

FRAME IN DETTAGLIO

LIVELLO DATA LINK

PPP(point-to-point protocol)

1	1	1	1 oppure 2	Variabile	2 oppure 4	1
Flag	Address	Control	Protocol	Payload	Checksum	Flag
01111110	11111111	00000011				01111110

Flag byte standard: tutti i frame PPP cominciano e finiscono con questo flag byte 0x7E che non può comparire in altre posizioni. Inizio e fine del frame vengono rilevati ricercando questo speciale byte. Quando occorre può essere applicato il byte stuffing usando il byte di escape 0x7D all'interno del campo Payload. **1 byte**

Address: sempre impostato al valore binario 11111111 per indicare che tutte le stazioni devono accettare il frame. Non vengono dunque assegnati in questo modo indirizzi data link. **1 byte**

Control: sempre con valore di default 00000011 che indica un frame senza numero. **1 byte**

Protocol: Comunica quale tipo di pacchetto è contenuto nel campo Payload (IPv4, IPv6 o altri protocolli a livello di rete come IPX). **1 o 2 byte**

Payload: il pacchetto con dati e protocolli di livelli superiori. **Default: 1500 byte**

Checksum: codice CRC per rilevazione dell'errore. **2 o 4 byte**

SOTTOLIVELLO MAC

Ethernet classica

8	6	6	2	0-1500	0-46	4
Preambolo	Indirizzo di destinazione	Indirizzo d'origine	Type	Dati	Pad	Checksum

Preambolo: preambolo di 8 byte ognuno dei quali contiene la sequenza 01010101, ad eccezione dell'ultimo byte che ha gli ultimi due bit impostati a 1. La codifica Manchester di questa sequenza produce un'onda quadra che permette al clock del

ricevente di sincronizzarsi con quello del trasmittente. Gli ultimi due bit a 1 comunicano che il resto del frame sta per cominciare. **8 byte**

Indirizzo di destinazione: se il primo bit di questi 6 byte è a 0 significa "indirizzo ordinario"; se è 1 indica un gruppo di indirizzi (tutte le stazioni di quel particolare gruppo ricevono il frame). L'indirizzo composto da tutti i bit a 1 è ricevuto da tutte le stazioni della rete (broadcast). **6 byte**

Indirizzo d'origine: indica l'indirizzo d'origine della stazione sorgente. Ogni indirizzo è unico al mondo per volontà di IEEE. **6 byte**

Type(o Length in 802.3): indica al ricevente cosa fare con il frame, cioè a quale protocollo a livello di rete (come IPv4) passare il frame. IEEE 802.3 lo usa come Length per indicare la lunghezza del frame. Per rendere le due versioni compatibili si è scelto di utilizzare ogni numero minore o uguale a 0x600(1536, visto che 1500 è la lunghezza massima per i dati) da interpretare come Length e ogni numero maggiore di 0x600 da interpretare come Type. **2 byte**

Dati: questo campo ha come lunghezza massima 1500 byte. Esiste però una lunghezza minima che il frame deve avere (64 byte escluso il preambolo. Dunque alla somma di 6+6+2+4=18 devono essere per forza aggiunti almeno altri 46 byte) che serve sia a sincronizzare i frame ma ancora meglio a rilevare le collisioni (collisioni tra frame più piccoli di 64 byte non sarebbero rilevate!). **variabile: da 0 a 1500 byte**

Pad (riempimento): aggiunge bit al campo dati qualora dovesse essere troppo piccolo. **massimo 46 byte**

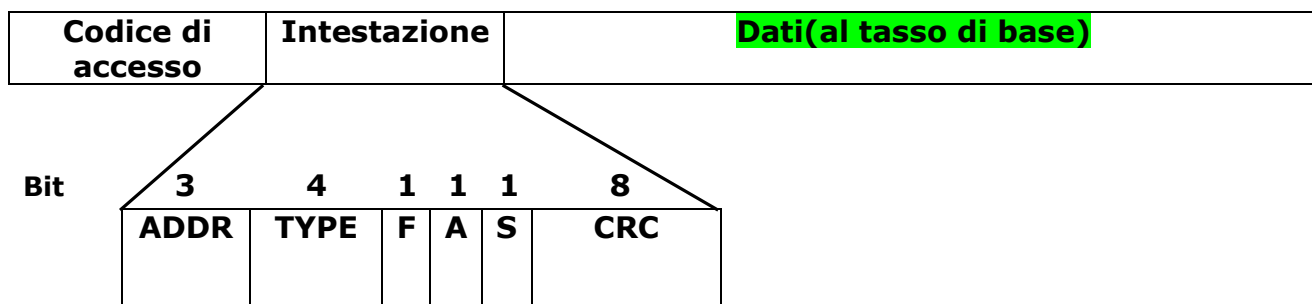
Checksum: CRC a 32 bit per rilevare gli errori. **4 byte**

