

# Redes de Computadores

Protocolos de enlace  
Estudos de caso: HDLC e PPP

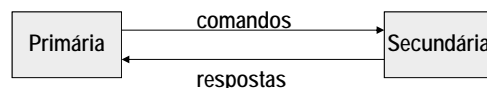
Aula 09

## 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

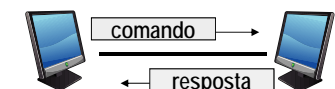
- ❑ Primária
  - ♦ Entidade que tem autonomia para iniciar uma comunicação enviando quadros de comandos
- ❑ Secundária
  - ♦ Entidade sem autonomia para iniciar uma comunicação
  - ♦ Apenas responde a quadros de comando



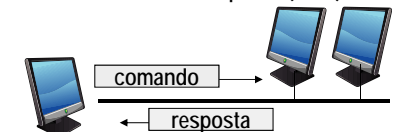
## Configurações de enlace e modos de transferência

- ❑ *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)



## 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  $7E_{16}$  (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)

## 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

## 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			

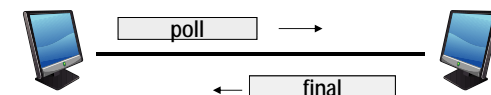
N(S): número sequência emissor (*sender*)  
 N(R): número de sequência destino (*receiver*)  
 S: supervisão (RR n, RNR n, REJ n, SREJ n)  
 M: códigos para comandos não numerados  
 P/F: bit *Polling/Final*

Codificação (bits 5 e 4)

RR: 00  
 RNR: 10  
 REJ: 01  
 SREJ: 11

## 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 ( $n$ )

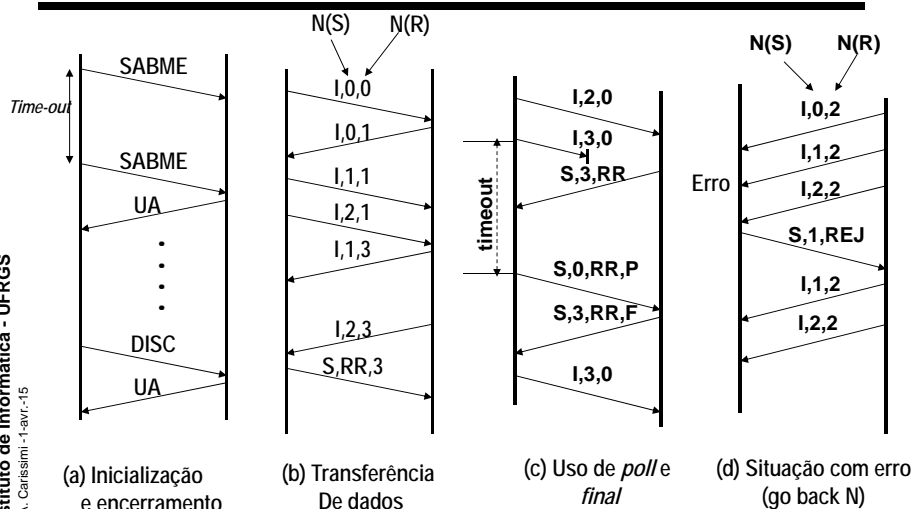
### ❑ Modo explícito (sem uso de P/F)

- ♦ Emprega quadros de confirmação positiva (*RR n* ou *RNR n*) e de confirmação negativa (*REJ n* ou *SREJ n*)

