

# il livello data-link (livello 2) nelle wan

g. di battista, m. patrignani

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## nota di copyright

- questo insieme di slides è protetto dalle leggi sul copyright
- il titolo ed il copyright relativi alle slides (inclusi, ma non limitatamente, immagini, foto, animazioni, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati sulla prima pagina
- le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente, non a fini di lucro, da università e scuole pubbliche e da istituti pubblici di ricerca
- ogni altro uso o riproduzione è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori
- l'informazione contenuta in queste slides è fornita per scopi didattici e non può essere usata in progetti di reti, impianti, prodotti, ecc.
- gli autori non si assumono nessuna responsabilità per il contenuto delle slides, che sono comunque soggette a cambiamento
- questa nota di copyright non deve essere mai rimossa e deve essere riportata anche in casi di uso parziale

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

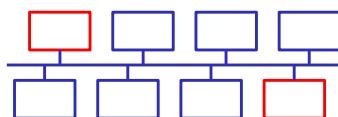
## sommario

- il livello 2 nelle lan e nelle wan
- canale trasmittivo punto-punto
- metodi per rendere affidabile il canale trasmittivo
  - gestione degli acknowledgement
  - schemi di numerazione
- hdlc
- ppp

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## il livello 2 nelle lan e nelle wan

lan: trasmissione tra  
due stazioni su un  
canale condiviso



wan: trasmissione tra  
due stazioni su un  
canale punto-punto



110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## canale trasmissivo punto-punto

- canale analogico
  - rete telefonica
- canale trasmissione dati
  - circuito diretto numerico (cdn)
- virtual circuit: permanent (pvc) o switched (svc)
  - frame relay
  - integrated services digital network (isdn)
  - ....

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## esempi di protocolli di livello 2 nelle wan

- synchronous data link control (sdlc)
  - reti ibm
- high-level data link control (hdlc)
  - versioni: bilanciata (pto-pto) e sbilanciata (pto-mpto)
  - variante di sdlc
- point-to-point protocol (ppp)
  - variante di hdlc

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## metodi di gestione degli acknowledgements

- stop-and-wait

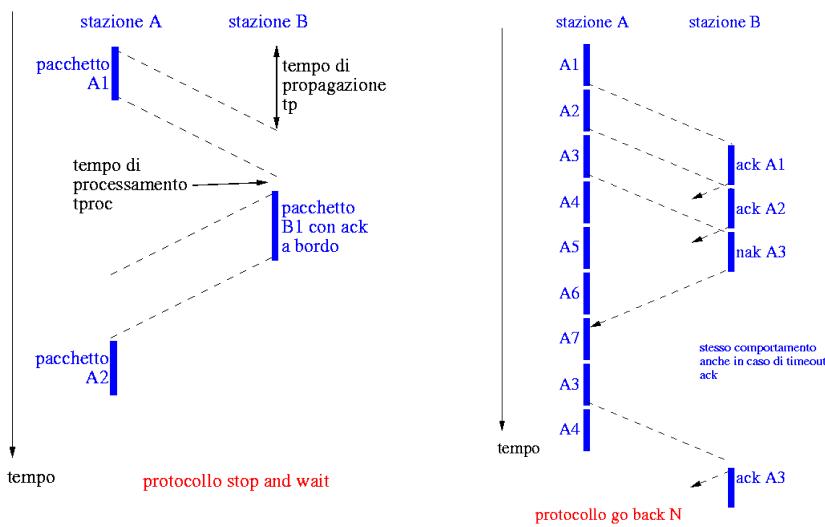
- dopo la trasmissione di un pacchetto la stazione trasmittente aspetta un ack (o nak – ack negativo); se non arrivano ack o nak entro un certo tempo il pacchetto viene ritrasmesso

- go-back-N

- i pacchetti sono trasmessi in sequenza senza aspettare un ack; se per il pacchetto N si riceve un nack (o non si riceve ack entro un certo tempo massimo) i pacchetti da N in poi sono ritrasmessi