Bluetooth

Bit: 72

54

0-2744



Codice di accesso: Identifica il nodo master della piconet, in questo modo un dispositivo slave sotto il controllo di due o più master contemporaneamente può capire con chi deve scambiare dati. **72 bit**

Intestazione: Contiene i tipici campi del sottolivello MAC. Essa è lunga 18 bit e viene ripetuta ben tre volte (la ridondanza è essenziale per trasmettere dati in modo affidabile in ambiente soggetto a rumore usando dispositivi economici!). **54 bit**

- **Address (indirizzo):** identifica il destinatario del frame tra gli 8 dispositivi. **3 bit**
- **Type (tipo):** identifica il tipo di frame (il tipo di link come SCO-synchronous connection oriented o ACL-asynchronous connectionless). **4 bit**

- **Flow(flusso)**: attivato quando un nodo slave non può ricevere dati. **1 bit**
- **Acknowledgement**: utilizzato per aggiungere al frame un ACK. **1 bit**
- **Sequence(sequenza)**: utilizzato per il numero di sequenza. Poichè utilizza un protocollo stop-and-wait serve un solo bit. **1 bit**
- **CRC**: codice a rilevazione d'errore a 8 bit. **8 bit**

Dati: Dati veri e propri che vengono scambiati. **variabile: da 0 a 2744 bit**

Messaggio Query di EPC Gen 2 (RFID)

Bit: 4 1 2 1 2 2 1 4 5

Command	DR	M	TR	Sel	Session	Target	Q	CRC
---------	----	---	----	-----	---------	--------	---	-----

Command: Il suo codice è sempre 1000 per identificare un messaggio Query. **4 bit**

DR, M, TR: determinano parametri del livello fisico per le trasmissioni del lettore e le risposte del tag (per esempio la velocità di trasmissione che può variare da 5 a 640 kbps). **rispettivamente 1, 2 e 1 bit**

Sel, Session, Target: selezionano i tag che risponderanno. Per esempio diversi lettori potranno operare in aree sovrapposte utilizzando sessioni diverse.

rispettivamente 2,2 e 1 bit

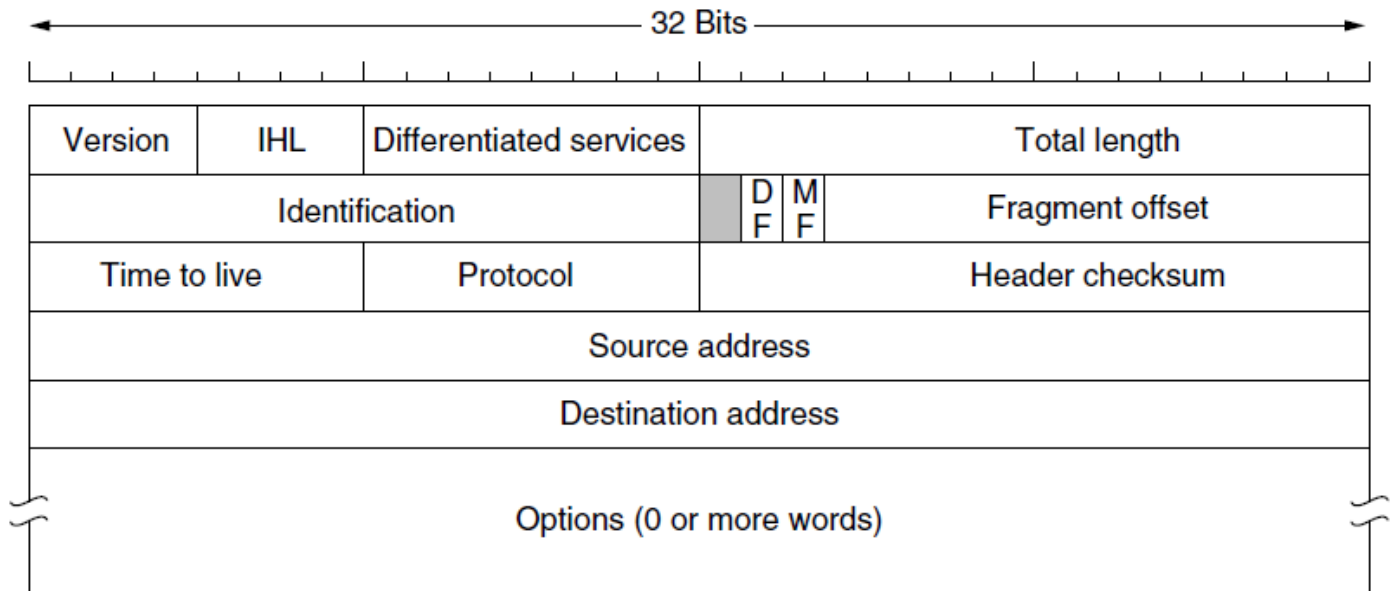
Q: Il campo più importante: definisce l'intervallo degli slot su cui i tag risponderanno usando slotted HALOA (l'intervallo va da 0 a 2^Q-1). **4 bit**

