

I.T.I.S “Carlo Zucate”
Venezia – Mestre

Triennio di specializzazione in Informatica, sperimentazione ABACUS.

Materia:

Sistemi per l’elaborazione e la trasmissione dell’informazione

Insegnante: Stefano Lazzarini

<http://stefanolazzarini.interfree.it/index.html>

stefano.lazzarini@libero.it

Relazione
programma del quinto anno

Alunno Boscolo Jona 5ISC

Anno Scolastico: 2006/2007

INDICE

Classificazione dei sistemi per l'elaborazione automatica dell'informazione.....	pg 3
Principali caratteristiche dei sottosistemi di telecomunicazione.....	pg 3
Topologia e modalità di trasmissione dati nelle reti di calcolatori.....	pg 4
Modello di riferimento dell'ISO.....	pg 6
Tipi di servizi di comunicazione.....	pg 7
Funzioni svolte dai 7 strati del modello di riferimento dell'ISO.....	pg 8
Definizione e classificazione dei segnali.....	pg 10
Tecniche di modulazione dei segnali digitali.....	pg 10
Tecniche di codifica dei segnali.....	pg 11
Mezzi fisici di trasmissione.....	pg 13
Principali Tecniche d'accesso al mezzo fisico.....	pg 15
Spettro delle onde elettromagnetiche.....	pg 17
Definizione del Round Trip Time.....	pg 18
Lo standard IEEE802.....	pg 19
Le specifiche 10BASE5,10BASE2 e10BASE-T.....	pg 19
Cablaggio di una rete locale secondo la specifica 10BASE5.....	pg 20
Le specifiche 100BASE-T4,100BASE-TX e 1000BASE-T.....	pg 21
Esercizio Svolto sul tempo di propagazione del segnale.....	pg 21
Cablaggio di una rete locale secondo le specifiche 10BASE2, 10BASE-T e 100BASE-T.....	pg 22
Lo standard IEEE802.3 e il formato delle mac-frame.....	pg 23
Gli indirizzi dello strato MAC.....	pg 24
I servizi di telecomunicazione.....	pg 25
La tecnologia ADSL.....	pg 26
Le reti geografiche.....	pg 27
I Router di una rete geografica e le loro tabelle d'instradamento.....	pg 27
Esercizio Svolto sulle tabelle d'instradamento dei router.....	pg 28
Le interreti.....	pg 28
Il Modello di Riferimento di Internet e gli indirizzi IP.....	pg 29
Traduzione degli indirizzi IP in indirizzi fisici.....	pg 31
Lo strato di Interrete.....	pg 32
I Datagrammi IP.....	pg 32
Esercizio svolto sui Datagrammi IP.....	pg 34
La funzione d'instradamento dei gateway.....	pg 35
Le tabelle d'instradamento dei gateway.....	pg 35
Il protocollo ICMP.....	pg 36
Le categorie di messaggi ICMP.....	pg 37
Le sottoreti private e gli indirizzi di sottorete.....	pg 38
Esercizio svolto sugli indirizzi di sottorete.....	pg 39

Revisione del 18/06/2007

“Se in un primo momento l'idea non è assurda, allora non c'è nessuna speranza che si realizzi”.

Albert Einstein

Copyright per l'edizione corrente

© Lazzarini Stefano – Boscolo Jona

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge
e a norma delle convenzioni internazionali

In caso si rilevino eventuali errori o imprecisioni vi prego di segnalarli all'indirizzo di posta
jona@albaclick.com

Classificazione dei sistemi per l'elaborazione automatica dell'informazione

I sistemi per l'elaborazione automatica dell'informazione si dividono in *sistemi centralizzati* e *sistemi distribuiti*.

I sistemi centralizzati possiedono una sola unità centrale di elaborazione e si dividono a loro volta in sistemi uniprocessore e sistemi multiprocessore.

I sistemi distribuiti possiedono invece più di un'unità centrale di elaborazione e si dividono in *multielaboratori* e *reti di calcolatori*.

I multielaboratori sono sistemi distribuiti le cui unità centrali distano tra loro al massimo qualche metro, mentre le unità centrali delle reti di calcolatori possono distare più di qualche metro avendo una propria alimentazione.

Una rete di calcolatori è quindi un insieme di sistemi per l'elaborazione automatica dell'informazione, collegati ad uno stesso sottosistema di telecomunicazioni al fine di scambiarsi informazioni e condividere le proprie risorse.

Le reti di calcolatori si dividono, in base alla distanza massima tra due utenti del sottosistema di telecomunicazioni, in:

- **Reti Locali:** reti che si trovano nello stesso edificio o gruppi di edifici, comunque privati, la cui lunghezza massima è di qualche chilometro;
- **Reti Metropolitane:** reti pubbliche lunghe al massimo qualche decina di chilometri;
- **Reti Geografiche:** reti pubbliche che non hanno un limite di lunghezza.

Caratteristiche dei sottosistemi di telecomunicazione

- **Velocità di trasferimento delle informazioni,** è la quantità di informazioni che può essere trasferita da un terminale del sottosistema ad un altro nell'unità di tempo. La sua unità di misura sono i bit per secondo (bps).

La velocità di trasferimento delle informazioni è:

- dell'ordine di centinaia di milioni di bit per secondo nelle *reti locali* (100Mbps).
- dell'ordine delle decine di milioni di bit per secondo nelle *reti metropolitane* (10Mbps).
- dell'ordine di qualche milione di bit per secondo nelle *reti geografiche* (1Mbps).

- **Ritardo di transito,** è il tempo che intercorre tra l'istante d'inoltro di una unità di informazione su di un terminale del sistema e l'istante di rilascio di tale unità di informazione sul terminale di destinazione.

Il ritardo di transito è:

- dell'ordine delle decine di microsecondi nelle *reti locali*;
- dell'ordine di un centinaio di microsecondi nelle *reti metropolitane*;
- dell'ordine di qualche millisecondo nelle *reti geografiche*;

- **Tasso d'errore,** è valor medio del rapporto tra la quantità di informazioni ricevuta in modo errato da un terminale del sottosistema e la quantità d'informazione trasmesso a quel terminale in un certo periodo di tempo.

Il tasso d'errore delle reti locali, come in quello delle reti metropolitane è così basso da poter essere trascurato, mentre nelle reti geografiche non può essere trascurato.

Topologia e modalità di trasmissione dati nelle reti di calcolatori

La topologia è una scienza che studia la forma geometrica degli oggetti e si occupa delle reti come insieme di nodi congiunti tra loro da archi. I nodi rappresentano i dispositivi di comunicazione e gli archi rappresentano linee di interconnessione.

➤ Topologia delle reti locali:

- **bus:** un'unica linea alla quale sono connessi tutti i nodi detti stazioni di lavoro. In questa topologia di reti locali quando una stazione trasmette il segnale questo viene ricevuto da tutte le altre;
- **stella:** tutte le linee sono collegate ad un unico nodo centrale detto centro della stella. In questa topologia di reti locali la stazione centrale ritrasmette il segnale proveniente da ogni stazione verso tutte le altre stazioni, con l'evidente conseguenza che un guasto al nodo centrale metterebbe fuori uso tutta la rete;
- **anello:** un'unica linea di forma circolare sulla quale si collegano le varie stazioni. In questa topologia di reti locali ogni stazione trasmette il segnale alla successiva, ed un guasto ad una qualsiasi delle stazioni comporta un malfunzionamento ad area della rete. L'anello è composto dallo stesso numero di ripetitori e di linee unidirezionali

Tutte queste modalità di trasmissione sono dette broadcast e soffrono di un problema, se due o più stazioni di lavoro trasmettono contemporaneamente i segnali si sovrappongono.

➤ Topologia delle reti metropolitane:

- Distubuted
 - Queue
 - Dual
 - Bus
- } dqdb

La modalità di trasmissione in queste reti è simile al broadcast ma non ci sono problemi di collisioni e inoltre realizzare una rete di questo tipo è poco costoso.

➤ Topologia delle reti geografiche:

- **ad albero:** un nodo chiamato radice è collegato a figli o foglie in una struttura ad albero;
- **a ciclo:** i vari nodi sono collegati a due a due in modo da formare un circuito chiuso;
- **a maglia:** non esiste una regola per il collegamento dei nodi, ma può essere completa, se ogni nodo è direttamente collegato a tutti gli altri nodi, o incompleta in caso contrario;

Le relazioni tra i nodi e le linee sono:

- albero: $l = n - 1$
- ciclo: $l = n$
- maglia completa: $l = [n(n-1)]/2$
- maglia incompleta: $n < l < [n(n-1)]/2$

Modalità di trasmissione dei segnali nelle reti geografiche

- A commutazione di circuito: viene stabilito un circuito elettrico che collega direttamente la sorgente del segnale con la destinazione (es. linea telefonica). Il costo di una comunicazione tra due utenti è direttamente proporzionale alla durata di tale comunicazione, e il ritardo di transito è proporzionale alla lunghezza del circuito con $\Delta T = L/V_{el}$ detto maximum transfer unit.
- A commutazione di messaggio: ciascun nodo intermedio lungo il percorso dalla sorgente alla destinazione legge completamente tutto il messaggio proveniente dal nodo precedente e lo trasmette al nodo successivo. Il costo di una comunicazione tra due utenti dipende dalla quantità di informazioni scambiata e il ritardo di transito è proporzionale alla lunghezza del messaggio con $\Delta T = (L/V_{el}) * n$
- A commutazione di pacchetto: ogni messaggio viene suddiviso in un certo numero di pacchetti, ciascuno dei quali ha una lunghezza massima prestabilita. $Mtu \leq 10.000$ bit con $\Delta T = (mtu/V_{tr}) * n$.

ISO – Organizzazione di standardizzazione internazionale

I membri dell'ISO sono le organizzazioni di standardizzazione di tutti i paesi del mondo.

Membri dell'ISO:

- ANSI (USA)
- UNI (Italia)
- DNI (Germania)

Il compito dell'ISO è quello di emanare gli standard a livello internazionale, come ad esempio lo standard **ISO 7498** o **Modello di riferimento per l'interconnessione di sistemi aperti**, dove per **sistemi aperti** si intende qualsiasi sistema per l'elaborazione automatica dell'informazione la cui architettura sia conforme a questo standard.

La conformità a questo standard è quindi la condizione necessaria per interconnettere un sistema ad una rete.

L'architettura logica di una rete di calcolatori è a strati. Tutte le funzioni che hanno a che fare con la comunicazione tra i calcolatori di una rete vengono suddivise in 7 livelli di astrazione.

(es. l'invio di un bit su di una linea è una funzione di comunicazione elementare, mentre l'invio di un messaggio di posta elettronica è una funzione di comunicazione complessa).

Lo standard ISO 7498 ha emanato inoltre tali definizioni per quanto riguarda l'architettura logica di una rete di calcolatori:

- **Un'entità** è un qualsiasi componente di tipo hardware o software che svolge una parte o un'intera funzione di comunicazione tra i calcolatori di una rete.
- **Un sottosistema** di un sistema aperto è l'insieme di tutte le entità di un sistema che svolgono funzioni di comunicazione dello stesso livello di astrazione. Ogni sistema aperto è diviso quindi in 7 sottosistemi.
- **Uno strato** di una rete di calcolatori è l'insieme di tutte le entità di tutti i sistemi di una rete che svolgono funzioni dello stesso livello di astrazione.

Due strati adiacenti sono separati tra loro da **un'interfaccia**, che è la definizione dei servizi che uno strato fornisce ai propri utenti.

Per **servizio di comunicazione** si intende una funzione di comunicazione che uno strato svolge per conto dei propri utenti.

Per svolgere certi servizi le entità di uno strato cooperano tra loro comunicando. La comunicazione tra entità di uno stesso strato ma di sistemi differenti avviene attraverso il **protocollo di comunicazione**, cioè attraverso l'insieme delle regole che due o più entità pari (entità di uno stesso strato ma di sistemi diversi) utilizzano per comunicare tra loro.

Uno strato può utilizzare diversi protocolli di comunicazione, questi sono classificati in base alle entità dello strato che le utilizza.

Caratteristiche dei protocolli:

STRATO	LIVELLO
1°	Fisico
2°	Collegamento
3°	Rete
4°	Trasporto
5°	Sessione
6°	Presentazione
7°	Applicazione

L'accesso ai servizi di comunicazione forniti da uno strato di una rete di elaboratori avviene attraverso particolari punti d'accesso chiamati SAP (Service Access Point).

I **SAP** sono oggetti che appartengono all'interfaccia di uno strato e che possiedono un indirizzo che permette agli utenti dello strato di farvi riferimento.

Tutte le richieste di servizio degli utenti vengono inviate a questi SAP, e tra queste troviamo anche le **primitive di servizio** cioè le operazioni di servizio di livello più elementare che uno strato fornisce ai propri utenti.

