

Misure di traffico con IPv6

Specifiche del protocollo ed analisi delle sue potenzialità.

Antonio Ospite

Università degli Studi di Napoli
Federico II

Laurea in Informatica
Novembre 2004

Relatori:

prof. Guido Russo
ing. Angelo Violetta



Sommario della Parte I

- 1 Motivazioni per IPv6
 - Esaurimento dello spazio degli indirizzi
 - Nuove funzionalità
- 2 Introduzione ad IPv6
 - Livello rete
 - Formato del preambolo di IP
 - Preambolo standard di IPv6
 - Novità e differenze con IPv4
 - Formato degli indirizzi IPv6
- 3 Esempio di estensione
 - Jumbograms



Sommario della Parte II

- 4 Banco di Prova
 - Obiettivi
 - Topologia
 - Strumenti adottati

- 5 Test delle prestazioni
 - Test eseguiti
 - Risultati
 - Note sui test



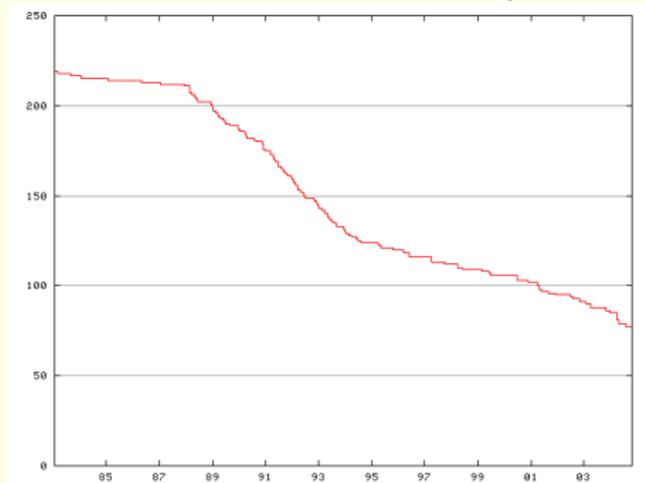
Parte I

Le reti IPv6



Esaurimento dello spazio di indirizzi

Blocchi non allocati: IANA pool



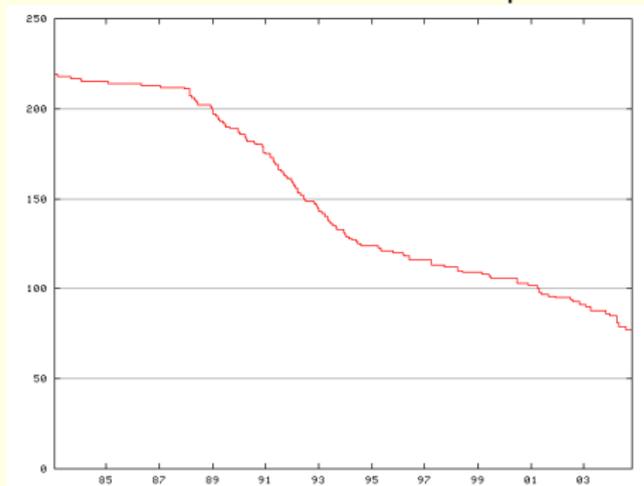
Indirizzi IP:

- Dimensione di 32 bit
- 4 Giga teorici di indirizzi
- Sufficienti per quanto tempo?
- Esaurimento stimato per il 2040



Esaurimento dello spazio di indirizzi

Blocchi non allocati: IANA pool



Indirizzi IP:

- Dimensione di 32 bit
- 4 Giga teorici di indirizzi
- Sufficienti per quanto tempo?
- **Esaurimento stimato per il 2040**



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- **Sicurezza a livello di rete**
- Servizi di mobilità
- Ottimizzazione degli instradamenti
- Autoconfigurazione degli host

Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- Modularizzazione delle opzioni
- Estendibilità futura



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- Sicurezza a livello di rete
- **Servizi di mobilità**
- Ottimizzazione degli instradamenti
- Autoconfigurazione degli host

Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- Modularizzazione delle opzioni
- Estendibilità futura



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- Sicurezza a livello di rete
- Servizi di mobilità
- **Ottimizzazione degli instradamenti**
- Autoconfigurazione degli host

Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- Modularizzazione delle opzioni
- Estendibilità futura



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- Sicurezza a livello di rete
- Servizi di mobilità
- Ottimizzazione degli instradamenti
- **Autoconfigurazione degli host**

Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- Modularizzazione delle opzioni
- Estendibilità futura



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- Sicurezza a livello di rete
- Servizi di mobilità
- Ottimizzazione degli instradamenti
- Autoconfigurazione degli host

Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- Modularizzazione delle opzioni
- Estendibilità futura



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- Sicurezza a livello di rete
- Servizi di mobilità
- Ottimizzazione degli instradamenti
- Autoconfigurazione degli host

Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- **Modularizzazione delle opzioni**
- Estendibilità futura



Qualche novità

Funzionalità native mancanti in IP:

- Sicurezza a livello di rete
- Servizi di mobilità
- Ottimizzazione degli instradamenti
- Autoconfigurazione degli host

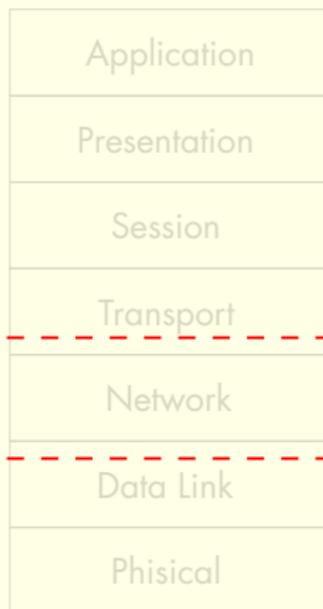
Doti di un protocollo moderno:

- Snellimento delle partiche di routing
- Modularizzazione delle opzioni
- **Estendibilità futura**

