

Redes de Computadores

Módulo 3 – Protocolos de Ligação: HDLC

Universidade do Minho
Grupo de Comunicações por Computador
Departamento de Informática

Protocolos de ligação

HDLC

- Protocolo HDLC (High-level Data Link Control)
 - norma da ISO (ISO 3309, 4335) para uso em ligações PP e MP
 - outros protocolos de ligação (LLC, PPP) derivam do HDLC
 - orientado ao bit; muito usado em redes de computadores
- O HDLC suporta
 - estações: primárias, secundárias e mistas (combinadas)
 - configurações: não balanceada e balanceada (tb. HDX e FDX)
 - modos de operação:
 - Normal Response Mode (NRM) (não balanceado)
 - Asynchronous Response Mode (ARM) (não balanceado)
 - Asynchronous Balanced Mode (ABM) (balanceado)

Protocolos de ligação

HDLC: modos de operação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- NRM
 - a estação primária pode iniciar a transferência de dados; a secundária apenas pode transmitir com um comando específico da primária
exemplo: ligações computador-terminal/periférico
- ARM
 - a estação secundária pode iniciar a transmissão sem receber qualquer solicitação da estação primária.
exemplo: ligação computador-periférico onde este necessita tomar a iniciativa.
- ABM
 - qualquer estação pode tomar a iniciativa na transmissão
exemplo: ligações computador-computador (é o mais usado)

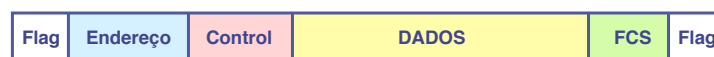
Protocolos de ligação

HDLC: definição da trama



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Estrutura das tramas HDLC
 - as mensagens de controlo e os dados são transportadas em tramas de formato único e normalizado
 - *flag* : 8 bits de padrão de alinhamento de trama: 01111110
 - endereço: um ou mais octetos
 - controlo: um ou dois octetos (formato normal ou estendido)
 - dados: campo de informação de tamanho variável
 - FCS: Frame Check Sequence (16 ou 32 bits, método CRC)



← sentido da transmissão

Protocolos de ligação

HDLC : transparência, bit stuffing



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- O protocolo HDLC usa a técnica de **bit stuffing** para obter transparência dos dados, isto é, para evitar que um possível padrão 01111110 dentro da trama seja tomado como *flag*.
- É inserido um **0** após cinco **1** consecutivos
- O receptor retira cada **0** que suceda a cinco **1** consecutivos

Exemplo

- se a trama contém a sequência:

001111110101111111111110101011101011111000101

- após *bit-stuffing* é transmitido:

00111111**0**1010111111**0**11111**0**10101011101011111**0**000101

Protocolos de ligação

HDLC: verificação de erros



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Frame Check Sequence (FCS)
 - é calculado sobre toda a trama, exceptuando as *flags*
 - pode ser usado CRC-16 ou CRC-32 de acordo com o tamanho das tramas ou a fiabilidade da linha (Bit Error Rate, BER):

CRC-16: $x^{16}+x^{12}+x^5+1$

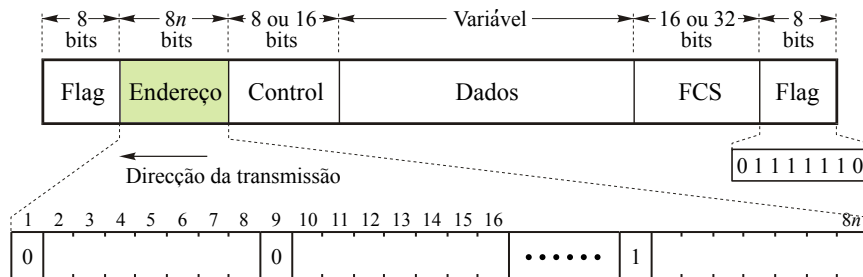
CRC-32: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$

Protocolos de ligação

HDLC: endereçamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



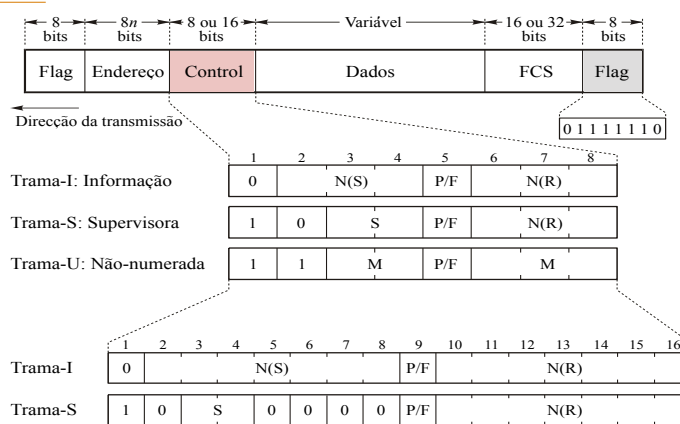
- O conteúdo do campo endereço varia com o modo de operação; suporta endereços de grupo ou difusão
- Normalmente 8 bits mas suporta um formato estendido
- O primeiro bit indica se o octeto corrente do endereço é o último (=1) ou se lhe seguem outros (=0)