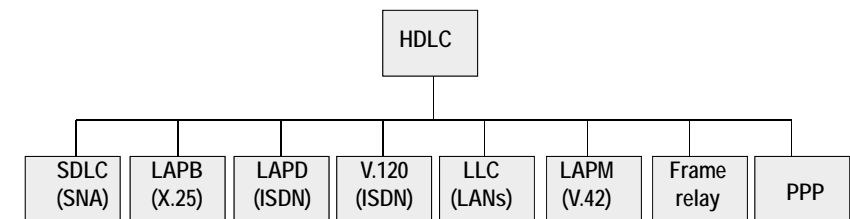
## Operação do HDLC

- ❑ 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



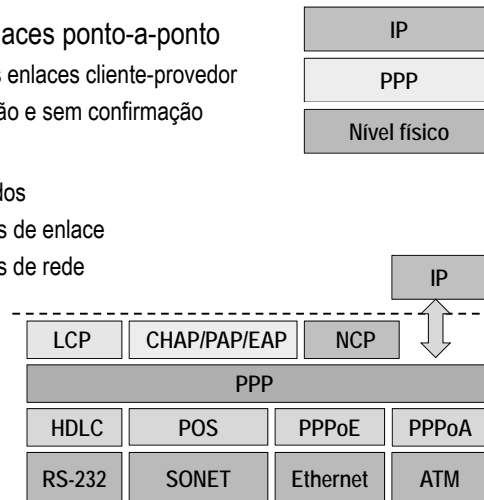
## Família de protocolos HDLC



- ❑ Conjunto de protocolos que possuem funcionamento similar ao HDLC

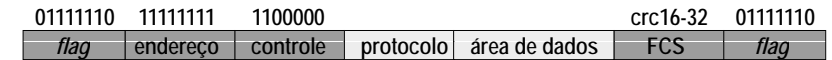
## Point-to-Point Protocol (PPP)

- ❑ 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



13

## 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...)

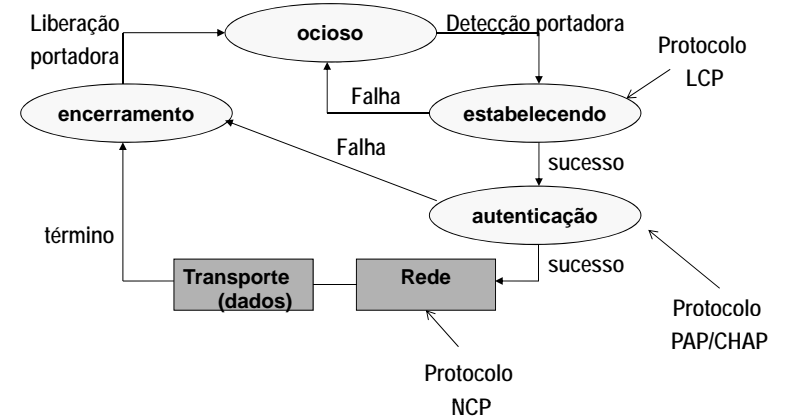
14

## 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

15

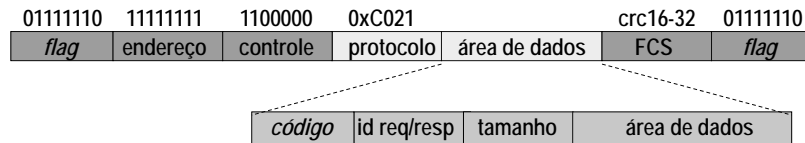
## Diagrama de transição



16

## 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

17

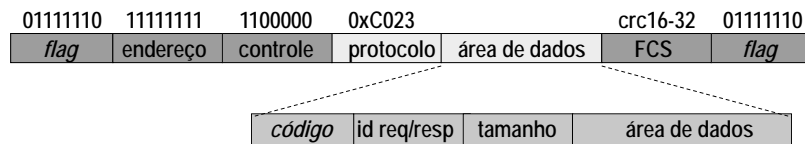
## Protocolos de autenticação

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

18

## 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*

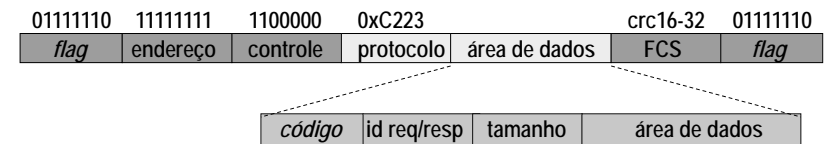


Problema: username e password são enviados em "texto claro" pela rede

19

## 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



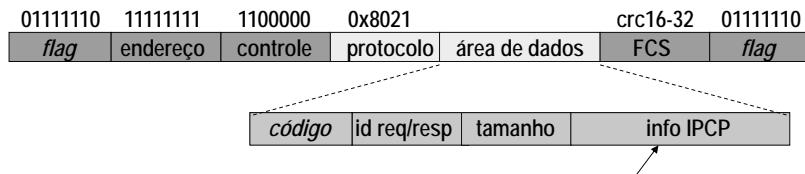
Quatro tipo de quadros encapsulado em PPP: *challenge*, *resposta*, *sucesso* e *falha*

Redes de Computadores

20

## 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*)



## Trabalho opcional (Individual)

- ❑ Substitui uma questão da prova (2 pontos) valendo até 3 pontos
- ❑ Implementação do protocolo (VSTFP – *Very Simple Transfer File Protocol*) baseado em Go-Back N usando um quadro HDLC-like
- ❑ Data entrega: 06 de MAIO de 2015 (23:59:59 horas)
- ❑ Especificação e mais detalhes no moodle.
- ❑ Lembrando: NÃO haverá aulas teóricas dias 07/04; 09/04 e 14/04

## Leituras complementares

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