

## 5. Instradamento



---

*Complementi di Reti e Sistemi di Telecomunicazioni*

**6. OSPF**

---

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.1

---

Open Shortest Path First (OSPF)

---

- Nasce nel 1990 con l'RFC 1247 per sostituire il RIP
- E' un protocollo di tipo **Link State**
- Quindi ogni nodo costruisce al proprio interno la topologia di tutta la rete e invia in *flooding* i LSP, contenenti i costi dei *link* ad esso connessi.

---

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.2

**OSPF Storia**

---

- 1987: istituito il Working Group OSPF
- 1989: 1° RFC (RFC 1131)
- 1990: prove di interoperabilità
- 1991: RFC1247 – OSPFv2
- 1992: raccomandazione come IGP
- 1993:
  - aggiornamento RFC1583
  - CIDR adottato in Internet
  - Supporto Multicast: M-OSPF

---

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.3

**OSPF Storia**

---

- 1994:
  - supporto interfaccia Multi-point
  - Crittografia per l'autenticazione
- 1997: RFC 2178 (OSPFv2)
- 1998:
  - RFC 2328 (OSPFv2)
  - RFC 2329 : OSPF Standardization Report

---

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.4

## 5. Instradamento

### OSPF Obiettivi

- Superare i limiti del RIP
- Avere metriche più efficienti (migliori possibilità di descrivere la rete)
- Introdurre delle gerarchie (per maggior scalabilità)
- Separazione informazioni interne ed esterne (all'AS)
- Supporto subnetting variabile (CIDR)
- Sicurezza
- Routing dipendente anche dal TOS (In effetti il TOS è inutilizzato su IPv4 perché gli host non ne fanno uso e i router non li gestiscono ...)

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.5

### OSPF Principi base: Caratteristiche

- **Open Shortest Path First (OSPF)**
- Classificato come IGP (interno all'AS)
- Algoritmo utilizzato di tipo *Link-state* (SPF)
- Progettato per IP supporta:
  - Subnetting
  - TOS (type of Services)
  - Multicast (M-OSPF)
  - Autenticazione
- Ottimizza traffico di segnalazione generato

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.6

### OSPF Principi base: Informazione

- Conoscenza stato locale (interfacce e vicini "attivi").
- Invio in flooding dello stato locale.
- E quindi presenza di un data base con l'intera topologia dell'AS in ogni Router.
- Le Informazioni di instradamento provenienti dall'esterno di un AS sono gestite separatamente dalle informazioni di *Link-State* e sono trasmesse invariate all'interno.

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.7

### OSPF Principi base: Algoritmo

- Instradamento di tipo **Link State (LS)** basato sull'indirizzo destinazione e ToS.
- Meccanismo comune a tutti i nodi per la costruzione ed aggiornamento di un database contenente il grafo della rete.
- Ogni router si considera *root* e calcola il proprio *Shortest Path Tree* (SPT).
- Un SPT diverso per ogni livello di TOS.
- Possibile raggruppamento delle reti in aree.

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.8

## 5. Instradamento

### OSPF Scelta tra LS o DV ?

- Scelta difficile che portò anche alla creazione di un Working group anche per un Open Distance Vector (i DV (come il RIP) hanno problemi di convergenza ma i LS sono più complessi da realizzare).
- La scelta LS è stata appoggiata dall'industria.
- ARPANET aveva sperimentato un protocollo LS con qualche problema.
- OSI sviluppa un protocollo LS (IS-IS) parallelamente a IETF.
- Si sceglie la tecnologia LS e la definizione di un protocollo ex-novo perché si ritiene troppo complesso e limitante modificare un protocollo esistente.

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.9

### OSPF Scelta del tipo di segnalazione (cont.)

- Su livello 2 (seguendo le scelte dettate da OSI)
  - Problema MTU (Maximum Transfer Unit): la frammentazione e riassemblaggio devono far parte del protocollo
- In pacchetti livello 3 (IP), vantaggi:
  - Utilizzo funzionalità proprie di tale livello (struttura pacchetto, ..)
  - Funziona su qualsiasi tipo di protocollo a livello 2 senza bisogno di progettare diverse forme di realizzazione.
- In pacchetti di protocolli di trasporto (UDP o TCP), vantaggi:
  - Disponibilità dell'interfaccia in modalità utente (IP è accessibile solitamente nella sola modalità super-user)
  - Checksum per verifica integrità (UDP)
  - Trasporto affidabile (TCP)