Protocolos de ligação

HDLC: campo de control



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



N(S) = número de sequência de envio (Send)
N(R) = número de sequência de recepção (Receive)
S = bits da função Supervisora

M = bits da função não-numerada
P/F = bit Poll/Final

Protocolos de ligação

HDLC: tipos de trama



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Tipos de tramas (I, S, U):
 - (I) informação - usadas para transporte de dados do utilizador
 - (S) supervisão - usadas para controlo de fluxo e de erros
 - (U) não-numeradas - usadas para inicializar/terminar a ligação
- As tramas são também classificadas como *comando* ou *resposta*
- Formato do campo de control normal para cada tipo de trama:

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
|---|---|------|---|-----|---|------|---|--------|
| 0 | | N(S) | | P/F | | N(R) | | Tipo I |
| 1 | 0 | | S | P/F | | N(R) | | Tipo S |
| 1 | 1 | | M | P/F | | M | | Tipo U |

Protocolos de ligação

HDLC: tipos de trama



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Tramas de informação
 - o campo de dados é passado de/para o nível protocolar superior
 - N(S) número sequencial da trama corrente enviada
 - N(R) número sequencial da próxima trama esperada receber

*O campo N(R) possibilita, à estação que envia, a confirmação implícita de tramas I recebidas - confirmação em **piggyback***

- O bit P/F (Poll/Final) é usado para efectuar o *poll* de uma estação forçando-a a uma resposta
[Obs: não é o mesmo que o Poll de acesso à linha mencionado no Cap 2]

Protocolos de ligação

HDLC: tipos de trama



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Tramas de supervisão
 - **RR** N(R) (*Receiver Ready*)
 - usadas na impossibilidade de fazer *piggyback*
 - confirmação mais rápida
 - **RNR** (*Receiver Not Ready*)
 - indicam indisponibilidade temporária para a recepção de tramas I
 - **REJ** N(R) ou **SREJ** N(R)
 - retransmissão a partir da trama N(R) ou retransmissão selectiva da trama N(R)
- não contêm informação do utilizador (nível superior)
- usadas unicamente na fase de transferência de dados

Protocolos de ligação

HDLC: tipos de trama



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Tramas não-numeradas (exemplos)
 - **SABM/SABME** (set asynchronous balanced mode/extended); **SNRM/SNRME** (set normal response mode/extended); **SARM/SARME** (set asynchronous response mode/extended);
 - comandos que inicializam a ligação lógica e estabelecem o modo de operação
 - **DISC**
 - termina a ligação lógica
 - **UA** (*Unnumbered Ack*)
 - confirma o estabelecimento ou terminação da ligação
 - ...

Protocolos de ligação

HDLC: codificação do campo de control



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

| Código no campo de control | | | | | | | | Com/ Resp | Trama | Descrição | |
|----------------------------|---|---|------|---|-----|---|------|--------------|-------|-----------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | |
| I | 0 | - | N(S) | - | P/F | - | N(R) | - | C/R | I | Informação |
| S | 1 | 0 | 0 | 0 | P/F | - | N(R) | - | C/R | RR | Receive Ready |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | P/F | - | N(R) | - | C/R | REJ | Reject |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | P/F | - | N(R) | - | C/R | RNR | Receive not ready |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | P/F | - | N(R) | - | C/R | SREJ | Selective reject |
| U | 1 | 1 | 0 | 0 | P/F | 0 | 0 | 0 | C/R | UI | Unnumbered info |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 1 | C | SNRM | Set NRM mode |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | P | 0 | 1 | 0 | C | DISC | Disconnect |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | F | 0 | 1 | 0 | R | RD | Request disconnect |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | F | 1 | 0 | 0 | R | UP | Unnumbered poll |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | F | 1 | 1 | 0 | R | UA | Unnumbered ack |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 0 | 0 | C/R | | Nonreserved 0 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 0 | 1 | C/R | | Nonreserved 1 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 1 | 0 | C/R | | Nonreserved 2 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 1 | 1 | C/R | | Nonreserved 3 |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | C | SIM | Set init mode |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | F | 0 | 0 | 0 | R | RIM | Request init mode |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | F | 0 | 0 | 1 | R | FRMR | Frame reject |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 0 | 0 | C | SARM | Set ARM mode |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | F | 0 | 0 | 0 | R | DM | Disconnect mode |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 0 | 1 | C | RSET | Reset |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 1 | 0 | C | SARME | Set ARM extended |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 1 | 1 | C | SNRME | Set NRM extended |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 1 | 0 | 0 | C | SABM | Set ABM mode |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P/F | 1 | 0 | 1 | C/R | XID | Exchange identifi |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | F | 1 | 1 | 0 | C | SABME | Set ABM extended |