Esistono 4 categorie di primitive:

- **Le Richieste:** cioè primitive di servizio che un utente invia allo strato per richiedere un servizio particolare, come ad esempio la richiesta d'inoltro di un messaggio;
- **Le Indicazioni:** cioè primitive di servizio che uno strato invia ai propri utenti per segnalare il verificarsi di un particolare evento, come ad esempio l'indicazione dell'arrivo di un messaggio;
- **Le Risposte:** cioè primitive di servizio che un utente invia allo strato in seguito alle indicazioni di quest'ultimo, come ad esempio la risposta di accettazione;
- **Le Conferme:** cioè primitive di servizio che uno strato invia ai propri utenti per confermare il completamento di un servizio richiesto in precedenza, come ad esempio la conferma di rilascio;

Tipi di servizi di comunicazione

I servizi di comunicazione si dividono in:

- **Non orientanti alla connessione**, cioè servizi che non fanno uso delle connessioni:
 - **Con conferma:** se ad ogni risposta è associata una conferma;
 - **Senza conferma:** se dopo ogni richiesta viene effettuata solo un'indicazione;
- **Orientati alla connessione**, cioè servizi che fanno uso delle connessioni:
 - **Affidabili:** se tutti i messaggi inoltrati sulla connessione vengono rilasciati dalla destinazione senza alcuna alterazione, perdita, duplicazione o scambio dell'ordine, delle informazioni contenute;
 - **Non affidabili:** in tutti gli altri casi;

Una connessione è un'associazione, tra 2 o più punti di accesso ai servizi di uno strato, tale che i messaggi inviati su uno dei SAP della connessione vengono rilasciati da tutti gli altri SAP. Questi SAP vengono anche detti terminali.

Le connessioni possono essere:

- **punto a punto:** se possiedono al massimo due terminali;
- **multipunto:** se possiedono più di due terminali;
- **affidabili:** se fanno uso di servizi affidabili;
- **non affidabili:** se fanno uso di servizi non affidabili;
- **unidirezionali:** quando un terminale può solo inoltrare messaggi e l'altro può solo rilasciarli;
- **bidirezionali:** quando ogni terminale può sia inoltrare che rilasciare messaggi;
 - **bidirezionali alternate:** consentono l'inoltro delle informazioni in entrambi i versi ma alternativamente;
 - **bidirezionali simultanee:** consentono l'inoltro delle informazioni in entrambi i versi anche contemporaneamente;

Funzioni svolte dai 7 strati del modello di riferimento

Principali funzioni svolte dallo strato fisico:

- attivare, mantenere e disattivare le connessioni fisiche;
- codificare le informazioni da inoltrare in segnali da trasmettere e decodificare i segnali ricevuti in informazioni da rilasciare;
- trasmettere i segnali sul mezzo fisico e ricevere i segnali dal mezzo fisico
- delimitare l'inizio e la fine della trasmissione del segnale che rappresenta ciascuna unità d'informazione.

Le unità d'informazione rilasciate o inoltrate in questo strato sono i singoli bit o comunque un numero limitato di bit.

Ricorda che le connessioni fisiche non possono mai essere affidabili infatti correggere gli errori è compito delle entità dello strato di collegamento.

Principali funzioni svolte dallo strato di collegamento:

- rilevare ed eventualmente correggere gli errori di trasmissione;
- controllare il flusso delle informazioni sulle connessioni fisiche, per evitare che vengano inviate più informazioni di quante ne possano essere ricevute;
- controllare l'accesso alle connessioni fisiche, per evitare che 2 stazioni trasmettano sullo stesso mezzo fisico;
- delimitare l'inizio e la fine di ogni unità d'informazione, cioè di ogni sequenza di bit di lunghezza variabile detta frame;

Principali funzioni svolte dallo strato di rete:

- *Instradare le unità d'informazione inoltrate nella rete verso le loro destinazioni:*
questa funzione viene svolta dai nodi intermedi lungo il cammino che porta dal nodo sorgente al nodo di destinazione, che leggono l'indirizzo di destinazione e decidono verso quale altro nodo ritrasmettere il messaggio.
- *Controllare la congestione dei nodi della rete:*
cioè controllare che i nodi siano in grado di ritrasmettere tutti i messaggi ricevuti.
- *Interconnettere tra loro reti eterogenee:*
cioè far comunicare tra loro reti con topologia, protocolli di comunicazione, schemi d'indirizzamento e MTU differenti;

Le unità d'informazione rilasciate o inoltrate in questo strato sono dette pacchetti.

Principali funzioni svolte dallo strato di trasporto:

- Rilavare e correggere gli errori di comunicazione degli strati inferiori;
- Controllare il flusso delle informazioni;
- Segmentare e rilasciare i messaggi;

Le unità d'informazione rilasciate o inoltrate in questo strato sono dette segmenti

Principali funzioni svolte dallo strato di sessione :

Le funzioni superiori allo strato di trasporto sono orientate alle problematiche degli utenti della rete mentre precedentemente erano orientate ai problemi della rete stessa.

- *Controllo del dialogo:*
consiste nel regolare l'utilizzo di ogni connessione di sessione tra 2 o più utenti in modo che un solo utente alla volta possa inoltrare dei messaggi;
- *Sincronizzazione del dialogo:*
consiste nello stabilire dei punti di sincronizzazione tra gli utenti di una connessione durante il suo utilizzo, in modo tale che se la connessione viene interrotta accidentalmente prima della fine della comunicazione questa non debba ricominciare dall'inizio ma dall'ultimo punto di sincronizzazione.

Principali funzioni svolte dallo strato di presentazione:

- *Compressione e decompressione dei dati:*
diminuisce i bit delle informazioni riducendo la congestione della rete e aumentando la velocità;
- *Cifratura e decifratura dei messaggi:*
rende i messaggi incomprensibili a terzi
- *Conversione dei formati/codici di rappresentazione delle informazioni:*
trasforma il codice o il formato di rappresentazione di un'informazione;

Principali funzioni svolte dallo strato di applicazione :

Sono i servizi offerti agli utenti finali

- Trasferimento di file (FTP);
- Posta elettronica (SMTP);
- Accesso a sistemi remoti (TELNET);
- Consultazione di pagine web (HTTP);

I processi delle applicazioni distribuite si dividono in:

- Processi client che interagiscono direttamente con gli utenti di una rete e inoltrano le loro richieste ai processi server
- Processi server che svolgono i servizi richiesti ed inviano le relative risposte;

I Segnali

Il bit è la più piccola unità d'informazione.

I segnali sono forme di energia che rappresentano informazioni e che si propagano dalla sorgente alla destinazione su di un particolare mezzo fisico.

La codifica del segnale è l'operazione che trasferisce le informazioni su un segnale, così come la **decodifica del segnale** è l'operazione che estrae dai segnali le informazioni.

I segnali sono classificati secondo due criteri:

- in base alla loro **natura fisica**, è cioè secondo il tipo di energia di cui sono costituiti;
La natura di un segnale può essere di 3 tipi e ad ogni tipo di energia corrisponde un particolare tipo di mezzo fisico;
 - **elettrica** che utilizza i fili elettrici;
 - **ottica** o luminosa che utilizza le fibre ottiche;
 - **elettromagnetica** che utilizza lo spazio vuoto;
- in base alla loro **forma**;
 - **analogici**, segnali le cui caratteristiche possono variare in qualsiasi istante di tempo;
 - **digitali**, segnali le cui caratteristiche variano solo in alcuni istanti di tempo;

I segnali di natura elettrica possono essere sia analogici che digitali, quelli di natura luminosa possono essere solo di tipo digitale, mentre quelli elettromagnetici solo di tipo analogici.

Se il mezzo fisico non è adatto alla trasmissione di segnali digitali è necessario un dispositivo, chiamato modulatore, che trasforma i segnali digitali in analogici.

Tecniche di modulazione dei segnali digitali

La modulazione è un metodo utilizzato per trasferire l'informazione contenuta in un segnale digitale su di un segnale analogico.

Il modulatore ha un ingresso nel quale entra un segnale periodico sinusoidale chiamato portante, e un ingresso per un segnale digitale detto segnale modulante.

L'uscita del modulatore è ovviamente un segnale analogico detto segnale modulato.

Formula di un segnale generico

$$V(t) = V * \text{sen}(2\pi f t + \varphi)$$

Dove: V è l'ampiezza del segnale, f è la frequenza e φ la fase;

Esistono 3 tecniche per modulare il segnale portante, ognuna delle quali varia uno dei 3 parametri sopra citati.

Modulazione ASK		Modulazione FSK		Modulazione PSK	
Bit	V	Bit	f	Bit	j
0	0	0	f	0	φ
1	V	1	2f	1	$\varphi + \pi$

Nelle modulazione ASK e FSK non è facile determinare l'inizio e la fine della trasmissione di ciascun bit, per questo la modulazione PSK la più utilizzata tra le 3.

Per raggiungere però maggiori prestazioni e maggiori velocità di trasferimento si utilizzano però della varianti delle tipologia citate in precedenza come la 4PSK, la 8PSK e la QAM.

La modulazione 4PSK modula l'onda portante con 4 diverse fasi così che ogni variazione di fase dell'onda portante può rappresentare 2 bit per ogni periodo di cifra.

Bit	fase
00	$\varphi + \pi/4$
01	$\varphi + 3/4\pi$
10	$\varphi + 5/4\pi$
11	$\varphi + 7/4\pi$

La modulazione 8PSK modula l'onda portante con 8 diverse fasi così che ogni variazione di fase dell'onda portante può rappresentare 3 bit per ogni periodo di cifra.

Bit	D fase (fase-j)
000	0
001	$\pi/4$
010	$2/4\pi$
011	$3/4\pi$
100	$4/4\pi$
101	$5/4\pi$
110	$6/4\pi$
111	$7/4\pi$

Nella modulazione QAM ogni combinazione delle 2 ampiezze per le 8 fasi rappresenta 4 bit per ogni periodo di cifra;

Bit	fase
000	0
001	$\pi/4$
010	$2/4\pi$
011	$3/4\pi$
100	$4/4\pi$
101	$5/4\pi$
110	$3/2\pi$
111	$7/4\pi$

Tecniche di codifica dei segnali

La Codifica TTL si divide in:

- TTL + che associa al bit 0 un segnale di livello basso e al bit 1 un segnale alto per ogni periodo di cifra;
- TTL – che associa al bit 0 un segnale di livello alto e al bit 1 un segnale basso per ogni periodo di cifra;
- NRZL che associa al bit 0 un segnale di -12Volt e al bit 1 +12Volt per ogni periodo di cifra; (es. RS232 seriale);

Nella codifica TTL non è possibile delimitare l'inizio e la fine del segnale che rappresenta ciascun bit d'informazione. Per risolvere questo problema si ricorre ad un'ulteriore linea che trasmette il segnale di sincronizzazione.

Il periodo che intercorre tra l'inizio e la fine del segnale che rappresenta un'unità d'informazione è detto periodo di cifra (TB).

$$T_B = 1/V_{tr}$$

Viene definita rapidità di modulazione (V_r) il reciproco del periodo di cifra ossia il numero di variazioni del segnale nell'unità di tempo.

$$V_{tr} = n * V_r \text{ dove } n \text{ è il numero di bit di ogni unità di informazione.}$$

Visto che durante la trasmissione si possono verificare errori di sincronismo, e quindi i segnali possono arrivare sfasati, si può aumentare il periodo di cifra diminuendo la velocità di trasferimento o diminuire la distanza tra i terminali, che solitamente è di qualche metro.

La codifica Manchester si divide in:

- Manchester + nella quale il segnale commuta da livello basso a livello alto se il bit vale 1 e viceversa;
- Manchester – nella quale il segnale commuta da livello basso a livello alto se il bit vale 0 e viceversa;

In questo tipo di codifica non vi è il bisogno di un segnale di sincronizzazione in quanto il segnale commuta al centro di ogni periodo di cifra. Per sincronizzare il segnale i primi bit inviati devono alternarsi.

Mezzi Fisici

Cavi Conduttori

I cavi a fili conduttori sono normalmente composti da una guaina protettiva esterna all'interno della quale scorre una o più coppie di fili conduttori elettrici.

In un filo della coppia passa il segnale d'andata, mentre sull'altro passa il segnale di ritorno uguale ed opposto al precedente.

Esistono 2 tipi di cavi a fili conduttori:

- **a coppie simmetriche**, nei quali i fili conduttori di ogni coppia sono intrecciati tra loro in modo simmetrico. La simmetria tra i fili permette di eliminare i disturbi provenienti dall'esterno per mezzo di un fenomeno fisico detto cancellazione. Questo tipo di cavi possono essere utilizzati per trasferire segnali analogici ma anche segnali digitali e possono trasferire qualche milione di bps per qualche km;
- **a coppie coassiali**, nei quali ogni coppia è composta da un filo conduttore centrale avvolto da una maglia di fili conduttori intrecciati tra loro. In questo tipo di cavi possono essere trasferiti solo segnali analogici di qualche miliardo di bit per secondo per non più di qualche km.

