seção 2 apresenta alguns aspectos da operação do sistema que foi denominado Sistema de Auxílio à Programação de Operação (SAPO).

2. Aspectos Operacionais da Operação do Sistema

Essa seção visa familiarizar o leitor com o modo pelo qual é feito diariamente a programação da geração de energia elétrica pelas empresas concessionárias e mostrar como essa operação pode ser dinamizada com auxílio de microcomputadores interligados.

Inicialmente cada empresa calcula a sua própria demanda e suas obrigações de venda a partir dos dados de que dispõem. Esses dados provêm de duas fontes:

- a. De programas que fazem os cálculos da carga própria a partir de registros históricos, curvas de previsão de crescimento da demanda e condições específicas, tais como, dias da semana, época do ano, previsão climática, etc. Atualmente as concessões

sionárias possuem estes programas implementados em computadores IBM.

- b. De tabelas provenientes da Eletrobrás que atua como elemento coordenador do sistema. Essas tabelas definem quotas de energia que devem ser obrigatoriamente compradas ou vendidas, prevêem horários para manutenção do sistema, etc.

A partir dessas informações, cada empresa verifica quanta energia deve ser obtida externamente ao seu sistema e contacta as outras empresas para tentar obtê-la. A empresa que tiver energia disponível no horário solicitado confirma a transação com a empresa solicitante que, dessa forma, completa seu balanço energético.

Uma vez que todas as empresas completaram suas tabelas de geração, elas são enviadas à Eletrobrás que realiza uma verificação final e utiliza esses dados para posterior monitoração do sistema.

Atualmente, todas estas informações são transmitidas através de "fac-símile" sendo que as cópias recebidas são consideradas como documentos pelos quais a empresa remetente se compromete a operar.

Embora o sistema atual seja bastante confiável, ele apresenta diversos problemas dentre os quais pode se enumerar:

1. A transmissão por fac-símile é bastante lenta, não só pela própria limitação de velocidade do meio, mas também pela necessidade de se obter uma listagem de boa resolução antes de iniciar-se a transmissão.
2. As informações recebidas também estão na forma de listagens e necessitam ser digitadas, para que possam ser acessíveis aos programas atualmente disponíveis.
3. O fac-símile não possui uma confirmação fim-a-fim inserida no seu próprio mecanismo. De modo que é necessário uma confirmação de transações por via telefônica ou através de outro fac-símile.

A utilização dos microcomputadores permite uma dinamização da operação do sistema de programação, oferecendo as seguintes vantagens:

- a. As unidades são trocadas em unidades padronizadas comuns a todas as empresas interligadas pelo sistema e que são denominadas telas. A figura 2 apresenta um exemplo de uma tela do sistema.
- b. O conteúdo das telas pode ser criado diretamente nos micros através de um editor de textos especialmente desenvolvido ou recebido diretamente dos computadores IBM. Para tanto os micros são ligados aos IBM's, através de cabo coaxial, emulando um terminal local da família 3270.
- c. As telas criadas ou recebidas numa concessionária podem ser transmitidas para outra concessionária através da RENPAC. A transmissão é sujeita à confirmação fim-a-fim, e podem, se o usuário solicitar, serem armazenadas em memória de massa dos próprios micros, dispensando assim a utilização de papel.

Dessa forma conseguiu-se reduzir o tempo de transmissão de uma tela de aproximadamente, 5 min. no sistema fac-símile para 22 seg. no sistema com micros.

A figura 3 apresenta o diagrama de blocos dos programas que compõem o sistema SAPO. Descreve-se a seguir a função de cada bloco, uma vez que uma descrição completa do sistema transcende o escopo deste artigo.

STATUS STATUS STATUS STATUS STATUS STATUS STATUS STATUS STATUS STATUS

 17/12/86 - 12: 10 PLANEJAMENTO DIARIO DOS INTERCAMBIOS PAG 1/2

DATA: XXX, DD/MM/AA EMISSORA: CESP RECEPTORA: CEMIG

PERIODO	M O D A L I D A D E S						TOTAL
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	
00-01	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
01-02	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
02-03	99999	2468	99999	99999	99999	99999	9999999
03-04	12345	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
04-05	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
05-06	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
06-07	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
07-08	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
08-09	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
09-10	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
10-11	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999
11-12	99999	99999	99999	99999	99999	99999	9999999