CRC: debole controllo dell'errore con soli 5 bit (il frame è effettivamente molto piccolo). **5 bit**

I dati sono trasmessi dai tag nella direzione opposta: il lettore serve solo ad avere il controllo della situazione e a far "parlare" i tag.

LIVELLO DI RETE

Intestazione di IP versione 4



Version (versione): tiene traccia della versione usata per il datagramma (IPv4, IPv6 ecc..). Poichè i bit nella rete vengono trasmessi dal più importante al meno importante (*big endian*) al router basterà leggere i primi, pochi, bit per sapere come interpretare tutto il resto. **4 bit**

IHL: indica la lunghezza dell'intestazione (ogni bit indica una parola da 32 bit). Il valore minimo, 5, si applica quando non sono presenti opzioni ($((5 \times 32) / 8 = 20 \text{ byte})$); il valore massimo, 15, indica che la dimensione è di 60 byte ($((15 \times 32) / 8 = 60 \text{ byte})$) **4 bit**

Differentiated services (servizi differenziati): è usato principalmente per la QoS (Qualità del servizio): viene usato per distinguere diverse classi di servizio (svariate combinazioni di affidabilità e velocità) In realtà 6 bit sono usati davvero per indicare la classe di servizio mentre gli ultimi 2 bit sono usati per la notifica esplicita di congestione. **8 bit**

Total lenght (lunghezza totale): tiene conto di tutto il contenuto del datagramma (intestazione e dati); la lunghezza massima è 65535 byte. **16 bit**

Identification (identificazione): serve all'host di destinazione per determinare a quale datagramma appartiene il frammento appena arrivato. Tutti i frammenti di uno stesso datagramma contengono lo stesso valore di Identification (questo campo e MF e *fragment offset* sono usati per implementare la frammentazione) . **16 bit**

Bit inutilizzato **1 bit**

DF (non frammentare): con il bit impostato a 1 si indica di non dividere in frammenti il datagramma **1 bit**

MF (altri frammenti): tutti frammenti di uno stesso datagramma hanno questo bit impostato a 1 (a segnalare che saranno trasmessi altri frammenti) tranne l'ultimo frammento. **1 bit**

Fragment offset (spiazzamento del frammento): indica la posizione del frammento nel datagramma corrente. Sono disponibili 13 bit, quindi ci possono essere al massimo 8192 frammenti per datagramma. **13 bit**

Time to live (tempo di vita): contatore utilizzato per limitare la vita di un pacchetto. Esso viene decrementato a ogni salto. Quando raggiunge lo zero, il pacchetto è scartato. **8 bit**

Protocol (protocollo): Indica quale processo a livello di trasporto è in attesa dei dati (come UDP o TCP, ma anche altri). **8 bit**