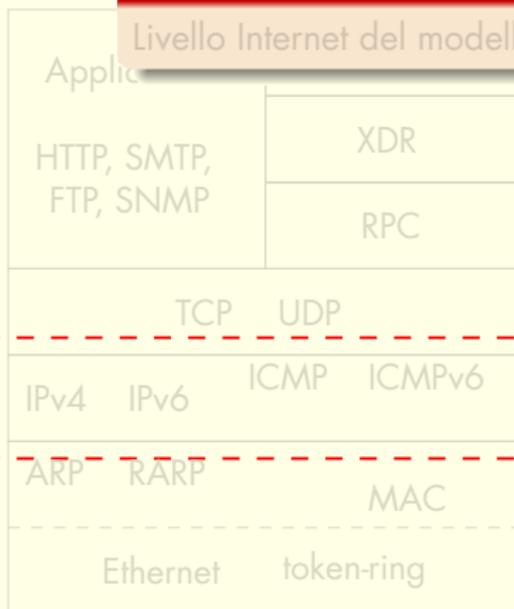


Architettura a livelli

OSI Reference Model



Internet Protocol suite

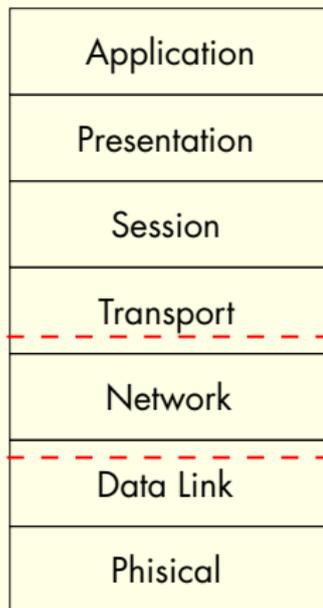


Dove ci troviamo?
Livello Internet del modello TCP/IP



Architettura a livelli

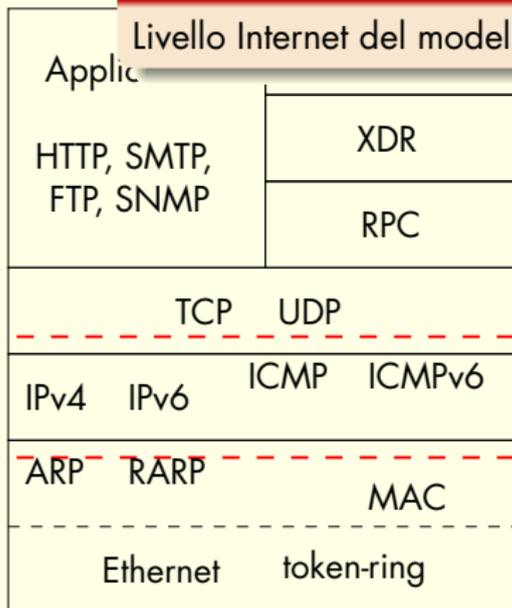
OSI Reference Model



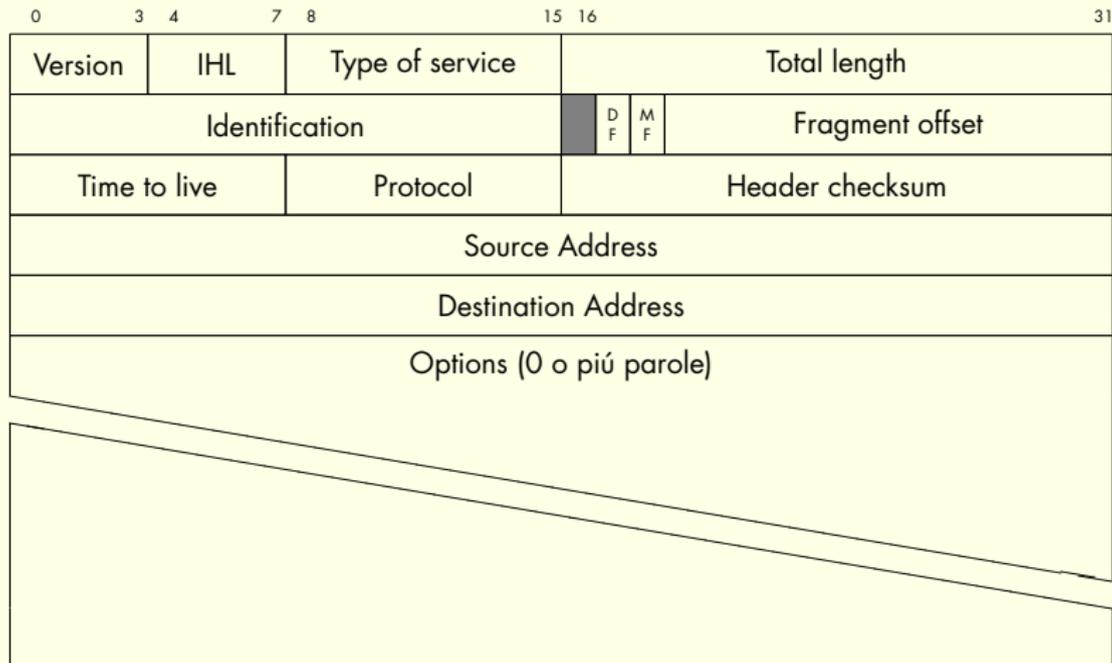
Internet Protocol suite

Dove ci troviamo?

