

Redes de Computadores

Protocolos de enlace
Estudos de caso: HDLC e PPP

Aula 09

Trabalho opcional (Individual)

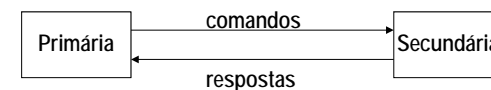
- ❑ Substitui uma questão da prova (2 pontos) valendo até 3 pontos
- ❑ Implementação de um protocolo baseado em Go-Back N usando um quadro HDLC-like
- ❑ Data entrega: 01 de outubro de 2013 (23:59:59 horas)
- ❑ Especificação e mais detalhes no moodle

High-level Data Link Control (HDLC)

- ❑ Padrão ISO para protocolo de enlace
- ❑ Suporte a comunicações *half* e *full-duplex* através de enlaces ponto a ponto ou multiponto
 - ♦ Hoje é praticamente usado apenas em enlaces ponto a ponto
- ❑ Transmissão síncrona orientado a bit
 - ♦ *bit stuffing*
- ❑ Define tipos de estações, de enlaces e modos de transferência de dados
 - ♦ Fazia mais sentido nos primórdios da comunicação de dados

Tipos de estações

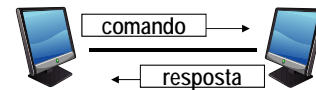
- ❑ Primária
 - ♦ Entidade que tem autonomia para iniciar uma comunicação enviando quadros de comandos
- ❑ Secundária
 - ♦ Entidade sem autonomia para iniciar uma comunicação
 - ♦ Apenas responde a quadros de comando



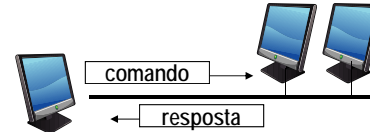
Configurações de enlace e modos de transferência

- ❑ *Normal Response Mode (NRM)*
 - ♦ Ponto a ponto ou multiponto
 - ♦ Estações primária e secundária
 - ♦ Secundária só transmite com autorização da primária
- ❑ *Asynchronous Response Mode (ARM)*
 - ♦ Ponto a ponto
 - ♦ Estações primária e secundária
 - ♦ Secundária pode transmitir sem autorização da primária
- ❑ *Asynchronous Balanced Mode (ABM)*
 - ♦ Ponto a ponto
 - ♦ Estações combinadas
 - ♦ Modo normalmente empregado

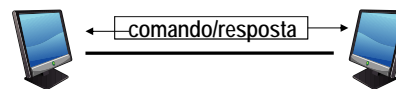
Não balanceada: ponto a ponto (NRM, ARM)



Não balanceada: multiponto (NRM)



Balanceada: ponto a ponto (ABM)



5

Estrutura do quadro

- ❑ Formato único de quadro para envio de dados e comandos (controle)

Bits	8	8 ou 16	8 ou 16	variável	16 ou 32	8
	flag	Endereço	Controle	Informação (dados)	FCS	flag

- ❑ Descrição:
 - ♦ Flag é o caractere 7E₁₆ (0111 1110) → delimitação de quadro
 - ♦ Realiza bit stuffing
 - ♦ Endereço: identifica uma estação secundária origem ou destino do quadro
 - ♦ Possui um endereço especial (*broadcast*)
 - ♦ *Frame Check Sequence (FCS)*: CRC para detecção de erros (16 ou 32)
 - ♦ Controle: informações para o controle lógico do enlace
 - ♦ Informação: presente apenas em quadros do tipo I (a seguir)

6

Tipos de quadro HDLC

- ❑ Informação (quadro I):
 - ♦ Dados, número de sequência para controle ARQ e *piggybacking*
- ❑ Supervisão (quadro S):
 - ♦ Quadros de controle do mecanismo ARQ (RR, REJ, RNR e SREJ)
- ❑ Não numerado (quadro U)
 - ♦ Comandos adicionais para controle e gerenciamento do enlace

Identificados no campo de controle

7

Campo de controle

Bits	8	8 ou 16	8 ou 16	variável	16 ou 32	8
	flag	Endereço	Controle	Informação (dados)	CRC	flag