Fibre Ottiche

Se la velocità di trasferimento dei cavi conduttori risulta per i nostri scopi un limite si può ricorrere all'installazione di alcuni ripetitori lungo tutto il percorso, oppure si possono utilizzare le fibre ottiche.

Le fibre ottiche consentono di raggiungere velocità di trasferimento dell'ordine dei Terabit per secondo per decine e decine di chilometri grazie alla bassissima attenuazione e alla loro quasi totale immunità ai disturbi esterni.

Come già accennato in precedenza il segnale che viaggia lungo le fibre ottiche è di tipo luminoso, vediamo ora però come e secondo quali leggi fisiche.

Le fibre ottiche sono costituite da un filo di materiale vetroso, detto nucleo, del diametro di qualche decina di micron. Il nucleo è immerso in altro materiale vetroso, detto mantello, che però ha densità minore rispetto al nucleo e un diametro di qualche centinaio di micron.

Definiamo densità di un materiale il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità di propagazione di un'onda elettromagnetica nel materiale preso in esame.

Il mantello è a sua volta avvolto da una guaina protettiva, solitamente di teflon, con spessore molto maggiore rispetto al diametro del mantello.

Ma come fanno i segnali luminosi a viaggiare in un cavo che non è perfettamente dritto?

Tale fenomeno è permesso in quanto le fibre ottiche si basano sul principio di Snell, secondo il quale i segnali luminosi, vincolati da alcune condizioni, possono essere trasmessi in cavi non perfettamente lineari.

Vediamo dunque ora il principio di Snell.

Principio di Snell

Supponiamo di avere due materiali trasparenti (n_1 e n_2) con diversa densità separati da una superficie piana. Se un raggio luminoso proveniente da uno dei due materiali colpisce la superficie di separazione, tale raggio viene in parte riflesso, con un angolo uguale all'angolo di incidenza cioè l'angolo formato dal raggio incidente con la retta normale della superficie di separazione, e in parte rifratto, cioè prosegue all'interno dell'altro materiale con un angolo di rifrazione legato all'angolo d'incidenza con la seguente relazione: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

dove α è l'angolo d'incidenza e β è l'angolo di rifrazione

n_1 è la densità del nucleo

n_2 è la densità del mantello

Ma per un particolare valore di β , precisamente $\pi/2$, allora $\alpha = \arcsin n_2/n_1$ e il raggio incidente viene solo riflesso.

Si verifica quindi un particolare fenomeno fisico noto come “riflessione totale” per il quale il raggio incidente viene solo riflesso.

Definiamo a questo punto anche “l’angolo critico” come il più piccolo angolo d’incidenza per il quale non vi è alcuna rifrazione.

Vi è quindi il bisogno di trasmettere i segnali luminosi all’interno delle fibre ottiche con un angolo maggiore di $\pi/2$ in modo da ottenere la completa riflessione del segnale, e ciò è reso possibile da particolari dispositivi detti dispositivi critici.

Gli impulsi inviati da tali dispositivi sono impulsi infrarossi in quanto questo tipo di impulsi ha un’attenuazione minima.

Tali dispositivi inoltre oltre ad essere molto costosi provocano una perdita del 20% del segnale e per questo si cerca di non spezzare ripetutamente il cavo.

Il fenomeno della dispersione

Le fibre ottiche sono soggette ad un problema che limita la velocità di trasferimento, il fenomeno della dispersione.

Abbiamo già detto che gli impulsi vengono inviati sulle fibre ottiche sotto forma di raggi luminosi, ma poiché tali raggi viaggiano alla stessa velocità avendo angoli d’incidenza differenti, la lunghezza del percorso di ogni raggio è differente e perciò arriveranno a destinazione in tempi differenti.

A causa di questo l’impulso ricevuto avrà un’ampiezza minore rispetto all’impulso trasmesso ma una durata nel tempo maggiore.

Tutto ciò mette un limite alla quantità di impulsi che possono essere inviati e quindi alla velocità di trasferimento dei dati.

Si può però ridurre il fenomeno della dispersione riducendo il diametro del nucleo che implica anche la riduzione della differenza di lunghezza del percorso tra i vari raggi luminosi.

In particolare utilizzando un nucleo con diametro inferiore ai 10 micron un solo raggio luminoso può penetrare al suo interno facendo sì che l’impulso ricevuto abbia la stessa forma dell’impulso inviato.

Questo tipo di fibre ottiche, con nucleo di diametro inferiore a 10 micron, è detto monomodali.

Le fibre ottiche possono dunque essere:

- **monomodali**, che permettono la trasmissione di 50.000 Gigabit/sec per qualche km avendo nucleo < 10 micron
- **multimodali**, che permettono la trasmissione di qualche Gigabit/sec per qualche km avendo nucleo > 10 micron

Tecniche d'accesso al mezzo fisico

Quando due o più sistemi digitali condividono lo stesso mezzo fisico di trasmissione nasce il problema di controllare l'accesso a tale risorsa comune per evitare che più sistemi possano trasmettere un segnale contemporaneamente.

Esistono due tipi di tecniche per accedere al mezzo fisico:

- **deterministiche:** disciplinano l'accesso in modo che in ogni istante una sola stazione sia abilitata a trasmettere eliminando il rischio di una collisione.
- **probabilistiche:** non pongono alcun vincolo alle stazioni sull'istante in cui una stazione può trasmettere e quindi non eliminano il rischio delle collisioni.

La tecnica del Token Passing Ring (tecnica deterministica)

Questa tecnica viene utilizzata su reti di tipo ad Anello e si basa sull'utilizzo dei token.

Viene detto token una precisa sequenza di bit che circola continuamente nella rete e che viene utilizzata per capire quale stazione può trasmettere in un certo istante.

Esistono due tipi di token, quello libero che indica che la rete è libera e permette alle altre stazioni di trasmettere, e quello occupato, che altro non è che il token libero con l'ultimo bit cambiato, che indica che sta venendo trasmessa un'informazione nella rete.

Il token libero viene sfalsato di un periodo di cifra ad ogni stazione che attraversa e quando una stazione vuole trasmettere varia l'ultimo bit del token e trasmette l'informazione.

I dati trasmessi dalle stazioni (frame) sono formati da un'instestazione, che comprende il token occupato e la destinazione, da un corpo che contiene il messaggio da trasmettere, e da una coda che dice se il messaggio è stato ricevuto dalla destinazione.

La tecnica del Token Passing Bus (tecnica deterministica)

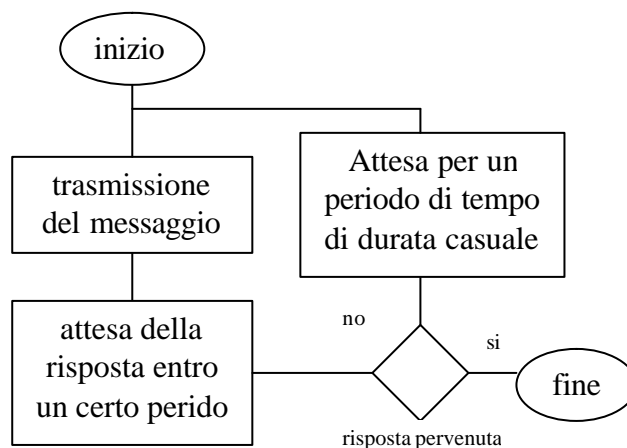
Questa tecnica viene utilizzata su reti di tipo bus ed il suo funzionamento è analogo a quello del Token Passing Ring infatti anche se l'ordinamento fisico è bus la rete cerca di costruire un ordinamento logico ad anello.

Tecnica Aloha (tecnica probabilistica)

La tecnica Aloha fu sviluppata all'inizio degli anni 70 per collegare tra loro i calcolatori dei vari dipartimenti delle università delle isole Hawaii utilizzando le onde elettromagnetiche.

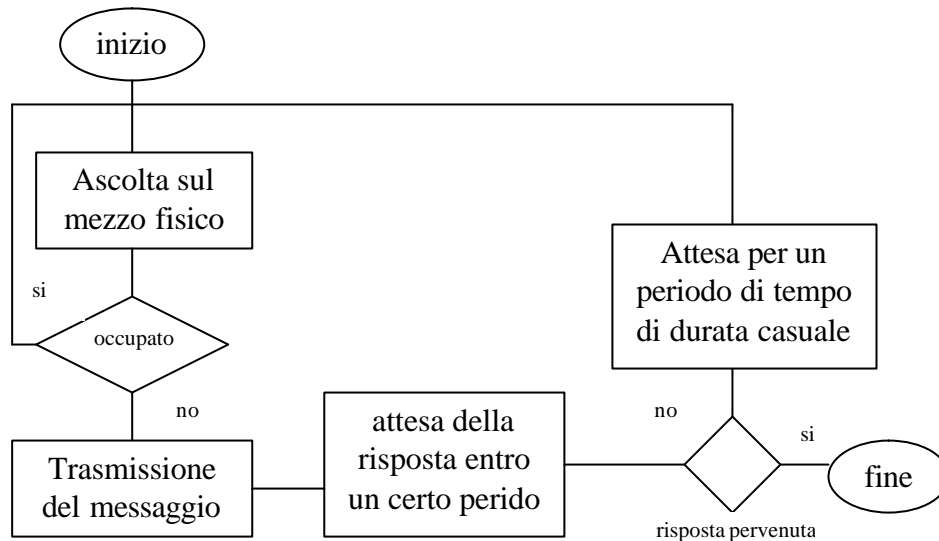
In questa tecnica di trasmissione ogni stazione della rete quando deve trasmettere un messaggio lo trasmette senza attendere nessun permesso e poi si mette in attesa di un messaggio di risposta di avvenuta ricezione da parte della destinazione entro un certo periodo di tempo.

Se entro questo periodo non arriva nessuna risposta il messaggio dovrà essere ritrasmesso.



Tecnica CSMA (carriere sense multiple access) (tecnica probabilistica)

Analoga alla tecnica Aloha aggiunge un controllo prima che la stazione cominci a trasmettere. La stazione che deve trasmettere infatti inizialmente ascolta se sul mezzo fisico è già in trasmissione qualcosa.



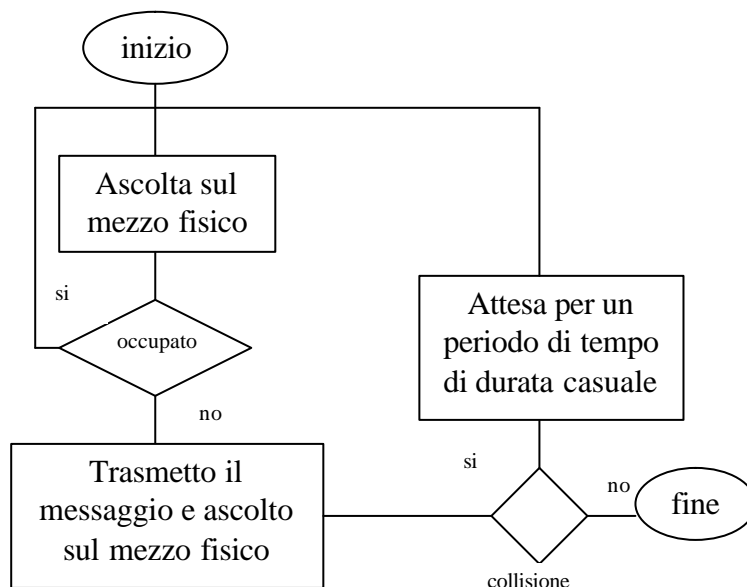
Questa illustrata è la tecnica CSMA persistente.

Di questa tecnica ne esiste una variante chiamata CSMA non persistente che aggiunge un attesa casuale dopo il test sul mezzo fisico in caso di risultato affermativo.

Tecnica CSMA/CD (carriere sense multiple access collision detection)

Una collisione può essere rilevata se durante la trasmissione una stazione ascolta il segnale presente sul mezzo fisico e lo confronta con quello trasmesso. Se i due segnali differiscono si è verificata una collisione quindi si può interrompere la trasmissione senza attendere la risposta che per altro non sarebbe mai arrivata.

Questa tecnica può però essere utilizzata solo con alcuni mezzi fisici, i cavi elettrici e le fibre ottiche, in quanto quando si lavora con le onde elettromagnetiche è difficile confrontare i messaggi per rilevare le collisioni.



Le radiazioni elettromagnetiche

Le radiazioni elettromagnetiche si propagano nel vuoto alla velocità della luce e sono una combinazione tra un campo elettrico ed un campo magnetico che variano nel tempo con la stessa frequenza.

La distanza tra 2 picchi successivi del campo elettrico e del campo magnetico è detta lunghezza d'onda (?) ed è costante.

La lunghezza d'onda è uguale allo spazio percorso dall'onda elettromagnetica in un periodo:

$$\lambda = v_{\text{luce}} * T = v_{\text{luce}}/f$$

$$v_{\text{luce}} = 300.000 \text{ km/sec}$$

Le onde elettromagnetiche sono classificate in base alla loro lunghezza d'onda o alla loro frequenza.