Livello Internet del modello TCP/IP



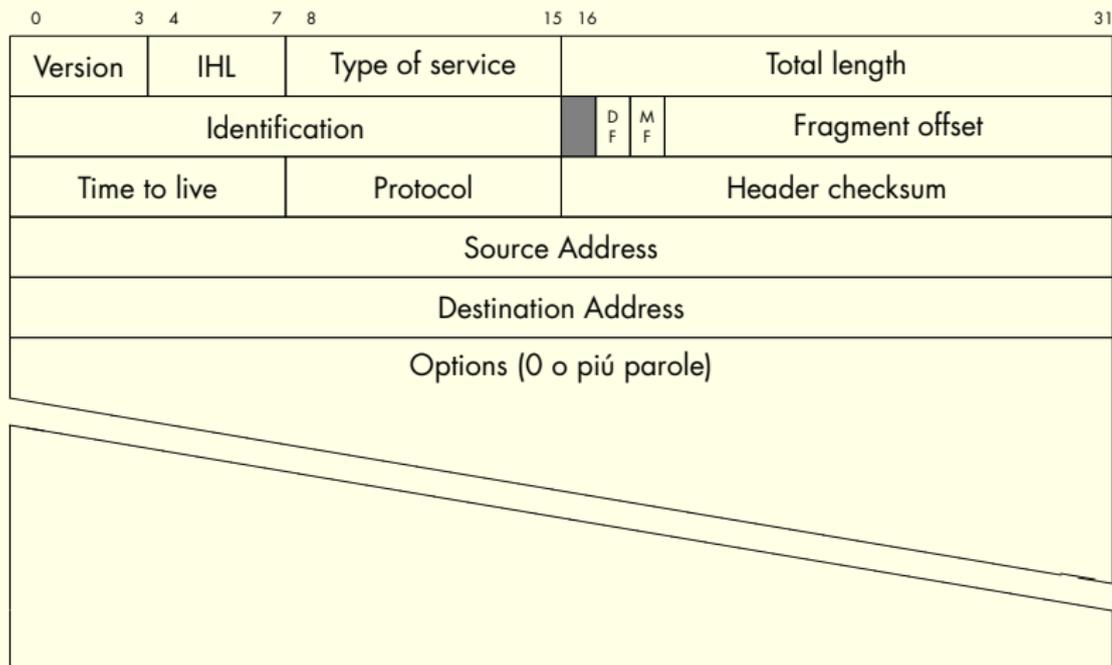
Preambolo di IP



Campi IHL e Total Length, Header Checksum ed Options



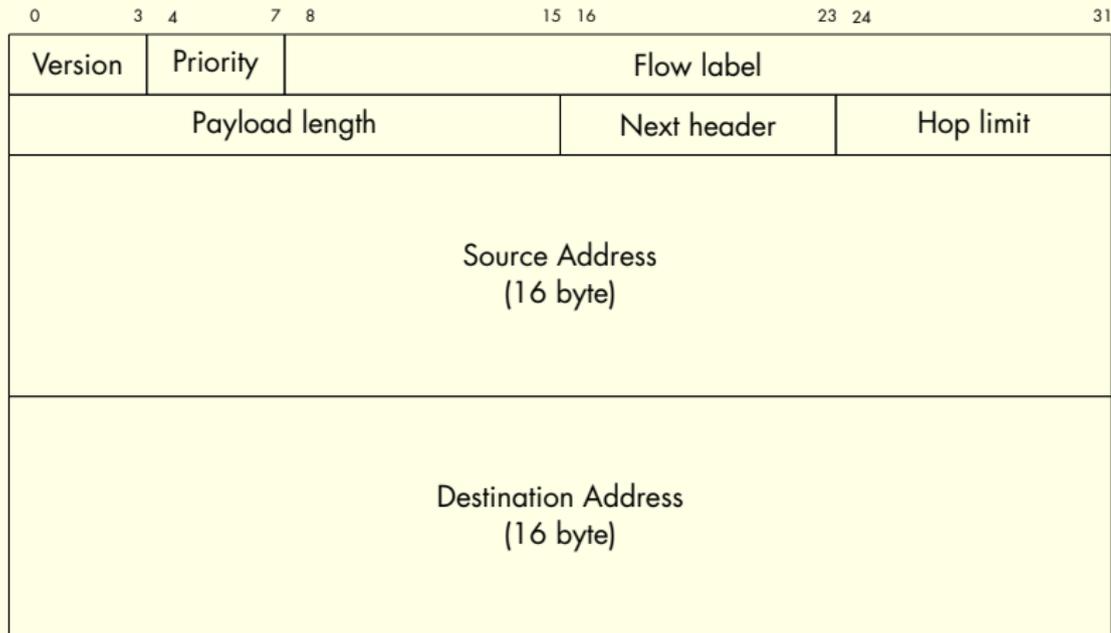
Preambolo di IP



Campi *IHL* e *Total Length*, **Header Checksum** ed *Options*



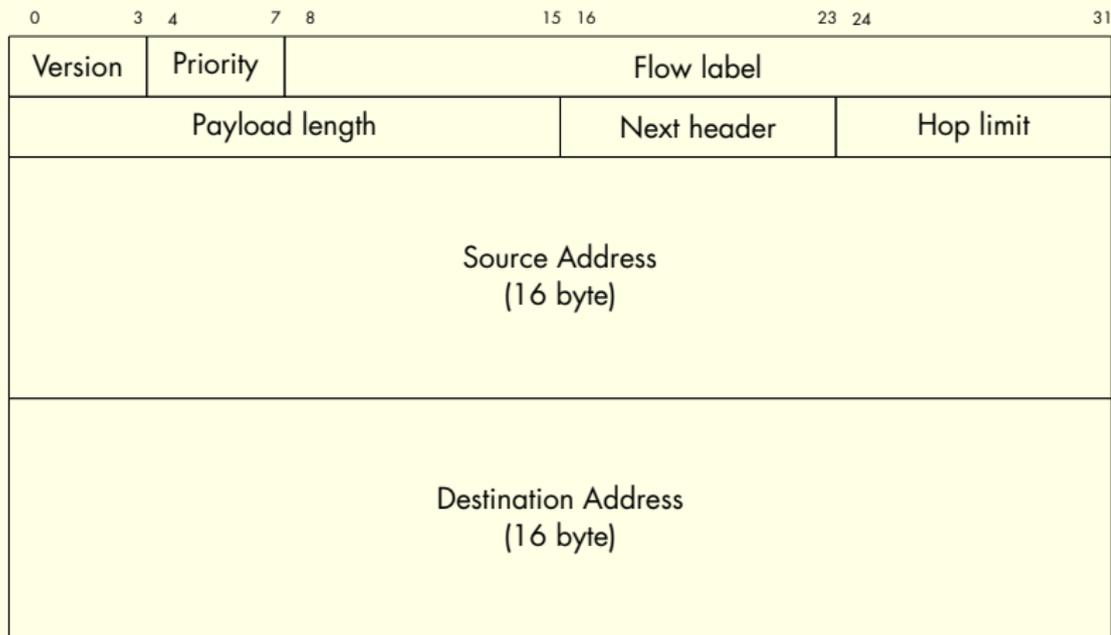
Preambolo *standard* di IPv6



Maggiore semplicità e indirizzi di 128 bit



Preambolo *standard* di IPv6



Maggiore semplicità e indirizzi di 128 bit



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Differenze con IPv4

Caratteristiche di IPv6:

- Preambolo standard di dimensione fissa
 - *Payload Length* sostituisce *IHL* e *Total Length*
- Aggiunta di *Flow Label* per routing sulle etichette
- Rimozione del campo *Header Checksum*
- Spostamento dei servizi di frammentazione

Novità:

- Neighbor Discovery
- Path MTU Discovery
- Gestione delle opzioni mediante preamboli di estensione



Uso del campo *Next Header*

Valore Esadecimale	Valore Decimale	Protocollo/Estensione
00	0	Hop-By-Hop Options ("Reserved" in IPv4)
01	1	ICMPv4
02	2	IGMPv4