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## stop-and-wait e go-back-N



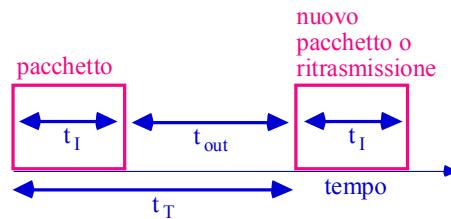
## metodi di gestione degli ack

- selective repeat
  - solo i pacchetti senza ack o con nack sono ritrasmessi
- nota: analizziamo il comportamento dei diversi metodi di gestione nell'ipotesi semplificativa (per ora) di schema di numerazione infinito dei pacchetti (per numerare i pacchetti c'è un numero illimitato di bit)

## analisi di stop-and-wait

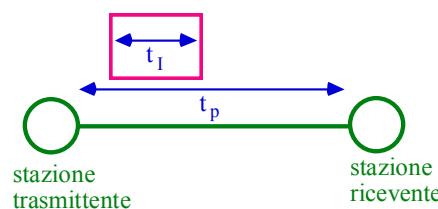
- $t_I$  = tempo necessario a trasmettere un pacchetto (dati e bit di controllo) – tempo di immissione
- $t_{out}$  = tempo di intervallo tra due pacchetti consecutivi
- $t_p$  = tempo di propagazione da estremo a estremo
- $t_{proc}$  = tempo di processamento del pacchetto
- $t_s$  = tempo per trasmettere un ack o nak
  - $t_{out} \geq 2t_p + t_{proc} + t_s$
  - per semplicità incorporiamo  $t_{proc}$  in  $t_p$
- $t_T = t_I + t_{out}$  = tempo minimo tra gli inizi di trasmissione di due pacchetti successivi

## analisi di stop-and-wait



110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## analisi di stop-and-wait



110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## analisi di stop-and-wait

- obiettivo:
  - determinare il massimo possibile throughput – pacchetti recapitati al destinatario nell'unità di tempo
- ipotesi:
  - consideriamo il traffico tra due stazioni A e B
  - supponiamo che:
    - solo A trasmetta dati e che B invii solo ack/nak
    - il tempo di trasmissione di un ack/nak sia costante
    - A abbia la coda di spedizione in saturazione
    - i pacchetti siano tutti della stessa lunghezza
  - allo scadere di  $t_{out}$  o arriva un ack/nak oppure il pacchetto va ritrasmesso

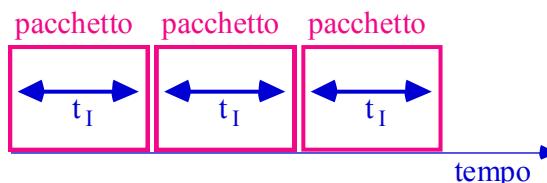
## analisi di stop-and-wait

- analisi:
  - A non può trasmettere più di  $1/t_T$  pacchetti al secondo, limitazione superiore al throughput
  - il throughput è però inferiore a  $1/t_T$  a causa di possibili errori e ritrasmissioni

## analisi di go-back-N

- ipotesi:
  - stesse ipotesi della analisi di stop-and-wait
- analisi:
  - in questo caso il tempo minimo tra gli inizi di trasmissione di due pacchetti successivi è  $t_I$  (trasmissione continua)
  - A non può trasmettere più di  $1/t_I$  pacchetti al secondo, limitazione superiore al throughput
  - il throughput è però inferiore a  $1/t_I$  a causa di possibili errori e ritrasmissioni

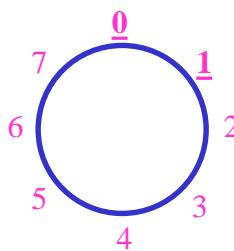
## analisi di go-back-N trasmissione senza errori