Tipi di onde elettromagnetiche:

- Onde radio $3 \text{ KHz} = f < 300 \text{ Mhz}$
- Micro onde $300 \text{ Mhz} = f < 300 \text{ Ghz}$
- Raggi infrarossi $0,8 \mu\text{m} = \lambda < 1 \text{ mm}$
- Luce visibile $0,4 \mu\text{m} = \lambda < 0,8 \mu\text{m}$
- Raggi ultravioletti $10 \text{ nm} = \lambda < 0,4 \mu\text{m}$
- Raggi X $0,1 \text{ nm} = \lambda < 10 \text{ nm}$
- Raggi γ $\lambda = 0,1 \text{ nm}$

Round Trip Time (RTT)

Definiamo ora un altro parametro caratteristico delle reti di calcolatori, il Round Trip Time.

Il round trip time è un parametro caratteristico delle reti ed il suo valore è il doppio del massimo ritardo di transito tra due stazioni qualsiasi di una rete locale.

Esso determina inoltre la lunghezza minima dei messaggi per la tecnica di accesso al mezzo fisico CSMA-CD.

$$RTT = 2 * \text{Max}(\Delta T)$$

Poiché il tempo minimo per l'inoltro del messaggio deve essere almeno il doppio del ritardo di transito, e quindi sicuramente maggiore di RTT possiamo scrivere che:

$$T_m > 2\Delta T \quad ? \quad T_m > RTT$$

Ma poiché il tempo minimo d'inoltro di un messaggio è uguale al rapporto tra la lunghezza del messaggio e la velocità di trasferimento possiamo determinare facilmente la lunghezza del messaggio.

$$T_m = L_m/V_{tr} \quad ? \quad L_m/V_{tr} > RTT \quad ? \quad L_m > RTT * V_{tr}$$

Ma vediamo un esempio che ci aiuti a comprendere meglio le formule esposte sopra:

Es.

Data una rete locale che utilizza come tecnica di accesso al mezzo fisico la CSMA/CD lunga 5000m con una velocità di trasferimento di 10Mbit, determinare la lunghezza del messaggio.

Sapendo che il ritardo di transito è il rapporto tra la lunghezza della rete e la velocità di propagazione, che è di $200 * 10^6$ m/sec, possiamo inizialmente calcolare l'RTT.

$$\Delta T = L_{bus}/V_{pr} = 5000 / (200*10^6) = 25*10^{-6} \quad RTT=2\Delta T=50 \mu\text{sec}$$

$$L_m > RTT * V_{tr} = 500\text{bit}$$

Lo standard IEEE802

L'IEEE, o institute of electrical and electronic engineers, è un'organizzazione americana, facente parte dell'ISO, che si occupa dei problemi di standardizzazione nei campi dell'elettronica.

Lo standard IEEE802 definisce l'architettura fisica e logica delle reti locali e metropolitane in modo conforme al modello di riferimento per l'interconnessione dei sistemi aperti.

Lo standard IEEE802 è diviso in più parti.

Qui sotto sono riportate alcune suddivisioni dello standard IEEE802 con la relativa spiegazione.

Parte1: gestisce e interconnette le reti lan o man (costituisce la parte bassa dello strato di rete)

Parte2: definisce un particolare strato o protocollo (Logical Link Control) (costituisce la parte superiore dello strato di collegamento)

Parte3: si occupa dello strato fisico e MAC (Medium Access Control) di tutte le reti lan che utilizzano come tecnica d'accesso la CSMA/CD

Parte4: si occupa dello strato fisico e MAC (Medium Access Control [parte bassa dello strato di collegamento]) di tutte le reti lan che utilizzano come tecnica d'accesso la Token Passing Bus

Parte5: si occupa dello strato fisico e MAC (Medium Access Control) di tutte le reti lan che utilizzano come tecnica d'accesso la Token Passing Ring

Parte6: si occupa dello strato fisico e MAC (Medium Access Control) di tutte le reti man che utilizzano come tecnica d'accesso la Distributed Queue Dual Bus

Parte11: si occupa dello strato fisico e MAC (Medium Access Control) di tutte le reti wlan che utilizzano come tecnica d'accesso la CSMA/CA

Ad ogni specifica è associata una particolare sigla.

La prima parte della sigla indica la velocità di trasferimento dei dati in Mbps, che può essere 1/10/100/1000

La seconda parte indica il tipo di segnale trasmesso sul mezzo fisico, che può essere Base o Broad cioè digitale o analogico.

L'ultima parte della sigla indica o la lunghezza massima del mezzo fisico in centinaia di metri, o il tipo di mezzo fisico. Questa parte della sigla può essere 2/5/T/F, dove T indica i cavi a coppie simmetriche e la F le fibre ottiche.

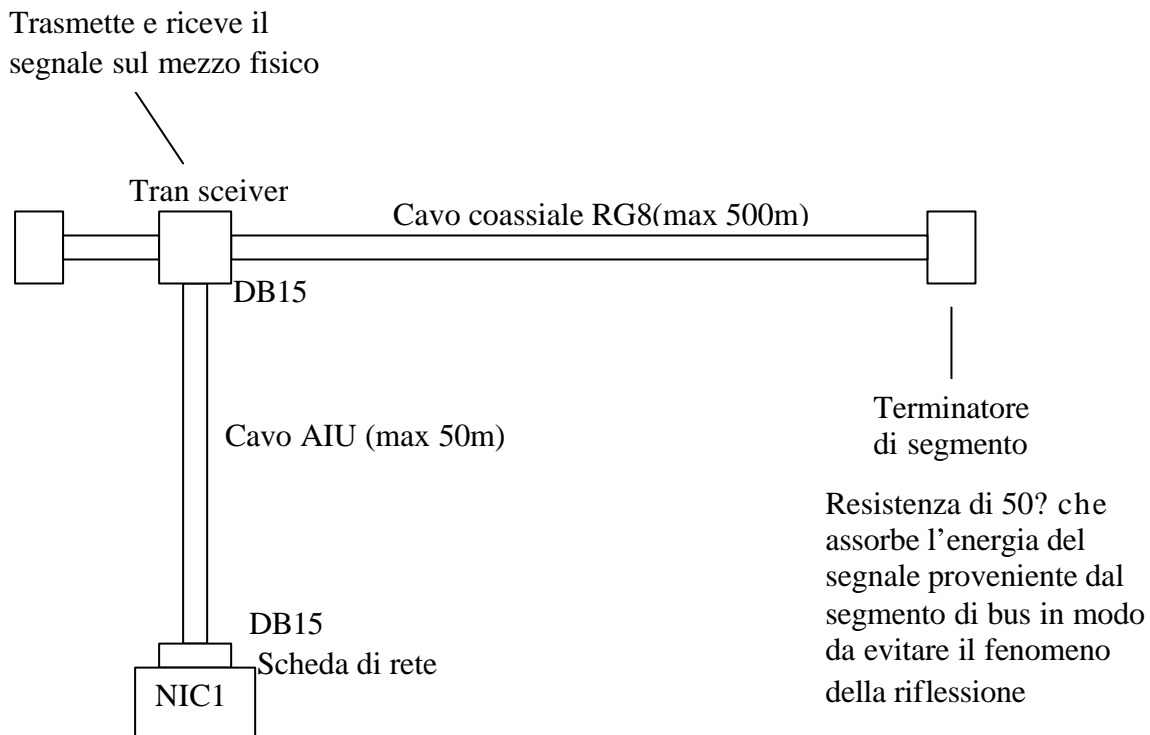
Le specifiche a 10Mbps:

SPECIFICA	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
Mezzo Fisico	Coax RG8	Coax RG58	U.T.P CAT.3**
Impedenza	50?	50?	100?
Diametro	1 cm	0,5cm	3-4mm
Lunghezza Max	500m	200m	100m
Topologia	Bus a 100 stazioni*	Bus a 30 stazioni	Stella a 2 stazioni
Codifica	Manchester +	Manchester +	Manchester +
Connettore	DB15	BNC	RJ45
Sinonimi	Thick Ethernet	Thin Ethernet	

*per bus a n stazioni si intende un segmento di bus con al massimo n stazioni

**nel cavo UTP CAT3 una coppia del cavo viene utilizzata per la ricezione mentre l'altra per la trasmissione

Il cablaggio di una rete locale secondo la specifica 10BASE5



Se due stazioni distano tra loro più di 600m possono essere collegate alla rete locale attraverso dei ripetitori, dispositivi che possiedono almeno 2 porte e che ritrasmettono il segnale ricevuto da una porta su tutte le altre (hub).

Attraverso l'utilizzo dei ripetitori si possono dunque collegare più segmenti di bus a patto che sia rispettato il seguente vincolo:

$$RTT < L_m/V_{tr} = 512\text{Bit}/10\text{Mbps} = 51,2 \mu\text{sec}$$

Affinché tale vincolo sia rispettato, e che possano quindi essere rilevate tutte le collisioni, nelle rete con specifica a 10Mbps deve essere rispettata la regola 5-4-3 dove:

- 5 è il numero massimo di segmenti di bus tra 2 stazioni
- 4 è il numero massimo di ripetitori tra due stazioni
- 3 è il numero massimo di segmenti tra due stazioni a cui si possono collegare le stazioni della rete

Specifiche a 100Mbps e a 1000Mbps

SPECIFICA	100BASE-T4	100BASE-TX	1000BASE-T
Mezzo Fisico	U.T.P CAT.3 *	U.T.P Cat.5	U.T.P CAT.5
Impedenza	100? ; 4 coppie	100? ; 4 coppie simmetriche	100? ; 4 coppie simmetriche
Vel Modulazione	25MBaud **	125MBaud	125MBaud
Lunghezza Max	100m	100m	100m
Topologia	Stella a 2 stazioni	Stella a 2 stazioni	Stella a 2 stazioni
Codifica	8B6T	MLT-3	PAM-5

* nel cavo UTP CAT3 a quattro coppie simmetriche vengono utilizzate 3 linee, di cui 2 bidirezionali per la trasmissione e 3 linee di cui due bidirezionali per la ricezione.

** i baud sono le variazioni che compie il segnale in un secondo

La codifica 8B6T è una codifica a tre livelli, positivo, negativo e nullo, utilizzata per poter trasmettere una maggiore quantità d'informazione a parità di velocità di modulazione.

Il nome delle codifica deriva dal fatto che 8 è il numero di bit e 6 sono il numero di variazioni del segnale a 3 livelli necessarie per trasmetterlo.

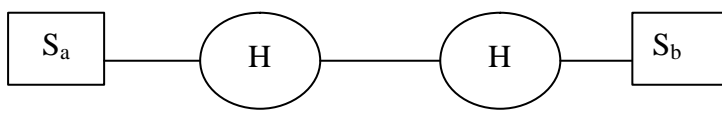
$$V_{tr} = n * V_{mod} \quad ? \quad n = (8/6)*3 = 4 \quad ? \quad V_{tr} = 4*25=100 \text{ Mbps nella } 100BASET4$$

Nelle reti a 100Mbps la lunghezza del cammino tra 2 stazioni qualsiasi non deve superare i 200m e tra le 2 stazioni non devono esserci più di 2 ripetitori o hub.

Nelle reti a 1Gbps la lunghezza del cammino tra due stazioni qualsiasi non deve superare i 200m e tra due stazioni non ci può essere più di un ripetitore o hub.