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.10

### OSPF Scelta del tipo di segnalazione

- Si è considerato IP la scelta "migliore", assegnando il Type Protocol 89, facendo le seguenti considerazioni:
  - L'affidabilità può essere aggiunta tramite l'uso di meccanismi di "flooding affidabili"
  - Non permettere l'accesso da parte utenti è un limite che porta maggior sicurezza
  - Usando UDP (TCP) si avrebbe avuto 8 (20) byte di intestazione in più

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.11

### OSPF Elementi costitutivi

- Struttura del Data base contenente la topologia della rete.
- Struttura dei Link State Packet (LSP)
- Modalità di aggiornamento del Data base (segnalazione)
- Modalità di calcolo dell'instradamento
- Gerarchia interna (Aree)

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.12

## 5. Instradamento

### OSPF Data Base

- Tutti i router OSPF hanno una versione sincronizzata di un database composto da "Record Link State" (RLS).
- Gli RLS rappresentano la topologia e servono a calcolare lo *shortest path tree*.
- Gli RLS vengono aggiornati tramite "annunci", o *Link State Advertisement* (LSA), provenienti da altri router, tutti aventi lo stesso formato.
- Il router che riceve un LSA lo modifica e uno o più RLS del database.

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.13

### OSPF- Data Base Link State Record - Header

LS Age	
Options	LS Type
Link State ID	
Advertising Router	
LS Sequence Number	
LS Checksum	
Length	
0	16

- LS Age: 16 bit – tempo trascorso dall'ultimo aggiornamento del record
- Options: da 1-6 non definiti  
7 (bit E) = 1: link esterno  
8 (bit T) = 1: supporto TOS
- LS Type: tipo di link annunciato – i parametri dei 5 tipi sono nel campo dati seguente l'header

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.14

### OSPF- Data Base Link State Record - Header

- **Router link (tipo 1)**: inviato da ogni router, il record contiene descrizione dei link (ID, TOS e metrica) che partono dal router.
- **Network link (tipo 2)**: inviato dal solo router **designato**, contiene descrizione rete di transito con l'elenco dei router che hanno adiacenze con esso.
- **Summary di reti IP (tipo 3) o di router di bordo (tipo 4)**: inviato dal solo router di bordo area (ABR), contiene netmask della sottorete IP ed elenco di TOS e metriche (routing gerarchico).
- **Link esterni (tipo 5)**: inviato dal solo router di bordo area, contiene netmask di sottoreti IP esterne all'area ed elenco di TOS e metriche (routing gerarchico).



Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.15

### OSPF- Data Base Link State Record - Header

- **Link State ID**: indirizzo IP della destinazione connessa tramite il link annunciato
- **Advertising Router**: indirizzo IP del router che annuncia il link.
- **LS Sequence number**: numero progressivo dell'annuncio.
- **LS checksum**: codice di controllo (tipo IP) che protegge intestazione e dati

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.16

## 5. Instradamento

### OSPF- Data Base Esempio di Link State Record

```

header
+-----+-----+-----+
| LS Age | LS Type | E-bit,LS Type 1 |
+-----+-----+-----+
| Link State ID |
+-----+-----+-----+
| Advertising Router |
+-----+-----+-----+
| LS Sequence Number |
+-----+-----+-----+
| LS Checksum |
+-----+-----+-----+
| Length |
+-----+-----+-----+
| Router Type |
+-----+-----+-----+
| # of links |
+-----+-----+-----+
| Link ID |
+-----+-----+-----+
| Link Data |
+-----+-----+-----+
| Link Type | #TOS Metrics |
+-----+-----+-----+
| Metric |
+-----+-----+-----+

```

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.17

### Comunicazione tra router OSPF

- Gli LSA che OSPF fa scambiare tra i router sono inviati all'interno di pacchetti IP.
- Il protocollo OSPF è in realtà composto da tre "sottoprotocolli" con una *header* comune:
  - Protocollo HELLO (verifica dei link attivi).
  - Protocollo EXCHANGE (inizializzazione del DB)
  - Protocollo FLOODING (Aggiornamento dei DB)
- Per verificare se due router hanno le stesse informazioni (sono sincronizzati) si confrontano:
  - Il numero di LSA
  - La somma dei checksum

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.18

### Comunicazione tra router OSPF

LS type	L.S. ID	Addr. Router	Check Sum	LS SN	LS Age
Router	10.5.1.1	10.5.1.1	0xda23	0x40000023	0
Router	10.5.2.1	10.5.2.1	0x67d1	0x40000005	5,312
Router	10.5.3.1	10.5.3.1	0x9021	0x40000018	6,234
Router	10.5.4.1	10.5.4.1	0xbcd1	0x40000003	0,426
Router	10.5.5.1	10.5.5.1	0x2254	0x40000026	3,234
Router	10.5.6.1	10.5.6.1	0xa12b	0x400000a2	1,453