MIEI-RC

Universidade do Minho

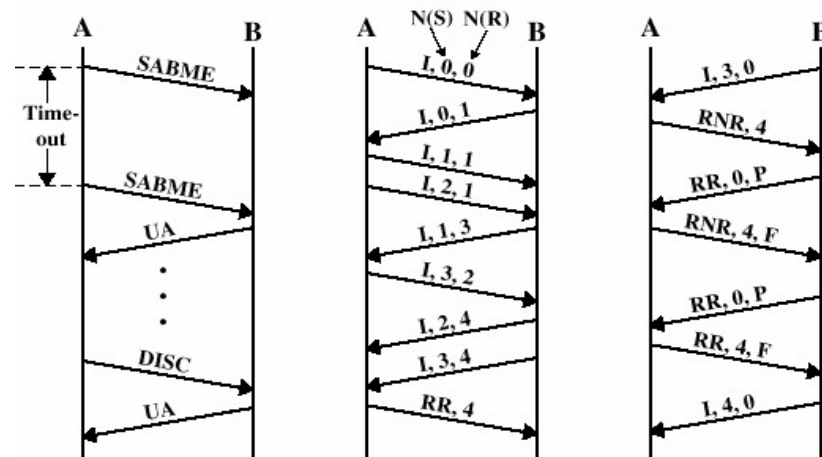
13

Protocolos de ligação

HDLC: operação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



a) Estabelecimento e terminação da ligação

b) Transferência de dados em duplex

c) Estado estação A ocupada

MIEI-RC

Universidade do Minho

14

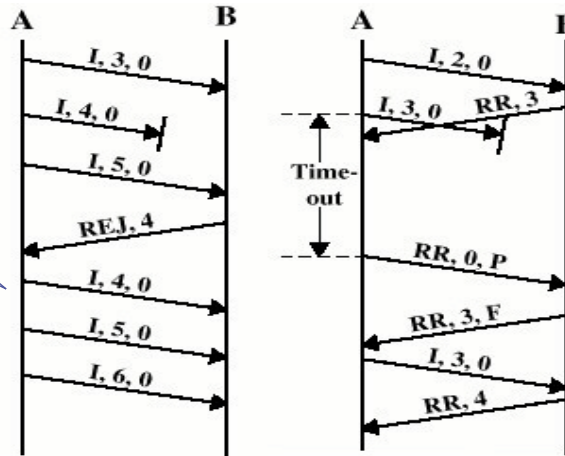
Protocolos de ligação

HDLC: operação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- tamanho janela ?
- bits de numeração ?
- sequenciação se SREJ ?



d) Recuperação de Reject

e) Recuperação de Timeout

MIEI-RC

Universidade do Minho

[DCC, Stallings07]

15

Protocolos de ligação

HDLC: exemplo de parâmetros do protocolo



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- T1: Timeout(FRACK), tempo máximo de espera por um ACK antes de retransmitir a trama
- T2: Timeout(ResponseTime), tempo de espera entre a recepção de uma trama-I e o envio do ACK (RR,RNR,REJ)
- T3: Timeout(CHECKTime), tempo máximo de inatividade antes de enviar um *poll* para testar a ligação
- T4: Timeout(DisconnectTime), tempo máximo de inatividade antes de terminar automaticamente a ligação
- N1: comprimento máximo das tramas
- N2: número máximo de retransmissões de uma trama
- K: abertura da janela de controlo de fluxo

MIEI-RC

Universidade do Minho

16

Protocolos de ligação

HDLC: operação (exemplo)



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Exercício: diagrama temporal ?