V_{tr}	RTT	Interfacce	Ripetitori e Hub
10 Mbps	51,2 μ sec	1 μ sec	2 μ sec
100 Mbps	5,12 μ sec	0,25 μ sec	0,5 μ sec
1000 Mbps	4,1 μ sec	0,25 μ sec	0,5 μ sec

Esercizio Svolto



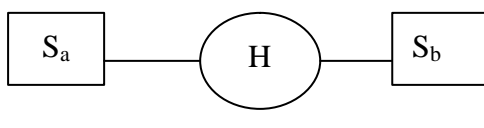
200m

Tempo di propagazione complessivo del segnale nella specifica a 100Mbps

$$\Delta T = (200m / 200*10^6 \text{ m/s}) + (2 * 0,25 \mu\text{sec}) + (2 * 0,5 \mu\text{sec}) = 2,5 \mu\text{sec}$$

$$RTT = 2 \Delta T = 2*2,5 = 5 \mu\text{sec}$$

Es2



200m

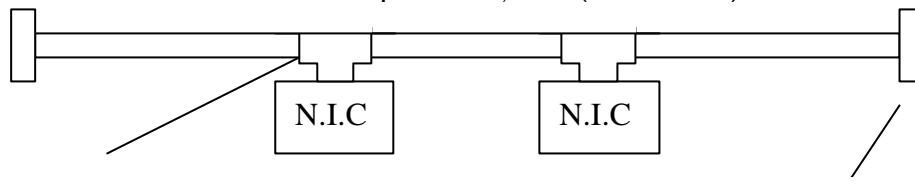
Tempo di propagazione complessivo del segnale nella specifica a 100Mbps

$$\Delta T = (200m / 200*10^6 \text{ m/s}) + 0,5 \mu\text{sec} + (2 * 0,25 \mu\text{sec}) = 2 \mu\text{sec}$$

$$RTT = 2 \Delta T = 2*2 = 4 \mu\text{sec}$$

Cablaggio di una rete 10BASE2

Coax RG-58 spessore 0,5 cm (200m Max)



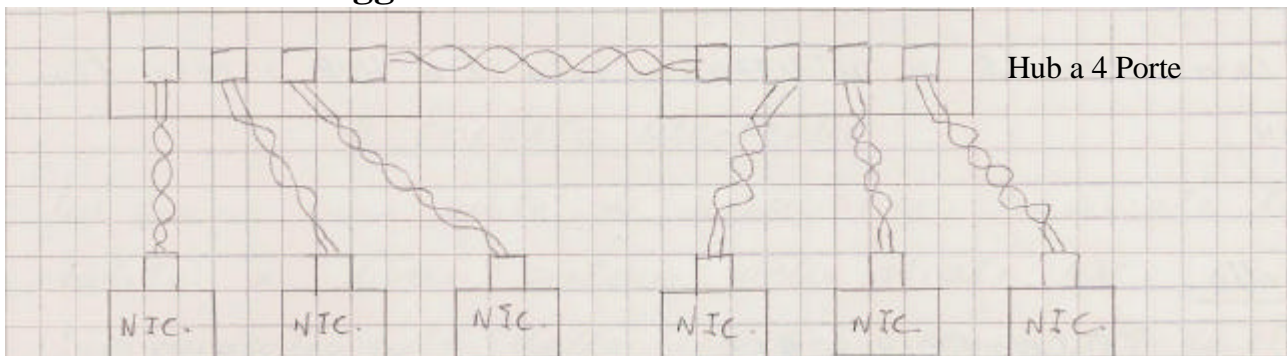
Connettore BNC AT

Connettore a 3 terminali
il primo dei quali si
collega alla scheda di
interfaccia di rete

Terminatore
di segmento

Resistenza di 50 Ω che
assorbe l'energia del
segnale proveniente dal
segnamento di bus in modo
da evitare il fenomeno
della riflessione

Cablaggio delle reti 10BASE-T e 100BASE-T

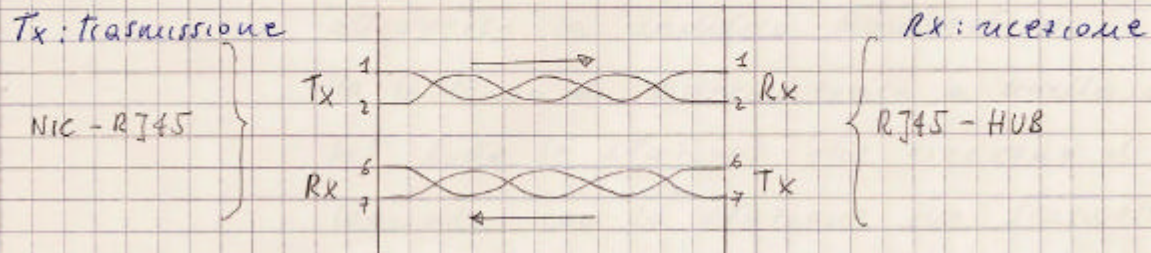


Il cavo utilizzato è cavo UTP3 che può avere una lunghezza massima di 100 metri.

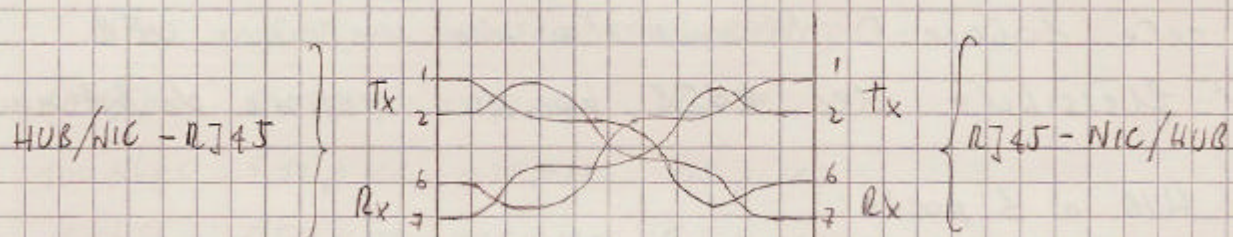
I cavi utilizzati in questo tipo di reti possono essere dritti o incrociati.

I cavi incrociati vengono utilizzati tra HUB e HUB o tra una stazione e un'altra stazione, mentre i cavi dritti vengono usati per collegare gli HUB alle Stazioni

Cavo dritto:



Cavo incrociato:



Lo standard IEEE802.3: il formato delle mac-frame

I frame sono unità d'informazione scambiate tra entità di diversi sistemi nello strato mac, e hanno tutti lo stesso formato indipendentemente dalla specifica.

Ogni mac-frame inizia con un campo di 7 byte (56bit) detto preambolo formato dalla sequenza
[10101010] * 7.

Con la sequenza sopra indicata otteniamo un'onda quadra con periodo T di 2 volte il periodo di cifra che ha lo scopo di sincronizzare a livello di bit tutte le stazioni.

$$T=2T_b \quad ? \quad f = T_b/2 \quad ? \quad f = V_{tr}/2$$

Dopo il preambolo segue un campo di 1 solo byte chiamato SFD o Start frame Delimiter che serve a delimitare l'inizio della frame e a sincronizzare tutte le stazioni a livello di collegamento.

$$[10101011]$$

Dopo l'SFD vi è un altro campo detto Destination Address lungo 2 o 6 byte che contiene l'indirizzo mac della stazione di destinazione.

Il campo Destination Address è seguito dal campo Source Address, anch'esso di 2 o 6 byte che contiene l'indirizzo mac della stazione sorgente.

In seguito troviamo il campo Type, di 2 byte, che specifica il tipo di protocollo utilizzato dallo strato superiore della rete.

Es.

$$IP = (800)_{16}$$

se $(type)_{10} = 1500$ allora il protocollo dello strato superiore è LLC (Logical Link Control)

La lunghezza del campo Type indica la lunghezza in byte del campo Dati che lo segue, e che può essere compresa tra 46 e 1500.

In caso la lunghezza del campo Data sia inferiore a 46 byte viene aggiunto un campo di riempimento detto PADDING.

In coda alla frame troviamo il Frame Check Sequence di 4 byte che viene utilizzato dalla stazione di destinazione per controllare la correttezza della frame.

L'FCS viene calcolato da un particolare algoritmo in base ai campi della frame a partire dal campo Destination Address, e viene confrontato con l'FCS calcolato dalla stazione di destinazione per controllare se si sono verificati errori di trasmissione

Gli indirizzi dello strato mac

Gli indirizzi dello strato mac si dividono in: indirizzi individuali, che rappresentano una sola stazione, e indirizzi di gruppo che rappresentano più di una stazione.

Questi poi si suddividono ulteriormente in:

Individuali:

- **Locali:** indirizzi assegnati dall'amministratore
- **Universali:** indirizzi assegnati dal produttore della scheda di rete e dall'IEEE

Di gruppo:

- **Multicast:** indirizzi che rappresentano un sottoinsieme delle stazioni di una LAN
- **Broadcast:** indirizzi che rappresentano tutte le stazioni di una LAN

Ogni stazione possiede almeno due indirizzi, quello individuale e quello di broadcast. Inoltre una stazione può appartenere a più sottoinsiemi della LAN e quindi può avere più indirizzi di multicast.

Le reti locali pongono dei limiti al numero massimo di stazioni di una rete, alla distanza massima tra queste e al traffico presente sul mezzo fisico.

Per superare tali limiti si usano particolari dispositivi di interconnessione come per esempio i bridge o gli switch.

I bridge vengono utilizzati inoltre quando:

- le stazioni delle 2 reti sono troppo distanti tra loro
- nelle reti vengono utilizzate tipologie di specifiche diverse
- vogliamo collegare reti che fanno uso di differenti tecniche d'accesso al mezzo fisico
- si vuole ridurre il traffico dei messaggi che circolano su una rete locale suddividendola in 2 o più domini di collisione
- il numero di collisioni rendono impossibile la comunicazione (si suddivide in più domini)

I Bridge

I bridge sono computer dedicati usati per collegare tra loro coppie di reti locali. A ciascuna porta del bridge è possibile collegare una rete locale.

Inoltre mediante l'utilizzo dei bridge si può suddividere una rete in un certo numero di domini di collisione.

Per dominio di collisione si intende l'insieme delle stazioni che ricevono lo stesso segnale trasmesso sul mezzo fisico.

I bridge effettuano un'elaborazione su tutti i dati che ricevono, esaminando l'indirizzo mac di destinazione di ogni frame ricevuta e se tale indirizzo corrisponde a quello di una stazione che appartiene allo stesso dominio di collisione della stazione sorgente allora la frame viene ignorata, in caso contrario invece la frame viene trasmessa verso gli altri domini di collisione.

Gli switch

Gli switch invece sono dei microcomputer dedicati che funzionano come i bridge ma possiedono più di 2 porte, ed è quindi possibile collegare ad uno switch più domini di collisione.

Gli switch funzionano come un commutatori elettronici e visto il loro modesto costo vengono utilizzati anche al posto degli hub avendo anche l'enorme vantaggio di considerare ogni stazione un dominio di collisione impedendo così le collisioni.

I Servizi di Telecomunicazione

I servizi di telecomunicazione fanno uso di due tipi di linee di trasmissione dati, le linee commutate e le linee dedicate.

Le linee commutate sono canali di comunicazione temporanei che vengono creati su richiesta e distrutti al termine della comunicazione. In questo tipo di linee il costo della comunicazione dipende dalla sua durata e dalla distanza tra gli interlocutori.

Le linee dedicate invece sono linee permanenti e rimangono quindi a disposizione degli utenti che ne hanno fatto richiesta anche quando questi non la utilizzano. Il costo della comunicazione in questo tipo di servizi è proporzionale alla capacità della linea e alla distanza tra i due utenti.

Servizi di telecomunicazione su linee commutate

Le linee commutate per la trasmissione dei dati si suddividono in:

- PSTN o Public Switch Telephone Network cioè il servizio telefonico tradizionale;
- ISDN o Integrated Services Digital Network
- ADSL o Asymmetric Digital Subscriber line (asimmetrica perchè la velocità di trasferimento dei dati in trasmissione e ricezione sono diverse tra loro)

Per trasmettere dati sulle linee commutate vi è bisogno di un modem.

PSTN ? $V_{tr} = 56$ Kbps in ricezione e 48 Kbps in trasmissione

ISDN ? $V_{tr} = 128$ Kbps in ricezione e 128 Kbps in trasmissione

ADSL ? $V_{tr} = 8$ Mbps in ricezione e 800 Kbps in trasmissione

Servizi di telecomunicazione su linee dedicate

I collegamenti su linee dedicati si suddividono in:

- *Collegamenti diretti analogici (CDA)*
normali linee telefoniche tra due utenti utilizzate sia per la trasmissione vocale che per la trasmissione di dati a 30 Kbps Max
- *Collegamenti diretti numerici (CDN)*
canali digitali per la trasmissione dei dati ad altra velocità (2048 Kbps Max)

Per la trasmissione dei dati sulle linee di comunicazione è necessario l'uso di particolari modulatori.

Il DTE o Data Terminal Equipment, che può essere un computer o una LAN, è collegato al DCE o Data Communication Equipment che può essere un modem a banda traslata nel caso in cui la il collegamento sia di tipo CDA, o un codificatore e decodificatore di segnale, chiamato modem in banda base, nel caso in cui il collegamento sia di tipo CDN.



L'interfaccia tra il DTE e il DCE può essere di due tipi:

- Conforme alla specifica ITU-T v.28 con $V_{tr} = 20$ Kbps
- Conforme alla specifica ITU-T v.35 con $V_{tr} > 20$ Kbps

I CDA o i CDN possono inoltre essere punto a punto, cioè tra soli 2 terminali, o multipunto cioè tra più di due terminali.

Inoltre i collegamenti diretti numerici possono collegare più di due sistemi d'elaborazione in modo da formare una rete geografica.

La tecnologia ADSL

La tecnologia adsl sfrutta la normale linea telefonica per trasferire dati ad alta velocità.

Il segnale vocale ha un frequenza compresa tra i 300Hz e i 3400Hz.

Il circuito locale, ossia quella parte di circuito che va dall'utente alla centrale telefonica urbana e che termina con il doppino telefonico, cioè una coppia di fili intrecciati, ha una frequenza di banda che va da 0Hz a 1Mhz.

Come notiamo la frequenza di banda del doppino telefonico è maggiore rispetto a quella utilizzata per il segnale vocale. La tecnologia adsl permette semplicemente di sfruttare tutta la banda del doppino aggiungendo al segnale vocale un segnale dati a frequenze superiori, precisamente da 25Khz a 1,1Mhz.