Header checksum (checksum dell'intestazione): il checksum di protezione per salvaguardare l'intestazione (un risultato corretto è zero all'arrivo). Questo campo andrebbe ricalcolato a ogni salto visto che almeno un campo (Time to live) cambia sempre a ogni salto. **16 bit**

Source address (indirizzo sorgente): indirizzo IP della sorgente. **32 bit**

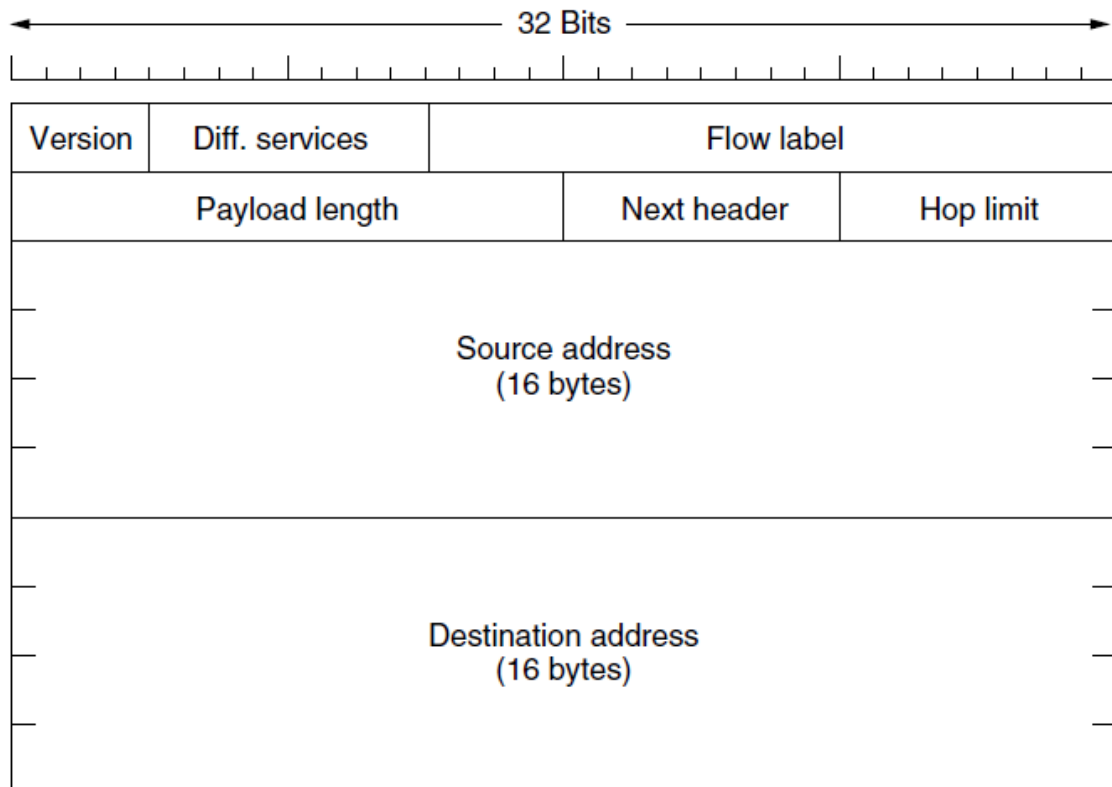
Destination address (indirizzo di destinazione): indirizzo IP della destinazione. **32 bit**

Options (opzioni): include informazioni non presenti nel progetto originale, come per esempio:

- Security, che specifica il livello di sicurezza del datagramma
- Strict source routing, che obbliga il datagramma a seguire un percorso prestabilito
- Loose source routing, che obbliga il datagramma a visitare un elenco di router specificati (il datagramma può comunque attraversare altri router)
- Record route, che costringe ogni router lungo la strada ad aggiungere il proprio indirizzo IP al campo delle opzioni (40 byte non bastano più!)
- Timestamp, che come la precedente opzione costringe i router a registrare sia il proprio indirizzo IP a 32 bit, sia i 32 bit che rappresentano data e ora di elaborazione (40 byte non bastano più!)