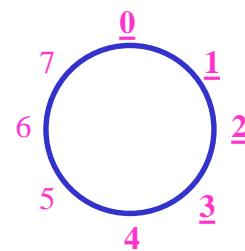
## schema di numerazione finito

- ogni pacchetto è numerato con un numero finito di bit
- se  $M$  è il modulo della numerazione ed  $N$  è il numero attribuito ad un pacchetto, allora  $0 \leq N \leq M-1$
- convenzioni:
  - un riscontro con valore  $R$  indica che sono stati ricevuti correttamente tutti i pacchetti fino a  $R-1$ ; si è in attesa del pacchetto  $R$
  - riscontri cumulativi: con un solo ack possiamo riscontrare vari pacchetti

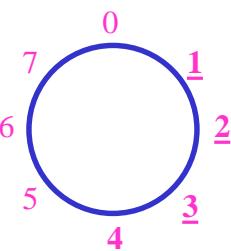
## schema di numerazione finito, $M=8$ lato trasmittente



due pacchetti  
non ancora  
riscontrati



invio di tre  
ulteriori  
pacchetti



viene ricevuto  
il riscontro del  
pacchetto 0

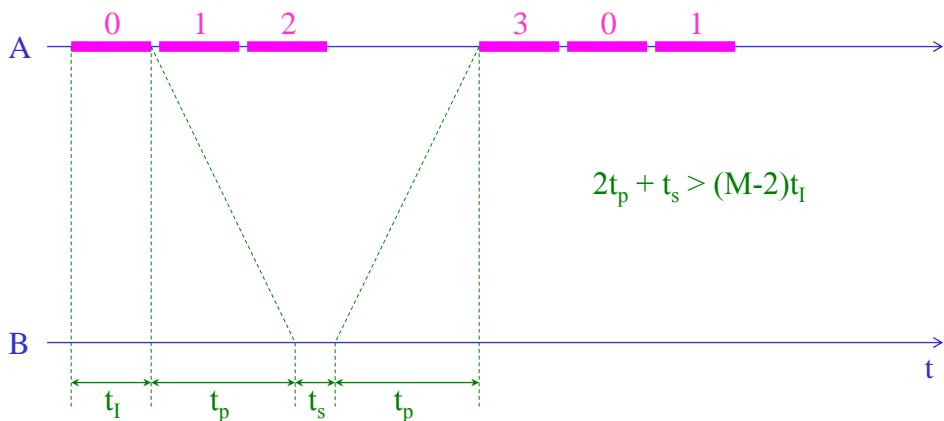
## schema di numerazione finito

- al più  $M-1$  pacchetti possono essere in attesa di un riscontro, infatti:
  - supponiamo di aver inviato tutti i pacchetti  $0..M-1$  ( $M$  pacchetti), e di attenderne il riscontro
  - supponiamo di ricevere un riscontro con  $R=0$
  - visto che  $R$  riscontra tutti i pacchetti fino a  $R-1$  compreso ed indica che si attende  $R$  non sappiamo se non è stato ricevuto nessun pacchetto o se sono stati ricevuti tutti

## analisi di go-back-N con schema di numerazione finito

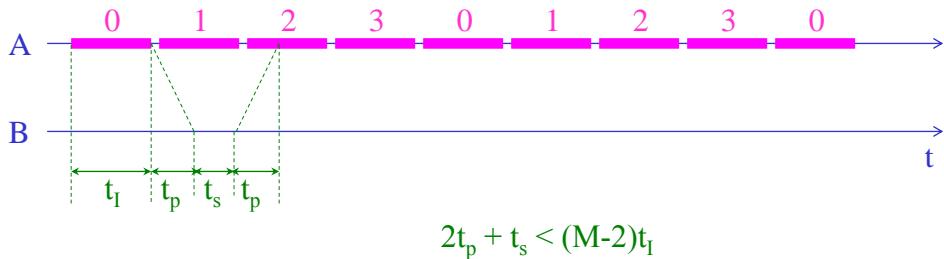
- due casi possibili:
  - $2t_p + t_s$  maggiore o minore di  $(M-2)t_l$
- trasmissione continua o discontinua?