04	4	IP in IP Encapsulation
06	6	TCP
08	8	EGP
11		
29		
2B		
2C		
2E	46	IPv6 in IPv4 Encapsulation
32	50	Encapsulating Security Payload (ESP) Extension Header
33	51	Authentication Header (AH) Extension Header
3A	58	ICMPv6
3B	59	Neighbor Discovery Protocol (NDP)

Il campo *Next Header*:

- Specifica un preambolo di estensione
- Specifica un protocollo di livello superiore



Uso del campo *Next Header*

Valore Esadecimale	Valore Decimale	Protocollo/Estensione
00	0	Hop-By-Hop Options ("Reserved" in IPv4)
01	1	ICMPv4
02	2	IGMPv4
04	4	IP in IP Encapsulation
06	6	TCP
08	8	EGP
11		
29		
2B		
2C		
2E	46	
32	50	Encapsulating Security Payload (ESP) Extension Header
33	51	Authentication Header (AH) Extension Header
3A	58	ICMPv6
3B	59	

Il campo *Next Header*:

- Specifica un preambolo di estensione
- Specifica un protocollo di livello superiore



Indirizzi IPv6

Esempio:

1111 1110 1000 0000 : $\overbrace{00 \dots 00}^{\text{altri 96 bit}}$: 0000 1110 0101 0010

f e 8 0 : 0 e 5 2

si scrive

fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0e52

Come sono fatti:

- Dimensione di 128 bit
- $2^{128} \approx 3 \times 10^{38}$
- Scritti in esadecimale
- 8 gruppi da 16 bit



Sintassi degli indirizzi IPv6

Semplificazioni:

- 1 Gli zeri più a sinistra di ogni gruppo possono essere omessi
- 2 Più gruppi **nulli** consecutivi possono essere sostituiti da una coppia di caratteri due punti
- 3 La sostituzione precedente può avvenire **una sola volta**

Esempio:

- fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : e52
- fe80 :: e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 1 : 0 : 0 : e52
non diventa
fe80 :: 1 :: e52



Sintassi degli indirizzi IPv6

Semplificazioni:

- 1 Gli zeri più a sinistra di ogni gruppo possono essere omessi
- 2 Più gruppi **nulli** consecutivi possono essere sostituiti da una coppia di caratteri due punti
- 3 La sostituzione precedente può avvenire **una sola volta**

Esempio:

- fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : e52
- fe80 :: e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 1 : 0 : 0 : e52
non diventa
fe80 :: 1 :: e52



Sintassi degli indirizzi IPv6

Semplificazioni:

- 1 Gli zeri più a sinistra di ogni gruppo possono essere omessi
- 2 Più gruppi **nulli** consecutivi possono essere sostituiti da una coppia di caratteri due punti
- 3 La sostituzione precedente può avvenire **una sola volta**

Esempio:

- fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : e52
- fe80 :: e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 1 : 0 : 0 : e52
non diventa
fe80 :: 1 :: e52



Sintassi degli indirizzi IPv6

Semplificazioni:

- 1 Gli zeri più a sinistra di ogni gruppo possono essere omessi
- 2 Più gruppi **nulli** consecutivi possono essere sostituiti da una coppia di caratteri due punti
- 3 La sostituzione precedente può avvenire **una sola volta**

Esempio:

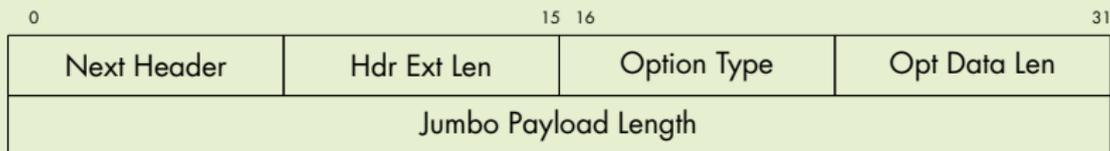
- fe80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : e52
- fe80 :: e52
- fe80 : 0 : 0 : 0 : 1 : 0 : 0 : e52
non diventa
fe80 :: 1 :: e52



Jumbograms

- Una delle opzioni *Hop-by-Hop*
- Datagram di grandi dimensioni per ridurre l'**overhead** del preambolo

Formato dei *jumbograms*:



Applicazioni:

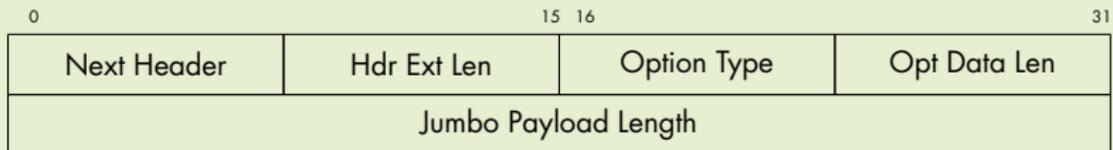
- Reti dedicate al calcolo distribuito.
- Traffico di grandi quantità di dati su link ad alta affidabilità



Jumbograms

- Una delle opzioni *Hop-by-Hop*
- Datagram di grandi dimensioni per ridurre l'**overhead** del preambolo

Formato dei *jumbograms*:



Applicazioni:

- Reti dedicate al calcolo distribuito.
- Traffico di grandi quantità di dati su link ad alta affidabilità



Parte II

Misure di traffico



Obiettivi

Cosa si vuole mostrare?

- IPv4 ed IPv6 possono coesistere senza problemi
- Agilità del protocollo IPv6
- Flessibilità del meccanismo delle estensioni
- Nuovi problemi, ma possono essere risolti

Cosa non fa IPv6:

- Non risolve i problemi di congestione
- Non risolve automaticamente i problemi di sicurezza



Obiettivi

Cosa si vuole mostrare?