Figura 2. Exemplo de tela do sistema SAPO

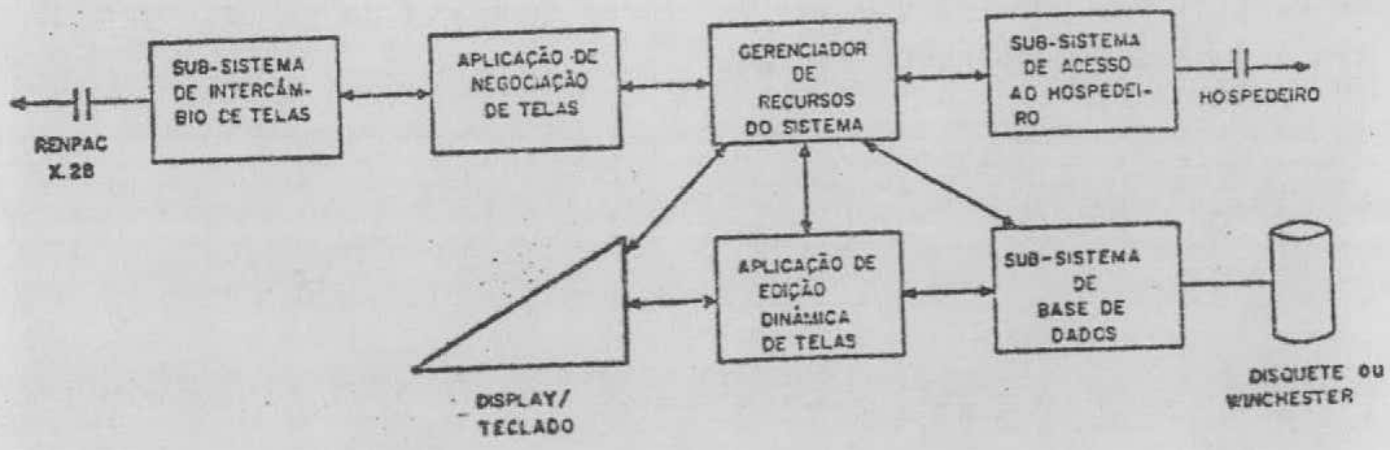


Figura 3. Diagrama de blocos dos módulos do SAPO

O " Subsistema de Intercâmbio de Telas " (SIT) implementa os protocolos de acesso à RENPAC (níveis de enlace e de rede) e o protocolo de comunicação fim-a-fim entre os micros da rede (nível de transporte). Esse subsistema permite que as informações sejam trocadas com a maior confiabilidade possível e também implementa mecanismos de otimização do uso da rede, tais como, fragmentação e recomposição de mensagens.

A " Aplicação de Negociação de Telas " (ANT) implementa as tarefas de transmissão, negociação e aceitação de telas entre as concessionárias. Uma tela remotamente aceita não pode ser alterada pelas regras comuns de edição de telas uma vez que ela representa um compromisso de operação.

Através dos recursos oferecidos pela ANT, o operador do sistema pode solicitar que uma tela específica seja negociada com outra concessionária. A ANT, nessas condições, realiza as funções de gerência de comunicação, de armazenamento temporário de telas e informa ao operador do progresso da negociação.

A ANT corresponde ao nível de aplicação na arquitetura de comunicação entre os micros.

O " Subsistema do Acesso ao Hospedeiro " (SAH) é um conjunto de programas que realiza a troca de informações entre o microcomputador e o computador hospedeiro. Do ponto de vista do microcomputador, o computador hospedeiro aparece como uma unidade de memória de massa onde as telas podem ser armazenadas ou retiradas.

O " Subsistema de Base de Dados " (SBD) é uma programa que controla o armazenamento das telas na memória de massa do SAPO. Através deste programa o usuário pode usar, apagar e realizar outras operações nos arquivos armazenados.

A " Aplicação de Edição Dinâmica de Telas " (EDT) permite ao usuário construir as telas localmente no microcomputador preenchendo seus campos dinâmicos.

Finalmente, o " Gerenciador de Recursos do Sistema " , (GRS) é um conjunto de programas que, a partir de ordens fornecidas pelo operador, coordena a atividade dos demais módulos. Ele

implementa toda a interface com o operador, exceto no que diz respeito à edição de telas. As informações geradas pelos demais módulos não são enviadas diretamente ao operador, mas sim ao GRS. Também as atividades dos demais programas são disparadas pelo GRS.