variabile

Intestazione fissa di IP versione 6



Version (versione): tiene traccia della versione usata per il datagramma (IPv4, IPv6 ecc..). In teoria è ridondante come informazione, poichè intestazioni di protocolli di livello data link (per esempio Ethernet classica), che nel loro campo payload includono il tutto, hanno un campo che di solito indica il tipo del protocollo di rete (per esempio il campo *Type* di Ethernet). **4 bit**

Differentiated services (servizi differenziati): usato per distinguere le varie classi di servizio dei pacchetti. Viene usato per la Qualità del servizio (QoS). Gli ultimi due bit sono sempre usati per la notifica esplicita di congestione. **8 bit**

Flow label (etichetta di flusso): consente a una sorgente e a una destinazione di marcare un gruppo di pacchetti che, avendo gli stessi requisiti, devono essere trattati allo stesso modo, formando una "pseudoconnessione". Quando un router vede questo campo diverso da zero, cerca l'etichetta nella sua tabella interna per scoprire il tipo di trattamento speciale richiesto dal pacchetto. I flussi combinano flessibilità della rete a datagrammi e garanzie di una rete a circuito virtuale (tra una coppia di indirizzi IP possono essere attivi anche ben 2^{20} flussi!). **20 bit**

Payload length (lunghezza del payload): indica il numero di byte del datagramma che segue l'intestazione fissa di 40 byte. Rispetto a prima (IPv4), in cui l'intestazione era variabile e quindi doveva essere considerata nel campo, qui i 40 byte, essendo fissi, non sono considerati e la dimensione massima del payload può essere adesso di 65535 byte. **16 bit**

Next header (intestazione successiva): ci possono essere, dopo l'intestazione standard di 40 byte, altre intestazioni opzionali. Questo campo indica quale delle sei possibili intestazioni estese segue l'intestazione corrente. Se quella corrente è davvero

l'ultima intestazione, il campo specifica il protocollo a livello di trasporto (come UDP o TCP). **8 bit**

Hope limit (limite di salti): contatore utilizzato per limitare la vita di un pacchetto. Esso viene decrementato a ogni salto e scartato quando raggiunge lo zero (il nome è stato cambiato rispetto a *Time to live* di IPv4 perchè viene decrementato effettivamente a ogni salto, e non ogni secondo). **8 bit**

Source address (indirizzo sorgente): indirizzo IP della sorgente. **128 bit**

Destination address (indirizzo di destinazione): indirizzo IP della destinazione. **128 bit**

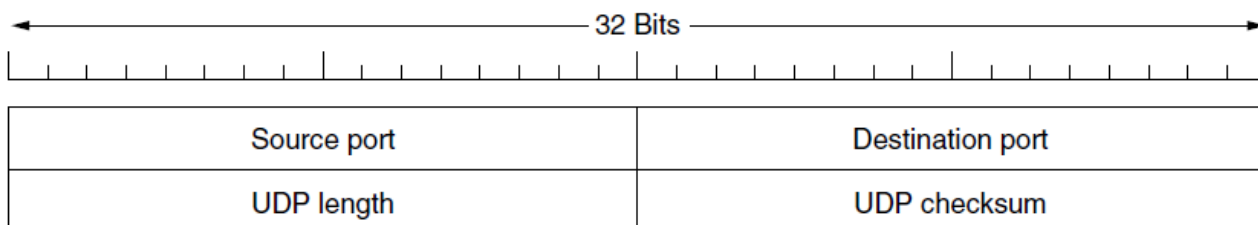
Intestazione estesa

Dopo la normale intestazione di 40 byte possono esserci altre intestazioni che contengono opzioni specifiche (un po' come le opzioni di IPv4, ma usate in modo diverso). Alcune hanno un formato fisso, altre contengono un numero di campi di lunghezza variabile. Tutte queste intestazioni cominciano obbligatoriamente con il campo *Next header*, che ha esattamente la stessa funzione dell'omonimo campo nell'intestazione base. Al momento sono definiti sei tipi di intestazioni estese:

- Hop-by-hop options, dovrebbe in teoria essere utilizzata per informazioni aggiuntive che tutti i router devono esaminare. Al momento però esiste una sola informazione aggiuntiva, ovvero supporto di datagrammi che superano i 64 KB (permette di ampliare la dimensione dei datagrammi che vengono chiamati jumbogrammi)
- Destination options, dovrebbe essere utilizzata per eventuali opzioni per la destinazione. Al momento non viene utilizzata
- Routing, che elenca uno o più router che devono essere obbligatoriamente visitati dal datagramma (molto simile all'opzione *Loose source routing* di IPv4)
- Fragmentation, che si occupa delle informazioni di frammentazione in maniera molto simile a IPv4 (tale intestazione contiene identificatore di datagramma, posizione del frammento all'interno del datagramma originale e un bit che indica se il frammento corrente è seguito o no da altri). Se un router riceve un pacchetto troppo grande per le sue capacità, scarta i dati e invia un pacchetto di risposta con un'informazione che permette all'host sorgente di frammentare il pacchetto in datagrammi più piccoli, per poi ritentare la trasmissione.
- Authentication, che fornisce un meccanismo che garantisce al ricevente di un pacchetto l'autenticità del mittente
- Encrypted security payload, che permette di cifrare il contenuto del pacchetto con tecniche crittografiche.

LIVELLO DI TRASPORTO

Intestazione UDP (user datagram protocol)



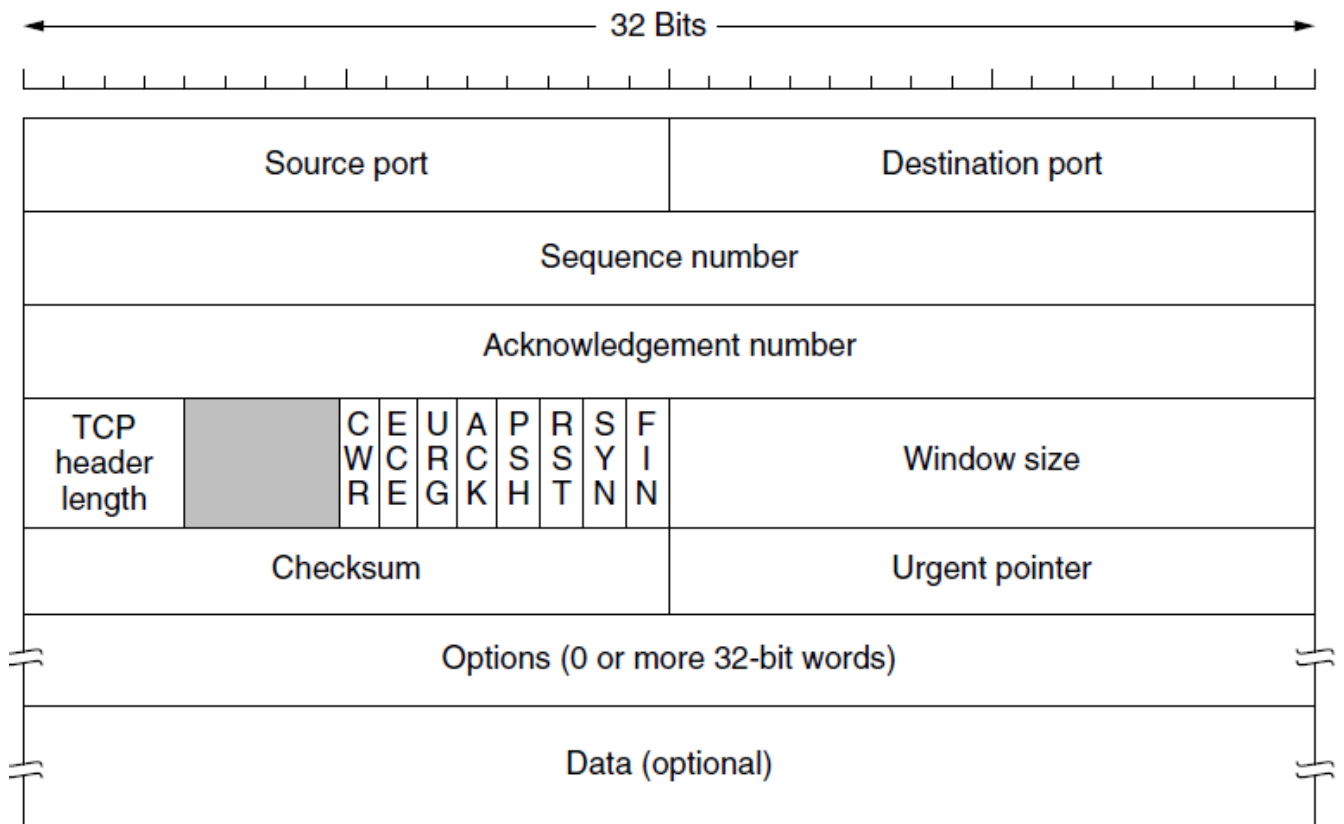
Source port (porta sorgente): Le porte servono a specificare i diversi processi su una stessa macchina. Questo campo indica la porta sorgente. **16 bit**