I: informação	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	N(S)	PF				N(R)	

S: supervisão	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	0	S	PF			N(R)	

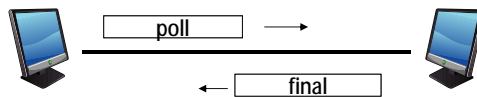
U: não numerado	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	1	S	PF			M	

N(S): número sequência emissor (*sender*)
 N(R): número de sequência destino (*receiver*)
 S: supervisão (RR n, RNR n, REJ n, SREJ n)
 M: códigos para comandos não numerados
 P/F: bit *Polling/Final*

8

Bit P/F

- Um bit, dois significados quando ativo (=1)
 - Poll: quando o campo de endereço fornece o destino do quadro
 - Final: quando o campo de endereço fornece a origem do quadro
- Usado para uma estação fazer consultas (*poll*) e obter uma resposta de outra (*final*)



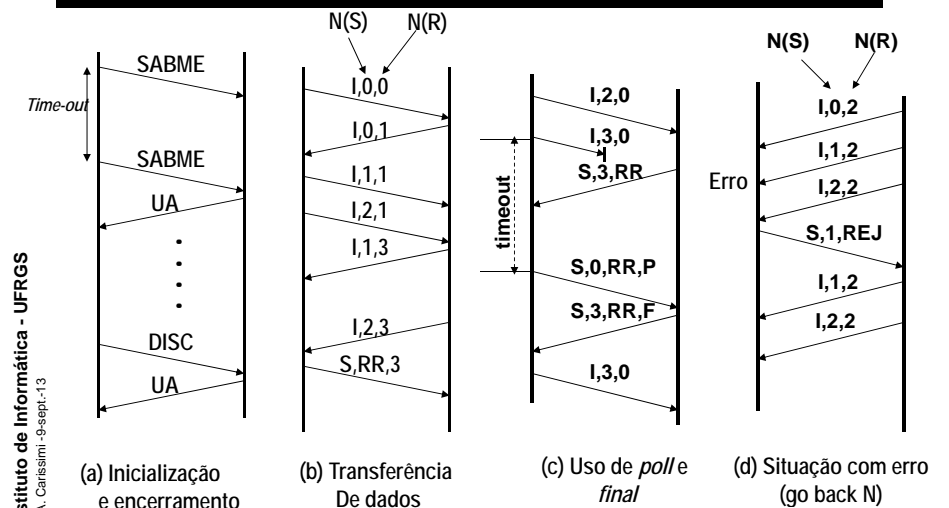
Controle de erro

- Funcionamento *default*
 - Emprega apenas quadros de confirmação positiva (*RR n* ou *RNR n*)
 - Controle de erro é feito por *time-out*
 - Ao estourar um *time-out* envia um quadro *RR* com bit *P=1* para questionar qual foi o último quadro recebido com sucesso.
 - Resposta é um *RR* com *F=1* indicando o próximo quadro a ser recebido (*n*)
- Modo explícito (sem uso de P/F)
 - Emprega quadros de confirmação positiva (*RR n* ou *RNR n*) e de confirmação negativa (*REJ n* ou *SREJ n*)

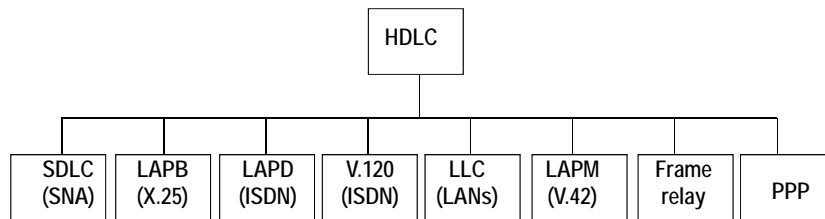
Operação do HDLC

- Quadros de informação (I), supervisão (S) e não numerados (U) entre duas estações
- Três fases
 - Inicialização
 - Envio de comando do tipo *set-mode*
 - Especifica um modo de transferência de dados (*NRM*, *ABM*, *ARM*)
 - Nro. de sequência em 3 ou 7 bits (*I n*, *RR n*, *RNR n*, *SREJ n* ou *REJ n*)
 - Recebe um quadro U tipo *UA* (*unnumbered ACK*) ou *DM* (*Disconnect Mode*)
 - Transferência de dados
 - Ambos lados transferem quadros do tipo I
 - Quadros S também são empregados no controle de erro e de fluxo:
 - RR*, *RNR*, *REJ* e *SREJ*
 - Encerramento da conexão
 - Qualquer lado pode iniciar o pedido (*DISC*)
 - Solicitação deve ser aceita por um comando do tipo *UA*