Traço visualizado no interface serial0/0 do router-ext:

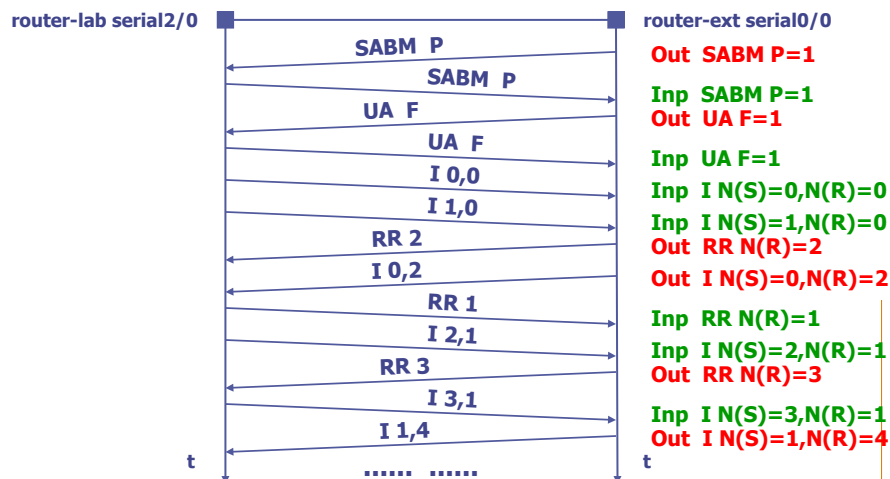
```
1w2d: Serial0/0: LAPB O SABMSENT (2) SABM P
1w2d: Serial0/0: LAPB I SABMSENT (2) SABM P
1w2d: Serial0/0: LAPB O CONNECT (2) UA F
1w2d: Serial0/0: LAPB I CONNECT (2) UA F
1w2d: Serial0/0: LAPB I CONNECT (54) IFRAME 0 0
1w2d: Serial0/0: LAPB I CONNECT (66) IFRAME 1 0
1w2d: Serial0/0: LAPB O CONNECT (2) RR (R) 2
1w2d: Serial0/0: LAPB O CONNECT (66) IFRAME 0 2
1w2d: Serial0/0: LAPB I CONNECT (2) RR (R) 1
1w2d: Serial0/0: LAPB I CONNECT (174) IFRAME 2 1
1w2d: Serial0/0: LAPB O CONNECT (2) RR (R) 3
1w2d: Serial0/0: LAPB I CONNECT (70) IFRAME 3 1
1w2d: Serial0/0: LAPB O CONNECT (54) IFRAME 1 4
.....
```

Protocolos de ligação

HDLC: operação (diagrama exemplo)



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



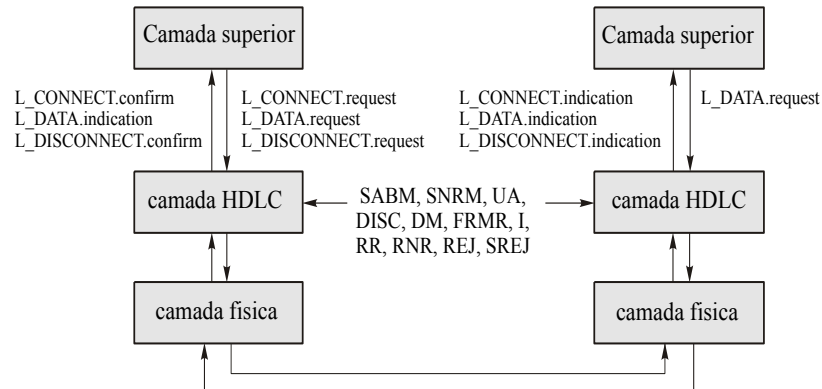
Protocolos de ligação

HDLC: primitivas de serviço



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- O serviço de ligação prestado à camada protocolar superior é feito por funções designadas primitivas de serviço (*request, confirm e indication*)



MIEI-RC

Universidade do Minho

[DCC, Stallings07]

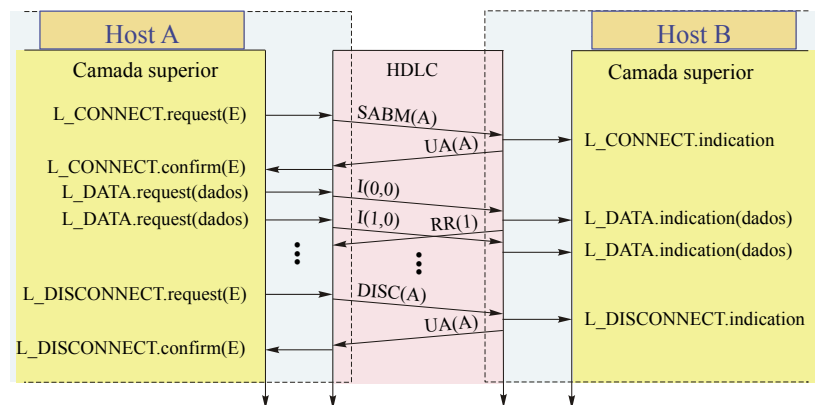
19

Protocolos de ligação

HDLC: interação de serviço com camada superior



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



MIEI-RC

Universidade do Minho

20

Protocolos de ligação

HDLC: Especificação do protocolo por máquina de estados



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