Destination port (porta di destinazione): indica la porta di destinazione. **16 bit**

UDP length (lunghezza UDP): specifica la lunghezza di tutti i dati compresa l'intestazione (che è sempre di 8 byte). La lunghezza massima è di 65515 byte (che è inferiore al numero più grande esprimibile su 16 bit a causa del limite della dimensione imposto sui pacchetti IP). **16 bit**

UDP checksum (checksum di UDP): controllo dell'errore OPZIONALE per migliorare l'affidabilità con un semplice algoritmo di somma fra i bit (il risultato corretto deve essere zero). **16 bit**

Intestazione TCP (transmission control protocol)



Source port (porta sorgente): indica la porta sorgente. **16 bit**

Destination port (porta di destinazione): indica la porta di destinazione. **16 bit**

Sequence number (numero di sequenza): indica il numero (massimo 2^{32}) con cui il pacchetto viene contrassegnato per evitare duplicazioni e rilevare errori. **32 bit**

Acknowledgement number (numero di acknowledgement): campo usato per l'acknowledgement del pacchetto che avviene in modalità piggybacking. **32 bit**

TCP header length (lunghezza intestazione TCP): indica quanti gruppi di 32 bit sono contenuti nell'intestazione TCP. Questo numero rappresenta la lunghezza dell'intestazione, che può essere variabile grazie al campo Options. **4 bit**

4 bit inutilizzati **4 bit**

CWR: posto a 1, segnala una condizione di riduzione della congestione dal mittente al destinatario. In questo modo il destinatario capisce che il mittente ha rallentato (controllo della congestione). **1 bit**

ECE: posto a 1, manda un ECN-Echo a un mittente TCP per indicargli di rallentare (controllo della congestione). **1 bit**

URG: posto a 1 quando si usa *Urgent pointer*. Questa funzionalità è usata al posto dei messaggi di interrupt; inoltre serve etichettare il pacchetto come "urgente", aumentandone la priorità. **1 bit**

ACK: posto a 1, per indicare che il campo Acknowledgement number è valido. Se ACK è a 0, vuol dire che il segmento non contiene acknowledgement, pertanto il campo acknowledgement number viene completamente ignorato. **1 bit**

PSH: posto a 1, segnala al ricevente di consegnare subito i dati in arrivo all'applicazione, senza archivarli in un buffer. **1 bit**

RST: posto a 1, viene utilizzato per reimpostare una connessione che ha avuto un malfunzionamento. In generale, se questo bit è attivo significa che si è di fronte a un problema: qualcosa è andato storto e si deve resettare tutto. **1 bit**

SYN: viene utilizzato per iniziare la connessione (la richiesta di connessione presenta SYN=1 e ACK=0; la risposta alla richiesta possiede SYN=1 e ACK=1). **1 bit**

FIN: posto a 1, viene utilizzato per rilasciare, ovvero far terminare, una connessione (dopo aver chiuso una connessione però, il processo di chiusura potrebbe continuare all'infinito a ricevere dati senza una intesa adeguata tra mittente e destinatario). **1 bit**

Window size (dimensione finestra): permette di definire, quando si crea una comunicazione, quanto è grande la finestra scorrevole. **16 bit**

Checksum: fornisce il controllo dell'errore dell'intestazione, dei dati e di una pseudointestazione, esattamente come UDP. **16 bit**

Urgent pointer (puntatore urgente): quando il flag URG è impostato a 1, questo campo indica lo spiazzamento in byte dell'ultimo dato urgente. **16 bit**

Options (opzioni): fornisce un modo per aggiungere informazioni e funzionalità aggiuntive non previste dall'intestazione standard . **Variabile (multipli di 32 bit)**