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.19

### Comunicazione tra router OSPF

- Esaminando il campo *Age* e *LS-SN* si evince quali sono le informazioni aggiornate più frequentemente, sono quelle:
  - con il tempo sempre basso (*Age*)
  - e il numero di sequenza (*LS-SN*) che varia frequentemente

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.20

## 5. Instradamento

### OSPF Link State Packet

- Sono Pacchetti IP contenenti
  - *Protocol number 89*
  - TTL impostato a 1 (sono sempre "intercettati" dal protocollo OSPF del router direttamente collegato)
- Tre possibili indirizzi di destinazione (si usa il multicast se presente):
  - ALLDRouters (tutti i router "designati")
  - ALLOSPFRouters (tutti i router OSPF)
  - IP del vicino (caso line punto-punto)
- La frammentazione è eseguita solo se indispensabile; per evitare la frammentazione si limita la dimensione a 1500 byte (per gli LSA).

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.21

### Comunicazione tra router OSPF Il protocollo HELLO

- Usato per
  - controllare che i link siano operativi (devo ricevere un pacchetto di HELLO entro un *dead interval* per considerare attivo un link)
  - eleggere il router designato (LAN) e il suo backup, usando il valore di priorità del router.
- Invia pacchetti ogni  $n$  secondi ( $n = \text{hello interval (10 sec.)} < \text{dead interval (40 sec.)}$ )
- Negozia parametri (*hello interval e dead interval*)
- Il pacchetto di Hello include:
  - Indirizzo del router designato e del suo backup.
  - Indirizzi dei vicini da cui ha ricevuto un pacchetto di HELLO nell'ultimo *dead interval*

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.22

### Comunicazione tra router OSPF Il protocollo EXCHANGE

- Usato per la sincronizzazione iniziale dei database dei router, che avviene fra una coppia di router adiacenti.
- Scambio di messaggi "Database Description" in modalità *master-slave* (chi invia per primo si elegge *master*, il ricevente è lo *slave*).
- Ogni messaggio è identificato da tre flag: I (*initialize*), M (*more*) e MS (*master/slave*) che regolano la procedura di sincronizzazione.
- Ogni messaggio include LS record del database del router, ed un *acknowledgement* dei pacchetti di EXCHANGE ricevuti nella direzione opposta.