Todos os programas citados foram implementados sobre o sistema operacional multi-tarefa para aplicações de tempo real desenvolvido pelo CEPEL (Centro de Pesquisas da Eletrobrás) do Rio de Janeiro. Esse sistema operacional é compatível, do ponto de vista das aplicações, com o sistema RMX da INTEL (4), pois foi desenvolvido para atuar em microcomputadores de 16 bits compatíveis com o IBM-PC.

3. Nível de Enlace e de Rede da Interface RENPAC

Os níveis de enlace e de rede foram implementados dentro de um mesmo programa que realiza o acesso à rede RENPAC. As funções do nível de enlace compreendem a transmissão de caracteres, a separação lógica dos caracteres de dados e de controles e o gerenciamento da interface física.

O nível de rede é responsável pelo estabelecimento de conexões através da rede, pela transferência de pacotes e pela detecção de erros de transmissão.

O correto funcionamento da arquitetura proposta exige que os níveis de enlace e de rede possam detectar eventuais falhas na transmissão das mensagens. Para tanto partiu-se da premissa de que a RENPAC detecta as perdas de pacotes e as sinaliza através da mensagem "RESET" a ambos os DTE's interligados. Também definiu-se que o nível de enlace transmitiria caracteres especiais para detecção de erros de transmissão.

Todavia a utilização deste recurso cria problemas de transparência uma vez que o DTE deve distinguir entre as mensagens de controle recebidas do PAD e as mensagens de dados recebidas do DTE remoto.

Outro problema ocorre para o DTE poder transmitir in-

formações de controle ao PAD durante a fase de transferência de dados. Uma vez que os dados devem ser transmitidos em modo transparente, deve-se tomar cuidado na parametrização das funções de "condição de envio de dados" (data forwarding condition) e de "retomada do PAD" (data link escape).

No primeiro caso, nenhum caracter pode ser utilizado para a ativação da função, pois o aparecimento desse caracter dentro dos dados faria com que o bloco fosse redividido pela RENPAC podendo provocar a transmissão de pacotes quase vazios. Além disso a recuperação de perdas de pacotes ficaria mais difícil uma vez que os pacotes dentro da RENPAC não corresponderiam aos blocos transmitidos.

No segundo caso, a utilização do caracter DLE para o controle da função de retomada do PAD, mostrou-se possível mas não conveniente à velocidade de 1200 bps, pois ocorrem perdas de caracteres quando o DLE é transmitido no meio dos blocos.

Por essas razões adotou-se para a interface com a RENPAC os seguintes valores para os parâmetros da conexão:

a) Parâmetro: 1

Valor : Ø

Significado : nenhum caracter provoca a retomada do PAD

b) Parâmetro: 2

Valor : Ø

Significado: O PAD não fornece eco local dos caracteres transmitidos.

c) Parâmetro: 3

Valor : Ø

Significado: nenhum caracter provoca o envio de bloco de dados pelo PAD

d) Parâmetro: 4

Valor : 1Ø

Significado: o envio de blocos de dados pelo PAD é provocado pela ausência de transmissão de caracteres do DTE para o PAD por um intervalo maior que 500 ms.

e) Parâmetro: 5

Valor : \emptyset

Significado: O DTE não permite ao PAD a utilização dos caracteres X-ON e X-OFF para controlar o fluxo dos dados transmitidos no sentido do DTE para o PAD. A utilização destes caracteres impediria a recepção de dados em modo transparente, pois eles seriam ambigualmente interpretados caso fossem recebidos juntamente com os caracteres de dados.

f) Parâmetro: 6

Valor : 1

Significado: O DTE aceita receber as mensagens de serviço do PAD. Essa configuração é necessária para que as mensagens de desconexão e de reiniciação possam ser recebidas pelos micros.

g) Parâmetro: 7

Valor : 8

Significado: O PAD interpreta a ocorrência de binário \emptyset na linha por um intervalo maior do que 135ms ('break signal') como o sinal de retomada do PAD. O DTE utiliza esse recurso quando deseja enviar um comando ao PAD durante a fase de transferência de dados.

h) Parâmetro: 8

Valor : \emptyset

Significado: os dados recebidos pelo PAD do DTE remoto não são descartados.

i) Parâmetro: 9

Valor : \emptyset

Significado: não são inseridos caracteres de espera pelo PAD após a transmissão do caracter "carriage return". Esse recurso é utilizado apenas com terminais lentos que não podem receber caracteres imediatamente após o término de uma linha.