E' quindi necessario avere a casa un filtro che separi le frequenze inferiori ai 24Khz da quelle superiori, allo stesso modo in cui lo splitter della centrale manda il segnale vocale al PSTN e i dati alla rete ATM.

Il teorema di Shannon ci viene in aiuto per spiegare i vantaggi che si hanno utilizzando tutta la banda del doppino telefonico.

Poiche:

$$C = B * \text{Log}_2 (1+\text{SNR})$$

dove: C è la capacità

B la banda

SNR il rapporto tra

segnale e rumore (1000)

La linea PSTN ha una larghezza di banda di 3100Hz (B=3400-300)

Quindi: $C = 3100 * 10\text{bps} = 31\text{Kps}$

La linea locale invece ha una banda di 1Mhz

Quindi: $C = 10^6 * 10\text{bps} = 10\text{Mbps}$

Inoltre secondo la modulazione DMT o Discrete Multi Tone, la banda viene suddivisa in 256 sottobande, ognuna delle quali è quindi di 4Khz.

Le prime 6 di queste sottobande sono dedicate al segnale vocale, le successive 32 sono dedicate all'upstream e le restanti sono dedicate al flusso di downstream con modulazione QAM.

Le Reti Geografiche

Le reti geografiche si estendono su di un'area teoricamente illimitata, ma anche le reti locali, attraverso l'utilizzo di bridge o switch possono teoricamente estendersi su di un'area illimitata.

La differenza tra questi due tipi di reti sta quindi in un altro fattore, la scalabilità. In una rete geografica infatti è sempre possibile aggiungere nuove stazioni, mentre questo non è vero nelle reti locali, che non sono scalabili.

Le reti geografiche possono essere di 2 tipi:

- **Private:** reti possedute da grandi organizzazioni private che le utilizzano per collegare tra loro i calcolatori delle proprie sedi e delle proprie filiali, e che non possono essere usate da persone esterne.

Un esempio di architettura di rete privata è l' SNA (System Network architecture) sviluppata da IBM per collegare in rete i propri mainframe computer o collegarli a terminali remoti.

- **Pubbliche:** reti messe a disposizione degli utenti qualsiasi dai concessionari dei servizi pubblici di telecomunicazione.

Uno standard che definisce l'architettura delle reti pubbliche è l' ITU-T X.25 utilizzata nelle reti geografiche a commutazione di pacchetto e che definisce solo l'interfaccia tra host e router.

Le reti geografiche sono composte da un certo numero di nodi e di linee che interconnettono coppie di nodi. I nodi della rete possono essere di due tipi, host o router. Gli indirizzi degli host sono codici binari divisi in 2 campi dove il primo identifica il router a cui l'host è collegato, mentre il secondo identifica un particolare host tra tutti gli host collegati al router.

Le linee dedicate possono essere prese in affitto dal proprietario della rete poiché solitamente sono di proprietà dei concessionari di servizi di telecomunicazione.

I Router di una rete geografica

I router di una rete geografica sono dei computer dedicati all'instradamento dei pacchetti che dispongono di un certo numero di interfacce di comunicazione che si dividono in:

- Interfacce di comunicazione tra router e host
- Interfacce di comunicazione tra router e router

Le interfacce di comunicazione tra host e router sono a bassa velocità di trasferimento (RS232 Vel 128Kbp) poiché l'host e il router si trovano nella stessa località.

Le interfacce di comunicazione tra router e router invece sono ad alta velocità (ITU-T V.35 Vel 2048Kbps).

I Router sono computer dedicati che leggono tutti i pacchetti provenienti dalle interfacce esaminandone l'indirizzo dell'host di destinazione per decidere verso quale altra interfaccia ritrasmettere il pacchetto.

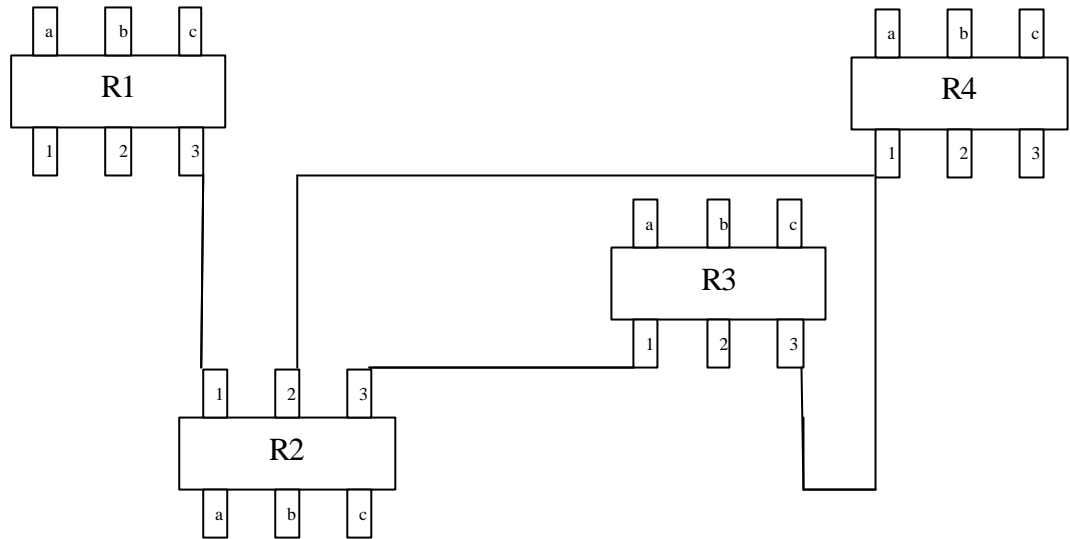
Se l'interfaccia di destinazione è occupata il pacchetto verrà accodato nella coda dell'interfaccia.

I router decidono dove instradare i pacchetti attraverso particolari tabelle dette tabelle d'instradamento che contengono tanti elementi quanti sono i router della rete.

Ogni riga di queste tabelle è formata da 2 campi, la prima indica il router di destinazione, mentre la seconda il router successivo, ossia il prossimo router del cammino tra l'host sorgente e l'host di destinazione.

Rd	Rs
1	-
2	2
3	2
4	2

Rd	Rs
1	2
2	2
3	3
4	-

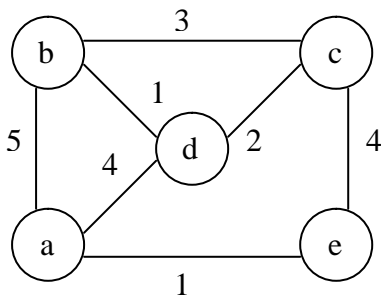


Rd	Rs
1	1
2	-
3	3
4	4

Rd	Rs
1	2
2	2
3	-
4	4

Le tabelle d'instadamento possono anche essere calcolate in maniera automatica attraverso particolari algoritmi.

Es.



cammino	costo
ABC	8
ADC	6
AEC	5
ABCD	8
ADBC	8

Notiamo come il percorso più conveniente in termini di costo e quindi anche di ritardo di transito per andare dall'host all'host c è quello AEC.

Interrete

Un interrete è una rete di sistemi di elaborazione i cui elementi sono a loro volta delle reti di sistemi di elaborazione. Esse sono collegate per mezzo di linee di interconnessione di particolari dispositivi detti GATEWAY.

I Gateway sono sistemi digitali che interconnettono tra loro reti di calcolatori instradando pacchetti tra reti geografiche. (strato di rete)

Lo strato di rete si divide in uno strato di basso livello detto sottorete (router) e uno strato di alto livello detto interrete (gateway).

L'architettura logica della maggior parte delle interreti è di solito conforme al modello di riferimento di internet.

Modello di riferimento di Internet

Il modello di riferimento di internet ha un architettura di tipo stratificato.

Stato	Funzioni corrispondenti al modello OSI
Reti fisiche	Strato fisico – strato di collegamento - sotto strato di sottorete
Interfaccia con reti fisiche	Interfaccia le entità dello strato inferiore con quelle degli strati superiori in modo da nascondere a tutte le differenze che ci sono tra i vari tipi di reti fisiche agli strati superiori. Non corrisponde ad alcuno strato del modello OSI, piuttosto all'interfaccia del sottostrato di interrete.
Interrete	Corrisponde e svolge le funzioni del sottostrato di interrete dello strato di rete del modello OSI
Trasporto	Corrisponde e svolge le funzioni dello stato di trasporto del modello OSI
Applicazioni	E' composto dalle varie applicazioni distribuite agli utenti e corrisponde agli strati di sessione, di presentazione e di applicazione del modello OSI.

L'ISOC è un'organizzazione internazionale che si occupa di promulgare tutti gli standard relativi al modello di riferimento di internet.

La più importante interrete conforme al modello di riferimento di internet è Internet. Esistono delle interreti distinte da internet e conformi allo stesso modello, come per esempio gran parte delle reti o interreti private.

Mentre il modello ISO-OSI non definisce un protocollo, il modello di riferimento di internet definisce i protocolli standard utilizzabili da ciascuno strato tranne per lo strato delle reti fisiche.

Stato
Applicazione
Trasporto
Interrete
Interfaccia con le reti fisiche
Reti fisiche

Nello stato delle reti fisiche può venir utilizzato qualsiasi protocollo, in questo modo un'interrete può essere realizzata con reti fisiche di qualsiasi tipo.

Lo scopo principale di un'interrete è quello di permettere a ciascun host di ciascuna rete fisica di comunicare con gli altri host delle altre reti fisiche, indipendentemente da essa.

Per raggiungere tale obiettivo il secondo strato deve nascondere appunto agli strati superiori tutte le differenze tra le varie reti fisiche, come gli indirizzi delle stazioni delle reti fisiche.

Infatti in una rete fisica ogni stazione possiede un indirizzo fisico, e tale indirizzo può variare notevolmente tra tipi differenti di reti fisiche.

Questo crea un problema di comunicazione e per risolvere tale problema nel modello di riferimento di internet si fa quindi uso di un formato per gli indirizzi completamente diverso da quello utilizzato da ciascuna rete fisica.

Nel modello di riferimento di internet ad ogni host, accanto all'indirizzo fisico, vi è un altro indirizzo, quello di internet, detto anche indirizzo IP.

Il formato dell'indirizzo IP è lo stesso per tutti gli host ed è definito in modo standard per tutte le interreti.

La trasformazione degli indirizzi fisici in indirizzi internet viene svolta appunto dallo strato di interfaccia con le reti fisiche, mentre l'indirizzo IP viene definito dal protocollo IP dello strato di interrete.

Ogni indirizzo IP è un codice binario di 32 cifre suddiviso in 2 parti:

- Un prefisso, che identifica una particolare rete fisica;
- Un suffisso, che rappresenta un particolare host della rete fisica identificata dal prefisso.

Gli indirizzi IP sono divisi in 5 classi: A, B, C, D, E.

Le prime tre classi rappresentano indirizzi di host di una interrete e sono dette classi primarie.

Gli indirizzi di classe D identificano invece gruppi di host e sono quindi indirizzi di multicast.

Gli indirizzi di classe E non identificano ne un host ne gruppi di host e sono riservati per usi futuri.

Classi

Nella classe A il primo bit è 0 e il prefisso va dal bit 1 al bit 7.

Nella classe B i primi due bit valgono 10 e il prefisso va dal bit 2 al bit 15.

Nella classe C i primi tre bit valgono 110 e il prefisso va dal bit 3 al bit 23.

Nella classe D i primi quattro bit valgono 1110 e il resto dei bit identificano indirizzi di multicast.

Nella classe E i primi quattro bit valgono 1111 e il resto dei bit sono riservati per usi futuri.

Le reti fisiche con piccole dimensioni utilizzeranno indirizzi IP di classe C in quanto basta un suffisso più piccolo per rappresentare tutti gli host (2^8 bit rappresentano gli host possibili).

Classe	Num Max Reti	Num Max Host
A	2^7	2^{24}
B	2^{14}	2^{16}
C	2^{21}	2^8

Gli indirizzi IP a 32 cifre binarie si possono rappresentare attraverso la notazione decimale mediante 4 cifre decimali di valore compreso tra 0 e 255.

W.X.Y.Z

Ogni cifra decimale rappresenta i bit dell'IP in decimale, e per verificare la classe di un indirizzo IP basta esaminare i primi 3 bit e quindi nella notazione decimale puntata la prima cifra decimale a sinistra.

Classe	V_{\min}	V_{\max}
A	0	127
B	128	191
C	192	223
D	224	239
E	240	255

Le combinazioni totali delle varie classi sono 3,5G ma non tutte sono utilizzabili, infatti alcune sono riservate a scopi particolari.

Gli indirizzi IP riservati

Tra gli IP riservati vi sono tutti quegli IP nei quali il suffisso o il prefisso è uguale alla combinazione con tutti i bit a 0 o tutti a 1.