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.23

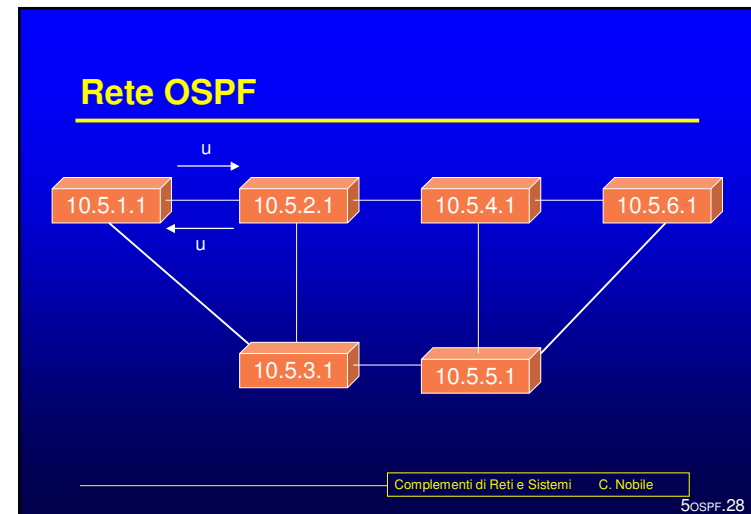
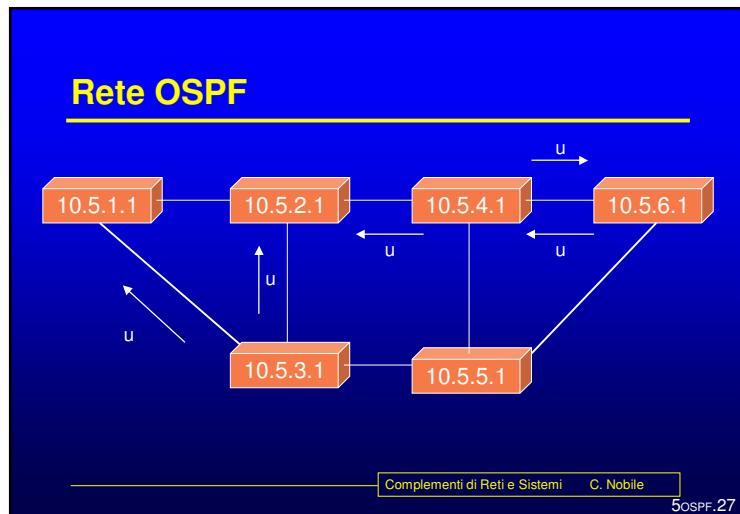
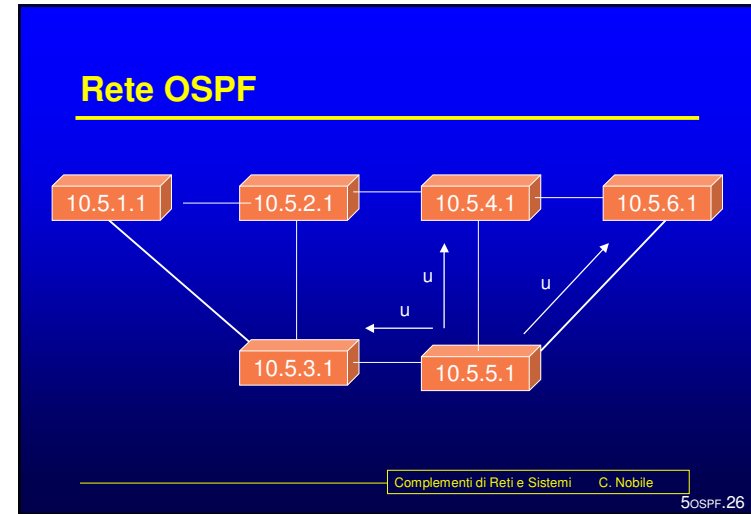
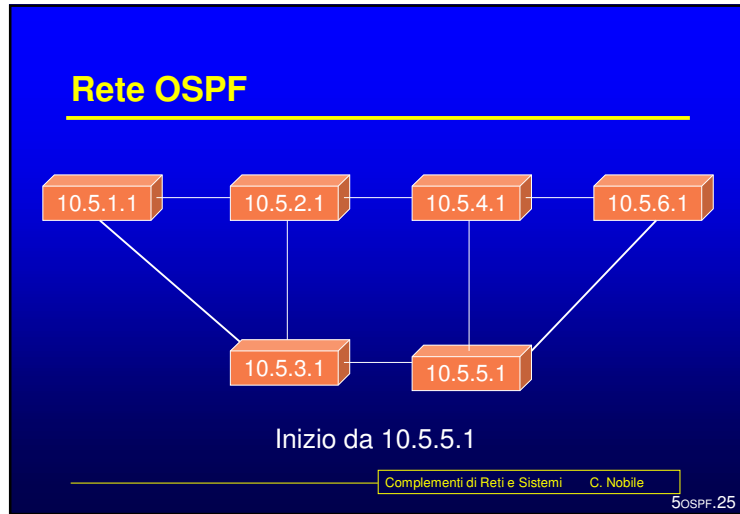
### Comunicazione tra router OSPF Il protocollo FLOODING

- Usato per
  - annunciare cambi di stato di un link;
  - eseguire un rinnovo degli LSA (ogni 30 minuti)
- Ogni messaggio di *flooding* contiene un certo numero di LSA, e un numero di sequenza.
- Chi riceve il messaggio controlla se ha già ricevuto un messaggio con lo stesso numero di sequenza proveniente da quel router
  - In caso negativo, inoltra il messaggio su tutte le altre interfacce di rete
  - In caso affermativo, lo scarta.
- In ogni caso, invia un *acknowledgment* al mittente.
- Sulle reti locali i messaggi sono inviati in multicast.