## analisi di go-back-N, M=4



110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## analisi di go-back-N, M=4



110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## analisi di go-back-N

- se  $2t_p + t_s > (M-2)t_l$ 
  - allora il throughput è limitato da  $(M-1)/(2t_p+t_s+t_l)$
- altrimenti
  - il throughput è limitato da  $1/t_l$ , come nel caso di numerazione infinita
- osservazione
  - $t_l$  dipende anche dal numero di bit usati per la numerazione

## esercizio: se ricevo un pacchetto con errori

- cosa faccio?
  - il problema è che se il pacchetto contiene un errore, l'errore può essere sul numero N che lo identifica
  - è difficile poter mandare un nak riferito a N
  - dopo un po' che non vedo arrivare nuovi pacchetti corretti riscontro nuovamente l'ultimo pacchetto arrivato correttamente
- e se l'errore è sull'ack?
  - ritrasmissione dopo un timeout

## il protocollo hdlc

- hdlc ha origine da sdlc (IBM-SNA)
- llc (ieee 802.2) ha la stessa origine
- è previsto nello standard osi
- protocollo connesso:
  - la connessione è bilanciata o sbilanciata
    - bilanciata: 2 stazioni paritetiche collegate punto-punto, full duplex
    - sbilanciata: una stazione primaria (master) ed n stazioni secondarie sul canale multi-punto, half duplex

## il protocollo hdlc - bit stuffing

- il pacchetto hdlc è racchiuso tra due flag 01111110 che indicano inizio e fine pacchetto o separazione tra pacchetti successivi
- uso dei flag per la sincronizzazione
- solo il flag contiene 6 uno consecutivi, in ogni altro caso viene sempre inserito uno zero fittizio dopo 5 uno consecutivi
- i caratteri zero fintizi sono eliminati alla ricezione

## il protocollo hdlc - tipo dei pacchetti

- **information-frame**: pacchetti che trasportano dati in modalità connessa
- **supervisor-frame** e **unnumbered-frame**: pacchetti che trasportano informazioni di controllo

## il protocollo ppp

- utilizzato per canali punto-punto full duplex, ad esempio:
  - nelle connessioni dial-up (chiamata telefonica con modem) casa-provider
  - negli accessi adsl casa-provider

## il protocollo ppp

- problema di hdlc: non ha una modalità standard per trasmettere sullo stesso canale pacchetti relativi a diversi protocolli del livello 3
- ppp è stato introdotto dalla comunità internet nel 1990 per risolvere il problema (es. rfc 1547, 1661)
- formato del pacchetto ppp = formato del pacchetto hdlc + campo protocol (2byte) che specifica il protocollo che viaggia a bordo del pacchetto

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## il protocollo ppp

- il valore di default per il limite superiore al campo dati è 1500 byte
- alcuni valori possibili per protocol:
  - 0021 internet protocol
  - 0033 livello di rete OSI
  - 002b novell ipx

110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

## il protocollo ppp

- il pacchetto è solitamente non numerato e non si effettuano riscontri
- uso di protocolli ausiliari
  - link control protocol (lcp) per stabilire, configurare e testare la connessione data-link
  - authentication protocols (ap), per autenticare gli interlocutori su linee commutate.
  - link quality monitor (lqm) per monitorare il funzionamento del link

## il protocollo ppp - lcp

- lcp consente di stabilire, configurare, manutenere ed abbattere una connessione punto-punto
- prevede 4 fasi distinte.
  - fase 1 – apertura della connessione e negoziazione dei parametri di configurazione
  - fase 2 – determinazione (opzionale) della qualità del link; si verifica se la qualità è sufficiente per il trasporto dei protocolli di livello 3
  - fase 3 – configurazione dei protocolli di livello 3; i diversi protocolli di livello 3 possono essere configurati separatamente usando il protocollo appropriato
  - fase 4 – abbattimento della connessione

## pppoe

- ppp over ethernet
- per incapsulare pacchetti ppp in pacchetti ethernet
- comodo per i provider per le connessioni adsl casa-provider o ufficio-provider