Exemplo de funcionamento



Família de protocolos HDLC

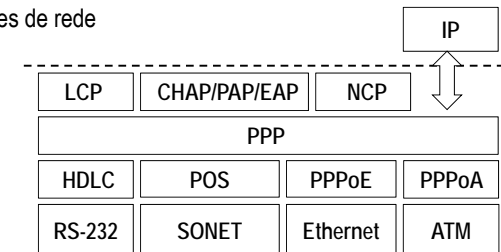


- ❑ Conjunto de protocolos que possuem funcionamento similar ao HDLC

13

Point-to-Point Protocol (PPP)

- ❑ Protocolo voltado a enlaces ponto-a-ponto
 - ♦ Comumente usado nos enlaces cliente-provedor
 - ♦ Não orientado a conexão e sem confirmação
- ❑ Empregado para
 - ♦ Enquadramento de dados
 - ♦ Controlar configurações de enlace
 - ♦ Controlar configurações de rede



14

Formato do quadro



- ❑ Exemplo: encapsulado em quadro do HDLC
 - ♦ Marcas de início e fim baseado em *flag*
 - ♦ Sem necessidade de identificar estações, pois é ponto-a-ponto
 - ♦ Controle corresponde a quadros U (sem número de sequência, sem controle de fluxo e sem controle de erro)
- ❑ Protocolo indica o que está sendo transportado
- ❑ Dados de usuário ou outras informações (a seguir...)

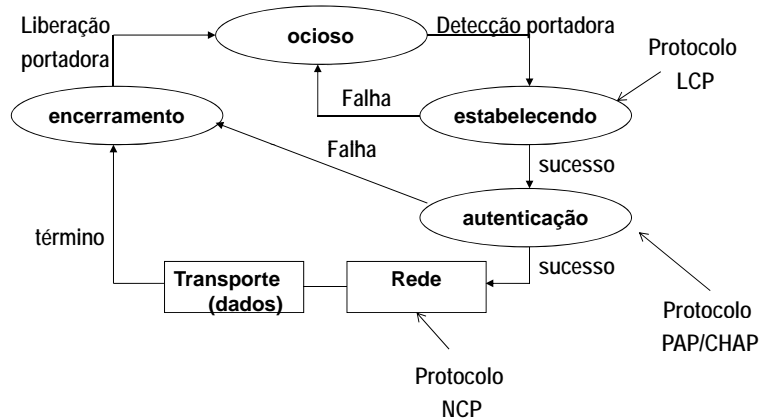
15

Pilha de protocolos PPP

- ❑ PPP é um protocolo de enlace, mas usa outros para:
 - ♦ Estabelecer o enlace: *Link Control Protocol* (LCP)
 - ♦ Autenticar os pares envolvidos: *Authentication Protocol* (AP)
 - ♦ *Password Authentication Protocol* (PAP)
 - ♦ *Challenge Handshake Authentication Protocol* (CHAP)
 - ♦ *Extensible Authentication Protocol* (EAP)
 - ♦ Transportar 3-PDUs: *Network Control Protocol* (NCP)
 - ♦ Depende do protocolo da camada de rede
 - ♦ *Internetwork Protocol Control Protocol* (IPCP)
- ❑ Protocolos são identificados no campo "protocolo" do quadro PPP

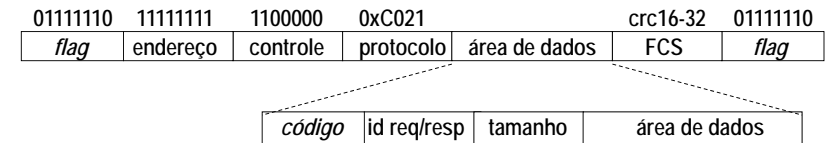
16

Diagrama de transição



Link Control Protocol (LCP)