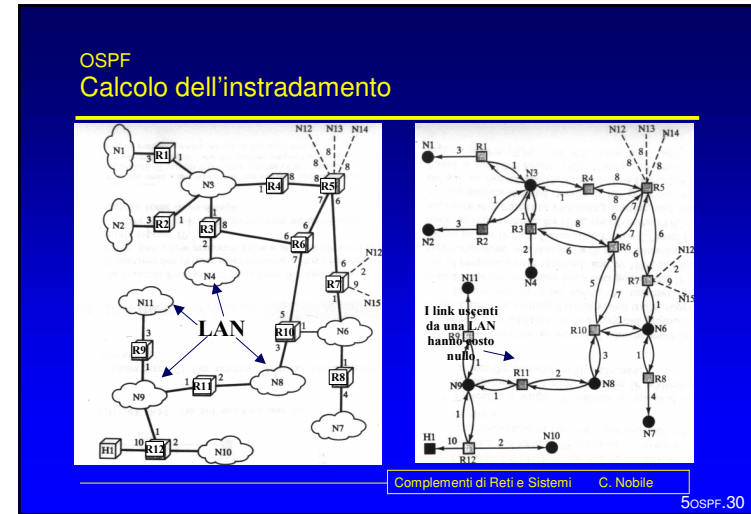
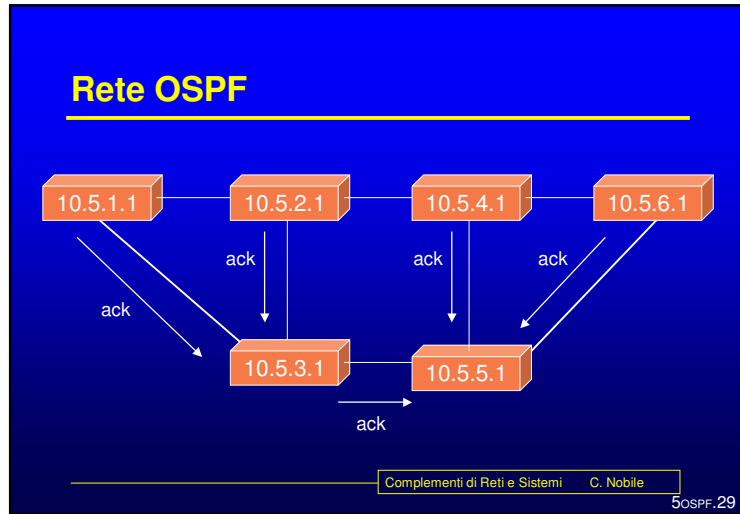
Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.24

## 5. Instradamento



## 5. Instradamento



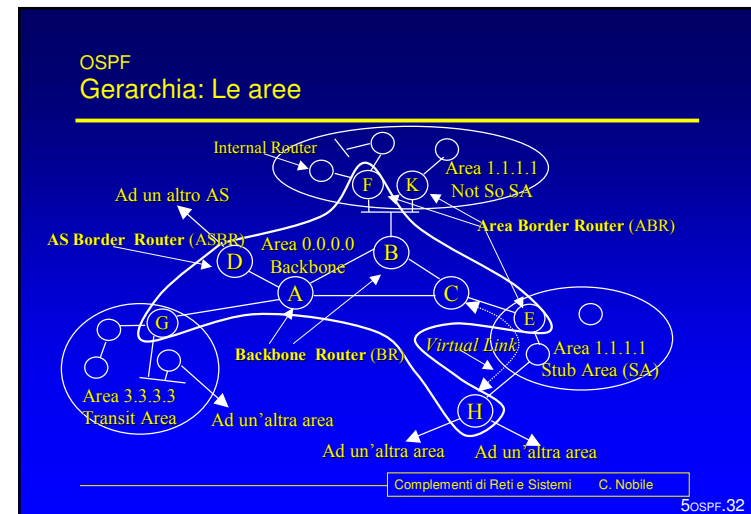
### OSPF Calcolo dell'instradamento

**TABLE 16.5** Routing Table for RT6.

Destination	Next hop	Distance
N1	RT3	10
N2	RT3	10
N3	RT3	7
N4	RT3	8
N6	RT10	8
N7	RT10	12
N8	RT10	10
N9	RT10	11
N10	RT10	13
N11	RT10	14
H1	RT10	21
RT5	RT5	6
RT7	RT10	8
N12	RT10	10
N13	RT5	14
N14	RT5	14
N15	RT10	17

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.31





## 5. Instradamento

OSPF

### Gerarchia: Le aree

- Le *Stub Area* non propagano informazioni interne o esterne ed accedono al *backbone* tramite un *router di default*.
- L'instradamento fra due aree viene realizzato in tre parti:
  - Il percorso nell'area sorgente fra la sorgente stessa ed un *Area Border Router*.
  - Il percorso fra i due ABR delle due aree tramite il *backbone*
  - Il percorso nell'area destinazione fra l'ABR che riceve il pacchetto dal *backbone* e la destinazione.
- In pratica si forza un instradamento a stella in cui il *backbone* rappresenta il centro stella.

Complementi di Reti e Sistemi C. Nobile

5OSPF.33