

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

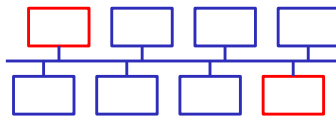
sommario

- il livello 2 nelle lan e nelle wan
- canale trasmissivo punto-punto
- metodi per rendere affidabile il canale trasmissivo
 - 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

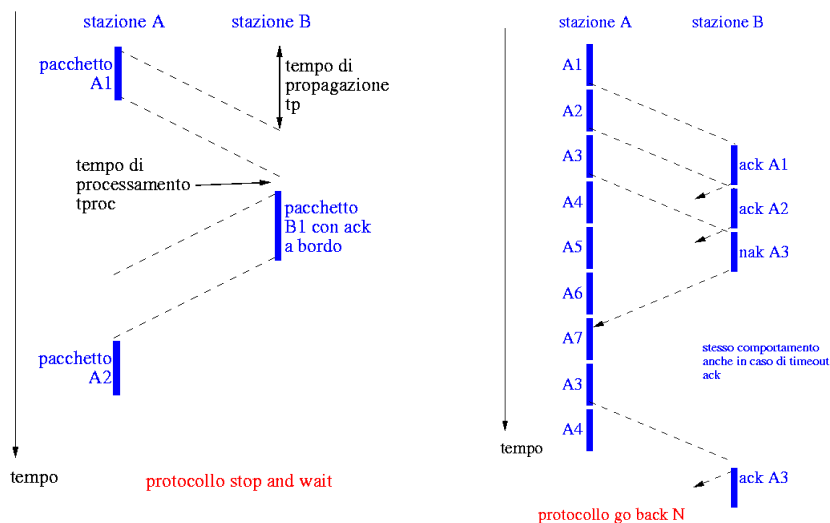
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

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)

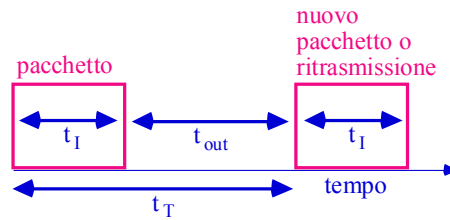
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

analisi di stop-and-wait

- t_l = 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
- $t_T = t_l + t_{out}$ = tempo minimo tra gli inizi di trasmissione di due pacchetti successivi

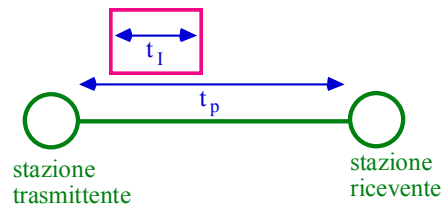
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

analisi di stop-and-wait



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

analisi di stop-and-wait



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

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

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

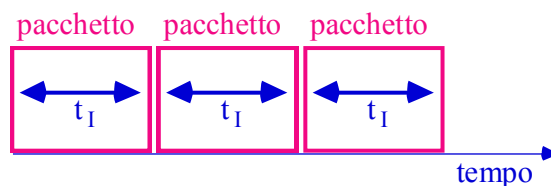
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

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

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

analisi di go-back-N trasmissione senza errori



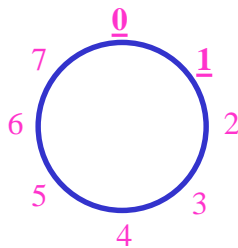
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

schema di numerazione finito

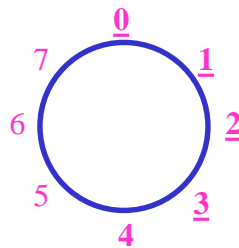
- ogni pacchetto è numerato con un numero finito di bit
- se M è il modulo della numerazione ed N è il numero attribuito ad un pacchetto, allora $0 \leq N \leq M-1$
- convenzioni:
 - un riscontro con valore R indica che sono stati ricevuti correttamente tutti i pacchetti fino a $R-1$; si è in attesa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

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

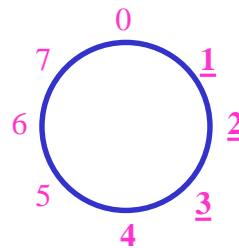
schema di numerazione finito, $M=8$ lato trasmittente



due pacchetti
non ancora
riscontrati



invio di tre
ulteriori
pacchetti



viene ricevuto
il riscontro del
pacchetto 0

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

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

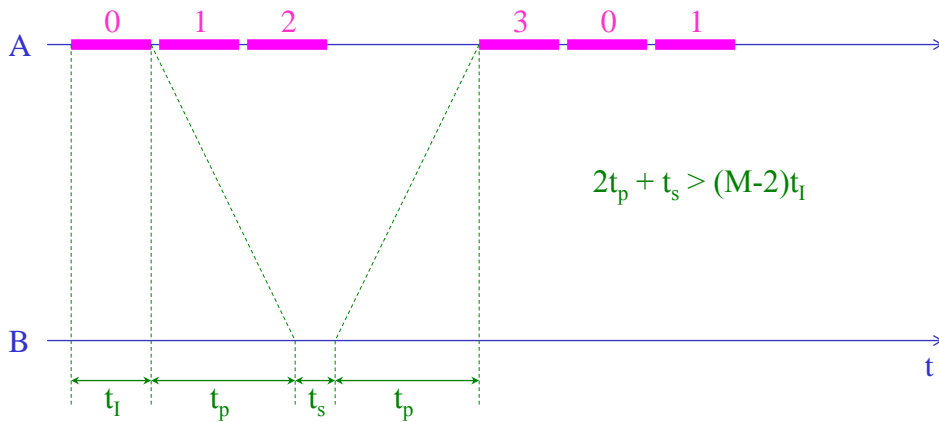
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

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

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

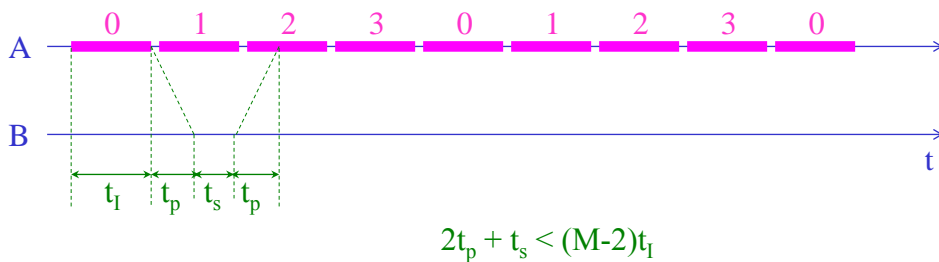
110-data-link-wan-04 copyright ©2015 g. di battista, m. patrignani

analisi di go-back-N, M=4



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

analisi di go-back-N, 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 e' 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

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

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

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

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

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

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 fittizi sono eliminati alla ricezione

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

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

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

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

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

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

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

il protocollo ppp - lcp

- lcp consente di stabilire, configurare, mantenere 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

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

pppoe

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