- j) Parâmetro: 10
Valor : Ø
Significado: O PAD nunca deve inserir caracteres de retorno do carro nos dados recebidos do DTE remoto.
- k) Parâmetro: 11
Valor : 3
Significado: velocidade de transmissão: 1200 bps (full-duplex).
- l) Parâmetro: 12
Valor : Ø
Significado: O DTE não realiza controle de fluxo sobre o PAD utilizando os caracteres X-ON e X-OFF. Esse controle de fluxo mostrou-se desnecessário pois o microcomputador possui velocidade suficiente para receber os caracteres do PAD sem interrupções.
- m) Parâmetro: 13
Valor : Ø
Significado: O PAD nunca deve inserir caracteres de mudança de linha nos dados recebidos do DTE remoto.
- n) Parâmetro: 14
Valor : Ø
Significado: Não são inseridos caracteres de espera pelo PAD após a transmissão de caracteres de mudança de linha.
- o) Parâmetro: 15
Valor : Ø
Significado: não é permitida a edição dos caracteres transmitidos pelo PAD quando existe conexão estabelecida. Essa edição impossibilitaria a transmissão transparente de mensagens.

Os valores dos demais parâmetros são irrelevantes uma vez que o microcomputador não utiliza as funções de edição dos caracteres que ele transmite.

A verificação fim-a-fim de erros de transmissão é realizada transmitindo-se as mensagens em blocos especialmente formatados ao qual são acrescentados caracteres de CRC. O formato do bloco transmitido é mostrado na figura 4.

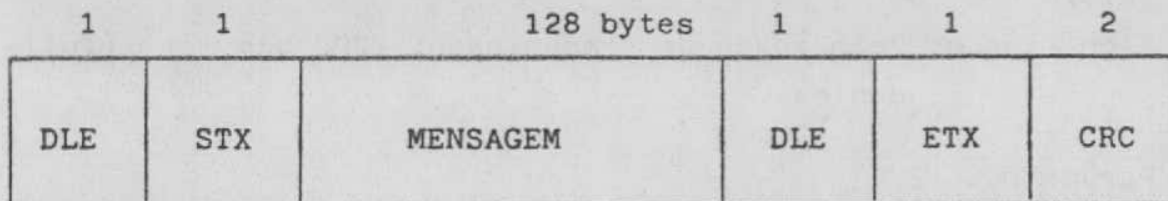


Figura 4: Formato dos blocos utilizados para a transmissão de mensagens.

É importante observar que a transmissão dos caracteres é realizada em modo assíncromo, com os caracteres de controle codificados em ASCII. O polinômio utilizado para geração dos bits de verificação de erro é o CRC-16.

3.1. Estabelecimento de Conexão

As conexões entre os micros são estabelecidas utilizando-se os procedimentos definidos pela própria RENPAC. O micro envia à RENPAC uma mensagem de conexão e espera pela confirmação (que pode ser positiva ou negativa). Dessa forma evita-se a ocorrência de conexões semi-abertas (isto é, conexões estabelecidas apenas de um lado). Também no procedimento de desconexão, o micro envia um comando à RENPAC e aguarda a sua confirmação.

4. Nível de Transporte

O nível de transporte implementado segue a padronização da ISO para esse nível. Foram utilizados os procedimentos para a classe 1 do protocolo que corresponde à operação sobre redes do tipo B sem multiplexação.

As funções previstas para o nível de transporte incluem:

- . gerenciamento das conexões de nível de rede
- . estabelecimento / fim de conexões de transporte
- . transferência de mensagens do nível superior, controlando a fragmentação e a recomposição destas mensagens para tornar o seu tamanho compatível com o tamanho dos blocos utilizados pelo nível de rede
- . recuperação dos erros detectados pelo nível de rede

5. Nível de Aplicação

Esse nível é o responsável pela troca de telas entre os microcomputadores interligados. Essa troca de telas deve possuir as características de confiabilidade que foram descritas na seção 2.

Para tanto foi definido o conceito de estado de uma tela que representa o processamento permitido sobre a tela.

Três estados são possíveis:

- a) **Livre** : é o estado de uma tela ainda não sujeita à negociação. As telas são criadas inicialmente no estado livre e só podem sair desse estado após uma ordem explícita do microcomputador remoto. As telas livres podem ser destruídas a qualquer momento no sistema a que pertencem.
- b) **Pendente** : é o estado das telas que foram submetidas à negociação, mas que ainda não receberam resposta. As telas pendentes só podem ser destruídas por uma ação especial do operador (isso evita que, em caso de falhas, as telas pendentes permaneçam indefinidamente no sistema).
- c) **Consolidado** : é o estado das telas que foram negociadas e aceitas por um operador remoto. As telas consolidadas só podem ser destruídas por uma ação especial do operador.