Prefisso	Suffisso	Tipo di indirizzo	Descrizione
00...0	00...0	Questo host	Indica l'host da cui si lavora
xx...x	00...0	Di rete	Non rappresenta nessun host ma intere reti fisiche
xx...x	11...1	Di broadcast orientato	Fa riferimento a tutti gli host della rete fisica individuata dal prefisso
11...1	11...1	Di broadcast limitato	Fa riferimento a tutti gli host della stessa rete fisica dell'host sorgente
11...1	xx...x	Di loopback	Rappresenta come host di destinazione l'host sorgente.

Alcuni indirizzi IP anche se non sono riservati non possono essere usati poiché sono privati.

Tali indirizzi IP non vengono elaborati dai gateway o dai router perché rappresentano host di interreti private. Questi indirizzi non possono circolare in internet ma solo all'interno delle reti internet private.

Gli indirizzi IP privati vengono assegnati dall'amministratore della rete, mentre quelli pubblici vengono assegnati in parte dall'ICANN (prefisso) e in parte dall'amministratore che ne decide il suffisso.

Per evitare che alcuni indirizzi IP privati coincidano con indirizzi IP pubblici alcune combinazioni sono riservate.

Classe	da	a	Totale ip
A	10.0.0.0	10.255.255.255	255^3
B	172.16.0.0	172.31.255.255	$255^2 * 16$
C	192.168.0.0	192.168.255.255	255^2

Traduzione degli indirizzi IP in indirizzi fisici

Lo strato di interfaccia con le reti fisiche svolge anche il compito di tradurre gli indirizzi IP di un host in indirizzi fisici e viceversa.

Tale traduzione viene detta risoluzione dell'indirizzo ed esistono 3 tecniche per effettuarla.

La prima tecnica prevede l'utilizzo di **tabelle di risoluzione** ed è adatta ad ogni tipo di rete fisica rendendo gli indirizzi IP indipendenti da quelli fisici, ma il cambio di indirizzo di un host si ripercuote su tutti gli altri host della rete fisica in quanto ogni host deve possedere una propria tabella di risoluzione degli indirizzi.

La seconda tecnica fa uso di **formule matematiche** risolvendo gli indirizzi in un tempo trascurabile ma ha come contro che gli indirizzi fisici dipendono dagli indirizzi IP. Usando una formula matematica per trasformare l'IP nel suo corrispondente indirizzo fisico (mac) se cambia l'indirizzo IP deve cambiare anche quello fisico, cosa che non è possibile in tutte le reti come ad esempio quelle ethernet.

La terza tecnica fa invece uso di un particolare **protocollo di risoluzione degli indirizzi**, il protocollo ARP o Address Resolution Protocol.

Questo protocollo standard è adattabile ad ogni tipo di rete fisica che consente la trasmissione di messaggi in modalità broadcast (reti ethernet).

Per essere trasmesso su una rete di tipo ethernet ogni messaggio del protocollo ARP deve essere incapsulato in una macframe con il campo type impostato al valore esadecimale (806).

Il protocollo ARP prevede due tipi di messaggi, le richieste e le risposte.

Le richieste sono messaggi, trasmessi sulla rete fisica in modalità broadcast, che contengono un indirizzo IP di cui è richiesta la risoluzione nel corrispondente indirizzo fisico.

Le risposte sono messaggi che contengono l'indirizzo fisico corrispondente ad un indirizzo IP di cui è stata richiesta la risoluzione.

Tutti gli host della stessa rete fisica ricevono un messaggio di richiesta, ma solo quello che si riconosce nell'indirizzo IP contenuto nella richiesta invia al mittente un messaggio di risposta in modalità unicast con il proprio indirizzo fisico.

Una volta richiesto il risultato della risoluzione non viene usato una sola volta ma viene memorizzato in una tabella detta tabella ARP che viene controllata ogni volta prima di inviare una richiesta.

Lo Strato di interrete

Lo stato di interrete fornisce un servizio di comunicazione di tipo non orientato alla connessione, senza conferma e non affidabile.

Per questo ogni unità d'informazione inoltrata da una sorgente può essere persa, duplicata, rilasciata fuori ordine o alterata alla destinazione. Rimane dunque compito degli utenti effettuare tutti i controlli che ritengono necessari visto che lo strato di interrete è di tipo primitivo e svolge la stessa funzione dello strato fisico.

Per fornire tale servizio le entità dello strato di interrete comunicano tra loro facendo uso del protocollo IP.

Il protocollo IP e il protocollo ICMP sono gli unici protocolli standard utilizzati nello strato di interrete.

Il protocollo IP è utilizzato per il trasferimento delle unità d'informazione mentre quello ICMP è usato per il trasferimento di messaggi informativi o di errore tra le entità dello stato di interrete.

Le unità d'informazione del protocollo IP sono dette datagrammi.

I Datagrammi IP

Ogni datagramma, e cioè ogni unità d'informazione del protocollo IP, viaggia incapsulato all'interno di una frame.

Quando un datagramma attraversa più reti fisiche questo viene re-incapsulato ad ogni rete fisica, cioè tutti i datagrammi ricevuti da ogni rete fisica vengono estratti dalla frame e incapsulati in un'altra frame di formato conforme al protocollo di rete utilizzato nella rete fisica successiva.

I datagrammi sono formati da 2 campi principali: l'intestazione e il campo dati.

Il formato del campo dati dipende dal protocollo utilizzato nello strato superiore, ossia in quello di trasporto, mentre quello dell'intestazione è definito dal protocollo IP.

La lunghezza massima di un datagramma è di $2^{16}-1=65535$ byte

La lunghezza del campo intestazione è compresa tra 20 e 60 byte. I primi 20 byte sono obbligatori mentre i successivi 40 byte possono contenere campi opzionali.

0	3	4	7	8	15	16	31
VER	HL	ST	TOTAL LENGHT				
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENTS OFFSET			
TTL		P	HC				
Source IP Adress							
Destination IP Adress							

Ver o Version = questo campo rappresenta il numero di versione del protocollo IP a cui il datagramma è conforme;

HL o Header Length = questo campo specifica la lunghezza dell'intestazione del datagramma espressa in multipli di 32 bit;

ST o Service Type = questo campo è usato per specificare il tipo di servizio richiesto dal datagramma a ciascun gateway;

All'interno del service type vi sono vari bit:

- il bit di Delay che vale 1 se viene richiesto il minor ritardo possibile;
- il bit di Reliability che vale 1 se viene richiesta un'elevata affidabilità;
- il campo di Throughput che vale 1 se viene richiesta un'elevata velocità di trasferimento;

Total Length = questo campo contiene la lunghezza totale del datagramma espressa in byte.

Vi è però l'eventualità che l'MTU, o Max Transfer Unit, di una rete fisica sia minore della lunghezza di un datagramma. In questo caso o il datagramma viene scartato o viene frammentato e quindi diviso in un certo numero di frammenti di dimensione minore o uguale all'MTU della rete fisica.

A questo punto si presenta il problema di capire se un datagramma è frammentato o meno, inoltre bisogna capire a quale datagramma i frammenti fanno riferimento. Per fare ciò si fa riferimento ai successivi campi dell'intestazione.

Identification = questo campo contiene il codice di identificazione di ogni datagramma trasmesso da un'host;

I frammenti di uno stesso datagramma hanno lo stesso campo Identification ma per capire se si è ricevuto un frammento o un intero datagramma bisogna analizzare il campo Flags.

Flags = questo campo è composto da 3 bit il primo dei quali non viene utilizzato, il secondo è chiamato Don't Fragment e indica che il datagramma non è frammentato se è impostato a 1, mentre il terzo bit è chiamato More Fragments e indica che si è ricevuto un frammento se vale 1.

L'ultimo frammento di un frame ha ovviamente entrambi questi bit impostati a 0.

Fragments Offset = questo campo contiene la posizione del frammento nel campo dati del datagramma originario espressa in multipli di 8 byte.

TTL o Time to Live = questo campo contiene il numero binario di valore compreso tra 0 e 255 che rappresenta il massimo numero di reti fisiche che il datagramma può attraversare prima di arrivare a destinazione. Tale campo è utilizzato per evitare che per via di errori d'instradamento il datagramma rimanga intrappolato nell'interrete saturandola.

Protocol = questo campo contiene un codice che identifica il protocollo utilizzato nello strato superiore e definisce il formato del campo dati.

Es. il codice 1 corrisponde al protocollo ICMP
 il codice 6 corrisponde al protocollo UDP
 il codice 17 corrisponde al protocollo TCP

Header Checksum = questo campo contiene un codice di controllo della correttezza dell'intestazione del datagramma IP. Questo codice viene calcolato dall'host sorgente in funzione dei valori di tutti gli altri campi dell'intestazione e il suo contenuto viene ricalcolato da ogni gateway che riceve il datagramma per il confronto. Tale campo viene inoltre ricalcolato e aggiornato ad ogni variazione degli altri campi come per esempio quello TL, TTL o F.

Source IP Address = questo campo contiene l'indirizzo IP dell'host sorgente.

Destination IP Address = questo campo contiene l'indirizzo IP dell'host di destinazione.

Esercizio Svolto

Supponiamo di avere un datagramma con il campo HL impostato a 5 ossia 20 byte e il campo TL a 5000 byte.

Tale datagramma deve attraversare delle reti fisiche con un MTU di 1500 byte.

Quanto devono valere i campo TL, F e Fragment Offset di ciascun frammento.

La lunghezza del datagramma è, come scritto precedentemente, di 5000 byte. Poiché 20 byte sono riservati necessariamente all'intestazione il campo dati di tale datagramma è di 4980 byte.

Dividendo ora 4980 per 1500-20 byte, poiché l'MTU rappresenta la lunghezza massima di un datagramma al quale va tolta la lunghezza dell'intestazione, otteniamo che necessitiamo di 4 frammenti.

Il resto di tale divisione ($4980/1480=3,3$) è di 540 ($0,3*1480=540$) quindi useremo 3 datagrammi con TL impostato a 1500 e un datagramma con TL impostato a 560, poiché a 1480 e a 540 è da aggiungere la lunghezza dell'intestazione e cioè 20 byte.

Frammenti	Total Length	Flags	Fragment Offset
Primo frammento	1500	X01	0
Secondo Frammento	1500	X01	1480/8
Terzo Frammento	1500	X01	2960/8
Quarto Frammento	560	X00	4440/8

La funzione d'instradamento dei gateway

Una delle funzioni più importanti dello strato di interrete è quella di instradare le unità d'informazione lungo il percorso dall'host sorgente all'host di destinazione.

Tale funzione è svolta dai gateway che cooperando tra loro instradano ogni datagramma ricevuto verso la sua destinazione.

Ogni gateway invia i datagrammi ricevuti al prossimo gateway, nel percorso tra host sorgente e host di destinazione, attraverso la rete fisica intermedia.

Ogni gateway per determinare l'indirizzo IP del gateway successivo utilizza una particolare tabella detta tabella d'instradamento.

Le tabelle d'instradamento dei gateway

Ogni tabella d'instradamento è composta da una certa coppia di elementi per ogni rete fisica di un'interrete.

Il primo elemento della coppia rappresenta la rete fisica a cui appartiene l'host di destinazione, mentre il secondo elemento rappresenta il gateway successivo al quale il datagramma deve essere inoltrato.

Entrambi i campi sopra citati contengono quindi degli indirizzi IP.

Quando un gateway riceve un datagramma applica l'algoritmo d'instradamento:

1. estrae dal datagramma ricevuto l'indirizzo fisico dell'host di destinazione (HD)
2. calcola l'indirizzo IP della rete fisica di destinazione (RD)

Classe A	$RD = HD \text{ AND } (FF000000)_{16}$
Classe B	$RD = HD \text{ AND } (FFFF0000)_{16}$
Classe C	$RD = HD \text{ AND } (FFFFFF00)_{16}$
3. verifica se esso è connesso direttamente alla rete fisica di destinazione (RD)
nel caso in cui la condizione sia soddisfatta invia il datagramma all'host di destinazione (HD) attraverso la rete fisica di destinazione;
altrimenti esamina la tabella d'instradamento alla ricerca della rete fisica di destinazione per inviare il datagramma al gateway successivo.

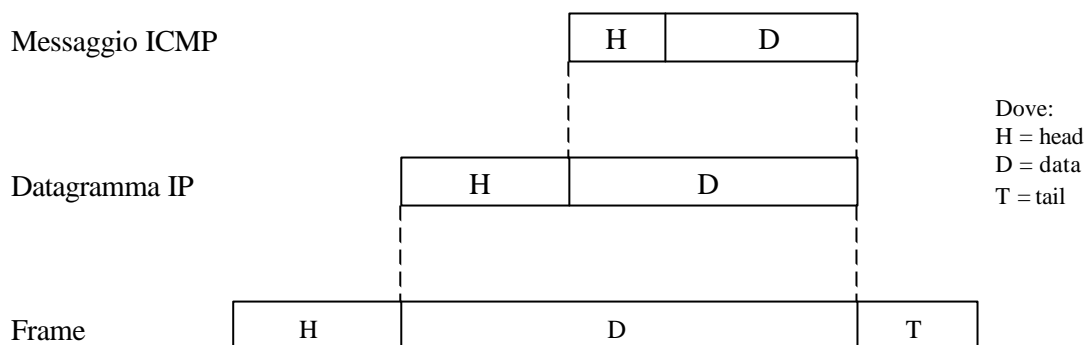
Poiché la tabella d'instradamento non sempre può contenere tutti gli IP delle reti fisiche dell'interrete, il datagramma viene inviato al gateway di default, e cioè a quel gateway a cui vengono inviati tutti i datagrammi quando un gateway non sa a chi inoltrare un datagramma.