- ❑ Responsável por estabelecer, manter, configurar e encerrar o enlace
 - ♦ Envolve uma negociação de opções entre os dois pares
 - ♦ Pares devem estar de acordo para o enlace ser estabelecido
- ❑ Quadro LCP



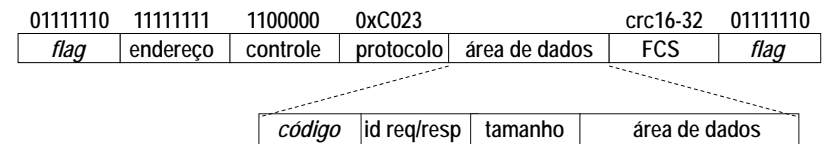
- ♦ Requisições de configuração, término, monitoração e depuração
- ♦ Opções negociadas: tamanho máximo do quadro, autenticação (s/n), uso de compressão, etc

Protocolos de autenticação

- ❑ Uso opcional do PPP
- ❑ Três protocolos:
 - ♦ Password Authentication Protocol (PAP)
 - ♦ Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)
 - ♦ Extensible Authentication Protocol (EAP)

Password Authentication Protocol (PAP)

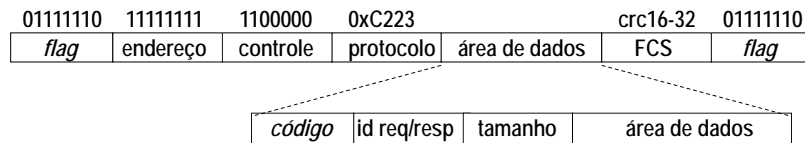
- ❑ Mecanismo simples baseado em dois passos:
 - ♦ Usuário envia username e password
 - ♦ Destino verifica username e password e aceita ou recusa o estabelecimento do enlace
- ❑ Três tipos de quadros encapsulados no PPP
 - ♦ *Authenticate request*, *authenticate ack* e *authenticate nack*



Problema: username e password são enviados em "texto claro" pela rede

Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)

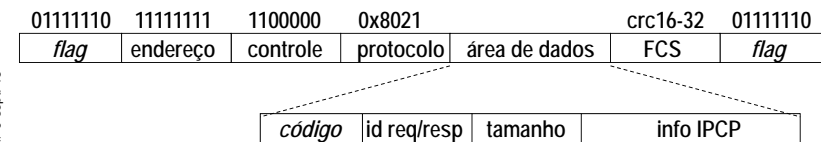
- ❑ Mecanismo de 3 vias (*three way handshake*)
 - ♦ Maior segurança que o PAP *password* não é enviada na rede
- ❑ Três passos:
 - ♦ Sistema envia ao usuário um desafio (*challenge*) → conj. de bytes
 - ♦ Usuário calcula $f(\text{password}, \text{challenge})$ e envia o *resultado+username*
 - ♦ Sistema executa a mesma função e verifica se o recebido é igual ao calculado



Quatro tipo de quadros encapsulado em PPP: *challenge*, *resposta*, *sucesso* e *falha*

Network Control Protocol (NCP)

- ❑ Protocolo de controle para encapsular dados provenientes da camada de rede em um quadro PPP
- ❑ PPP possui na verdade duas negociações:
 - ♦ Camada de enlace: estabelecimento do enlace
 - ♦ Camada de rede: protocolos específicos (eg. IP, IPX, Appletalk etc)
 - ♦ Rede IP: IPCP (*Internet Protocol Control Protocol*)



- Negociações referentes a uma rede IP, como o endereço IP

Leituras complementares

- ❑ Stallings, W. *Data and Computer Communications* (6th edition), Prentice Hall 1999.
 - ♦ Capítulo 7, seções 7.3 e 7.4
- ❑ Tanenbaum, A. *Redes de Computadores* (4^a edição), Campus, 2003.
 - ♦ Capítulo 3, seção 3.6