Toda vez que uma tela é transferida de um sistema para outro diz-se que o sistema que transmitiu a tela criou uma **tela-imagem** no sistema que a recebeu. Por contraste, a tela original é denominada **tela-objeto**. Introduzida essa terminologia pode-se definir com mais precisão os requisitos de confiabilidade do nível de aplicação:

- a) A tela-objeto nunca pode estar no estado pendente quando a tela-imagem não existe ou encontra-se no estado "livre". Esse requisito evita que confirmações sejam esperadas indefinidamente.
- b) A tela-imagem nunca pode passar do estado pendente para o estado consolidado sem que a tela-objeto esteja no estado consolidado. Esse requisito previne a tomada unilateral de decisões.
- c) A tela-objeto já transmitida para outra concessionária não pode permanecer no estado "livre" por um tempo muito grande quando todos os elementos envolvidos na comunicação estão em funcionamento normal e a tela-imagem está no estado "pendente". Esse requisito evita as negociações "semi-abertas.
- d) A tela-imagem não pode permanecer no estado "pendente" por um tempo arbitrariamente longo quando todos os elementos envolvidos na comunicação estão em seu funcionamento normal e a tela objeto está no estado "consolidado". Esse requisito evita que a negociação se complete em um dos lados sem se completar no outro.

O protocolo proposto para realizar a negociação de telas observando os requisitos acima definidos está mostrado na figura 5.