Il protocollo ICMP

Internet Control Message Protocol

Il protocollo ICMP è utilizzato nello strato di interrete per lo scambio di messaggi informativi o di errore tra gli host e i gateway.

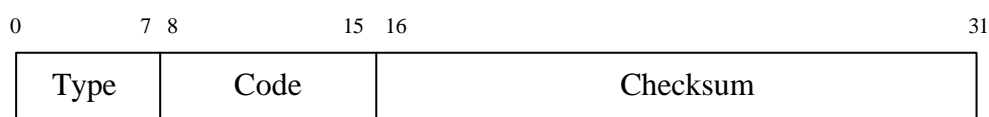
Ogni messaggio ICMP viene trasportato all'interno del campo dati di un datagramma IP.



I messaggi ICMP sono composti, come i datagrammi, da due campi: l'intestazione e il campo dati. I messaggi ICMP vengono solitamente generati da un errore d'instradamento di un datagramma che è stato scartato. Tali messaggi sono quindi diretti all'host sorgente del datagramma e contengono nel campo dati l'intestazione e i primi 64 bit del campo dati del datagramma scartato.

Questa tecnica permette all'host sorgente del datagramma scartato di capire per quale motivo il datagramma da lui inoltrato è stato scartato.

L'intestazione dei messaggi ICMP è lunga 32 bit e ha il seguente formato:



Il campo **Type** specifica il tipo del messaggio ICMP, il campo **Code** specifica il sottotipo del messaggio ICMP, mentre il campo **Checksum** contiene un codice di controllo della correttezza del messaggio ICMP permettendo all'host di destinazione di confrontarlo con quello da lui calcolato.

Ricordiamo in fine che per evitare la proliferazione di messaggi ICMP nessun messaggio ICMP può essere generato in seguito ad un errore rilevato su di un altro messaggio ICMP.

Le categorie di messaggi ICMP

Esistono due tipi di messaggi ICMP, quelli di errore e quelli informativi.

Tra i messaggi di errore troviamo:

- quello più importante e più frequente e cioè quello di **Destination Unreachable**, che viene inviato da un gateway o da un host quando questi non sono in grado di instradare un datagramma IP verso la sua destinazione.

Esistono 5 motivi per i quali può verificarsi tutto ciò:

1. *La rete di destinazione non è raggiungibile*, e cioè un gateway non trova la rete di destinazione nella propria tabella d'instradamento e il gateway di default è spento.
2. *L'host di destinazione non è raggiungibile*
3. *Il protocollo di destinazione non è raggiungibile*, e cioè anche se il datagramma ha raggiunto l'host di destinazione, questo non è in grado di gestire il protocollo specificato nel datagramma.
4. *Il Datagramma non è frammentabile*, e cioè il datagramma dovrebbe essere frammentato a causa del fatto che deve attraversare una rete con MTU inferiore alla sua lunghezza totale, ma questo non è possibile.
5. *La Porta di destinazione non è raggiungibile*.

- quello di **Time Exceeded** o di tempo scaduto, generato o quando il campo Time To Live di un datagramma viene posto uguale a zero da un gateway, o quando scade il tempo massimo d'attesa dell'arrivo di tutti i frammenti di un datagramma.
- quello di **Source Quence**, generato da un gateway quando un datagramma viene scartato a causa della congestione del gateway.
- quello di **Parameter Problem**, generato quando un gateway o un host rileva un'incongruenza nell'intestazione di un datagramma ricevuto.
- quello di **Redirect**, generato da un gateway che si accorge che il prossimo gateway appartiene alla stessa rete fisica del mittente.

Tra i messaggi informativi troviamo invece l'**Echo Request**, inviato da un host per verificare se un gateway o un altro host è raggiungibile, e quello di **Echo Reply**, inviato dall'host che riceve un messaggio di Echo Request per segnalare che è raggiungibile.

Le sottoreti private e gli indirizzi di sottorete

Visto l'elevato costo di ogni IP spesso le aziende utilizzano per tutte le loro reti fisiche uno stesso indirizzo di rete.

Questa tecnica prevede la scomposizione del suffisso dell'indirizzo di rete in 2 sottocampi, il primo identifica una particolare sottorete dell'organizzazione, mentre il secondo identifica un'host della sottorete individuata dal campo sottorete.

In questo modo un'organizzazione che possiede più reti fisiche può chiedere un unico indirizzo di rete che utilizzerà per tutti i suoi host.

Riportiamo ora due semplici tabelle che illustrano la suddivisione in bit del suffisso calcolando poi il numero di sottoreti e di host che possono essere gestiti da tali indirizzi.

Ricordiamo che nella classe C il suffisso è lungo 8 bit mentre nella classe B è di 16 bit.

Classe C			
SR	H	NSR	NH
2	6	2^2-2	2^6-2
3	5	2^3-2	2^5-2
4	4	2^4-2	2^4-2
5	3	2^5-2	2^3-2
6	2	2^6-2	2^2-2

Classe B			
SR	H	NSR	NH
2	14	2^2-2	$2^{14}-2$
3	13	2^3-2	$2^{13}-2$
4	12	2^4-2	$2^{12}-2$
5	11	2^5-2	$2^{11}-2$
6	10	2^6-2	$2^{10}-2$
7	9	2^7-2	2^9-2
8	8	2^8-2	2^8-2

Dove SR indica il numero di bit dedicati alle sottoreti e H il numero di bit dedicati agli host.

La configurazione, ossia la suddivisione, del campo suffisso non è visibile dall'esterno ma solo dall'interno dell'interrete dell'organizzazione dai suoi gateway interni. Nelle tabelle d'instradamento di tali gateway il primo campo rappresenta l'indirizzo di una sottorete, il secondo campo contiene un codice di 32 bit chiamato maschera di sottorete e il terzo l'indirizzo del gateway successivo.

Esercizio Svolto

Supponendo che un'organizzazione possieda 5 sottoreti ognuna composta di 20 host, si vuole realizzare una interrete privata conforme al modello di riferimento di internet.

Scegliamo di usare indirizzi IP di classe C poiché il loro suffisso ci basta per gestire reti di 20 host ciascuna.

Gli indirizzi IP di classe C possiedono un suffisso di 8 bit, che abbiamo deciso di dividere in 2 parti, il campo sottorete di 3 bit, e il campo host di 5 bit.

Sottorete	Host	Cifra Z dell'IP
001	00000	$2^5 = 32$
010	00000	64
011	00000	96
100	00000	128
101	00000	160

Trasformando il suffisso da binario a decimale otteniamo l'ultima cifra decimale dell'indirizzo IP.

SR	Indirizzo IP delle sottoreti
1	192.168.0.32
2	192.168.0.64
3	192.168.0.96
4	192.168.0.128
5	192.168.0.160

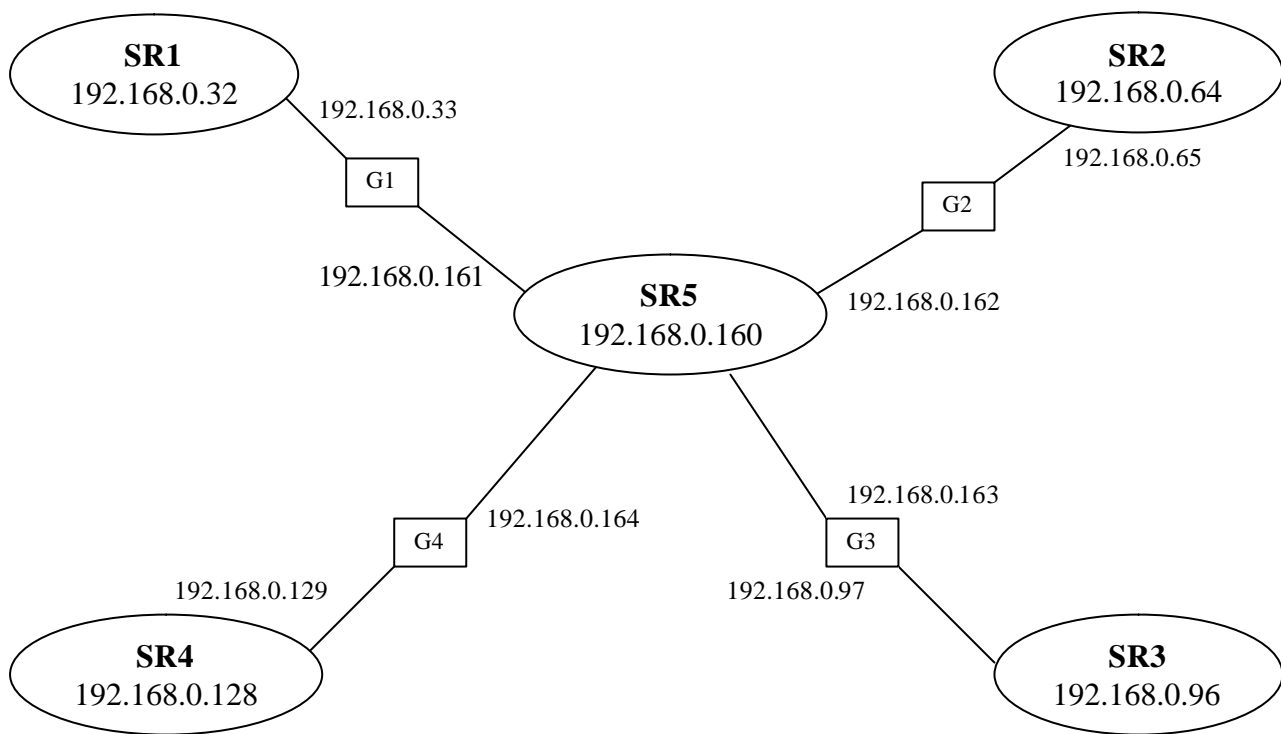
Le prime due cifre decimali dell'indirizzo IP rappresentano una della tante combinazioni messa a disposizione dagli indirizzi IP di classe C, la terza è stata posta a zero per comodità, mentre l'ultima è stata calcolata sopra.

Calcoliamo ora il range degli indirizzi IP degli host di ogni sottorete.

SR	Range degli indirizzi IP degli host
1	192.168.0.33/62
2	192.168.0.65/94
3	192.168.0.97/126
4	192.168.0.129/158
5	192.168.0.161/190

A partire dell'indirizzo IP delle varie sottoreti abbiamo calcolato il range degli indirizzi IP degli host di ogni sottorete sottraendo il primo e l'ultimo indirizzo IP disponibile poiché non sono assegnabili agli host.

Rappresentazione della rete



Tablelle d'instradamento dei vari gateway

Ricordiamo che per calcolare la maschera è necessario trasformare la rappresentazione binaria di $(11100000)_2$, ossia del campo sottorete tutto impostato a 1 e il campo host a tutti 0, in decimale.

Tabella d'instradamento del gateway 1

Sottorete di destinazione	Maschera	Gateway Successivo
192.168.0.32	255.255.255.224	192.168.0.33
192.168.0.64	255.255.255.224	192.168.0.162
192.168.0.96	255.255.255.224	192.168.0.163
192.168.0.128	255.255.255.224	192.168.0.164
192.168.0.160	255.255.255.224	192.168.0.161

Tabella d'instradamento del gateway 2

Sottorete di destinazione	Maschera	Gateway Successivo
192.168.0.32	255.255.255.224	192.168.0.161
192.168.0.64	255.255.255.224	192.168.0.65
192.168.0.96	255.255.255.224	192.168.0.163
192.168.0.128	255.255.255.224	192.168.0.164
192.168.0.160	255.255.255.224	192.168.0.162

Tabella d'instradamento del gateway 3

Sottorete di destinazione	Maschera	Gateway Successivo
192.168.0.32	255.255.255.224	192.168.0.161
192.168.0.64	255.255.255.224	192.168.0.162
192.168.0.96	255.255.255.224	192.168.0.97
192.168.0.128	255.255.255.224	192.168.0.164
192.168.0.160	255.255.255.224	192.168.0.163

Tabella d'instradamento del gateway 4

Sottorete di destinazione	Maschera	Gateway Successivo
192.168.0.32	255.255.255.224	192.168.0.161
192.168.0.64	255.255.255.224	192.168.0.162
192.168.0.96	255.255.255.224	192.168.0.163
192.168.0.128	255.255.255.224	192.168.0.129
192.168.0.160	255.255.255.224	192.168.0.164