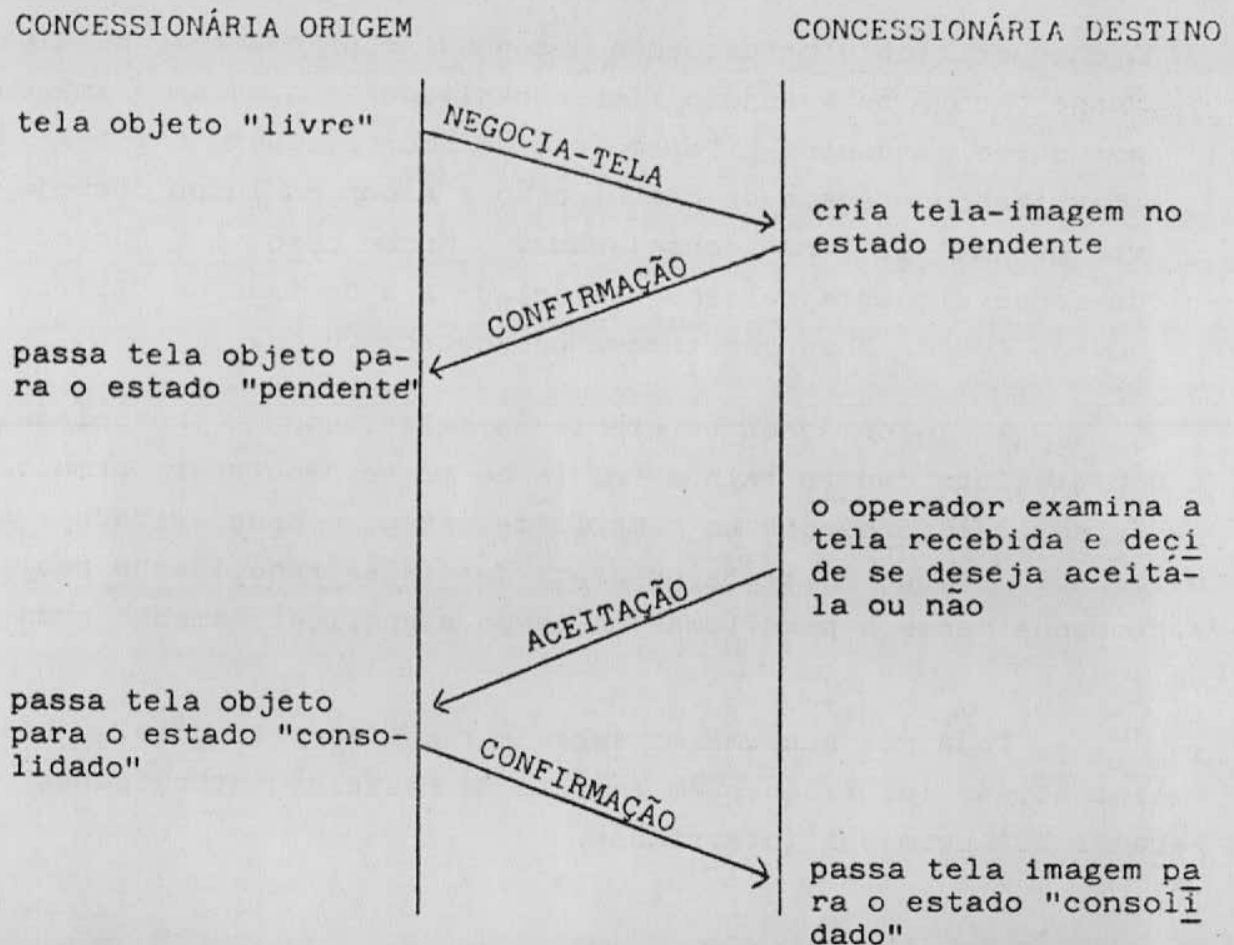


Figura 5: Operação do protocolo de aplicação

Observe-se que, embora admitindo que o nível de transporte seja confiável, o protocolo proposto é seguro com relação a perdas de mensagens que podem ocorrer no caso de falhas irreversíveis do meio de transmissão. Isso pode ser verificado examinando-se os casos possíveis de perdas.

- a) Se a mensagem "**Negocia-Tela**" é perdida, a negociação não se completa em nenhum dos lados porque a tela-objeto não sai do estado "livre" e a tela-imagem não é criada.
- b) Se a primeira confirmação é perdida, a tela objeto não sai do estado livre e a posterior aceitação será recusada.
- c) Se a aceitação é perdida, ambos os lados ficam com as telas no estado pendente e a negociação não se completa.

d) O caso crítico ocorre quando a segunda confirmação é perdida. Nesse caso a tela objeto fica consolidada e a tela imagem permanece pendente. Porém isso só ocorre quando existem falhas irre recuperáveis de comunicação e **ambos os lados desejavam que a tela fosse consolidada**. Nesse caso, o operador da concessionária destino é alertado e a decisão de utilizar ou não a tela deve ser tomada por outros meios.

As informações referente às telas sendo negociadas são protegidas contra falhas totais do microcomputador armazenando essas informações em memória de massa. Esse cuidado é necessário porque a tarefa de exame das telas recebidas é realizado manualmente e pode tomar um tempo significativamente grande.

Toda vez que uma mensagem é recebida pelo nível de aplicação, as informações em memória de massa são atualizadas, garantindo assim sua integridade.

6. Conclusões

Por ocasião em que o presente artigo foi escrito, o sistema SAPO encontrava-se em fase de instalação. Os testes preliminares mostraram que o sistema é muito mais rápido e pelo menos tão confiável quanto o sistema antigo. Todavia algumas melhorias estão sendo sugeridas pela FDTE para uma segunda fase do projeto:

1. A utilização do protocolo X.25 no acesso à RENPAC permitiria uma maior velocidade de operação, pois a interface X.28 atual opera em modo assíncrono a 1200 bps. Por outro lado poderia haver várias conexões simultâneas entre as concessionárias o que redundaria numa negociação mais eficiente.
2. Os testes demonstram que é interessante, no caso de algumas concessionárias transferir as telas diretamente da RENPAC para o hospedeiro IBM. Dessa

forma o microcomputador passaria a atuar como um conversor de protocolos.

7. Referências

1. CCITT Recommendation X.28
DTE IDCE interface for a star-stop mode data terminal equipment accessing the PAD facility in a public data network
Genebra / 1980.
2. ISO / TC 97 / SC 21 / N 1517 6 - Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Connection Oriented Transport Protocol Specification.
3. FDTE - Desenvolvimento Geral do Sistema de Auxílio - Programação de Operação - 359.200.DG.001
4. INTEL - iRMX 80 User Guide, Order Number: 9800522-06.

8. Agradecimentos

O projeto apresentado neste artigo foi desenvolvido pelos engenheiros Ricardo Costa Zerbini (Coordenador Técnico), Celso Gubitoso, pela consultora Maria Teresa Aarão e pelos estagiários Marcelo Finger e Wong Ren Yeon. Além destes o projeto teve o engenheiro Paul Jean Jeszensky como Coordenador Geral. A todos estes agradecemos pelo apoio e auxílio na elaboração deste artigo.