- IPv4 ed IPv6 possono coesistere senza problemi
- Agilità del protocollo IPv6
- Flessibilità del meccanismo delle estensioni
- Nuovi problemi, ma possono essere risolti

Cosa non fa IPv6:

- Non risolve i problemi di congestione
- Non risolve automaticamente i problemi di sicurezza



Obiettivi

Cosa si vuole mostrare?

- IPv4 ed IPv6 possono coesistere senza problemi
- Agilità del protocollo IPv6
- Flessibilità del meccanismo delle estensioni
- Nuovi problemi, ma possono essere risolti

Cosa non fa IPv6:

- Non risolve i problemi di congestione
- Non risolve automaticamente i problemi di sicurezza



Obiettivi

Cosa si vuole mostrare?

- IPv4 ed IPv6 possono coesistere senza problemi
- Agilità del protocollo IPv6
- Flessibilità del meccanismo delle estensioni
- Nuovi problemi, ma possono essere risolti

Cosa non fa IPv6:

- Non risolve i problemi di congestione
- Non risolve automaticamente i problemi di sicurezza



Obiettivi

Cosa si vuole mostrare?

- IPv4 ed IPv6 possono coesistere senza problemi
- Agilità del protocollo IPv6
- Flessibilità del meccanismo delle estensioni
- Nuovi problemi, ma possono essere risolti

Cosa non fa IPv6:

- Non risolve i problemi di congestione
- Non risolve automaticamente i problemi di **sicurezza**



Obiettivi

Cosa si vuole mostrare?

- IPv4 ed IPv6 possono coesistere senza problemi
- Agilità del protocollo IPv6
- Flessibilità del meccanismo delle estensioni
- Nuovi problemi, ma possono essere risolti

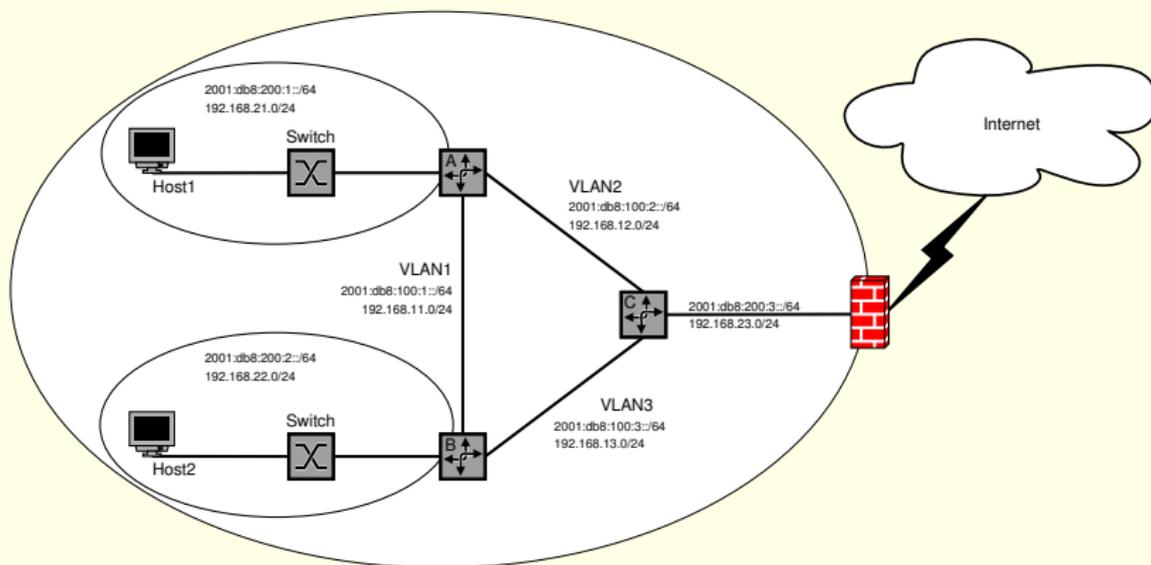
Cosa non fa IPv6:

- Non risolve i problemi di congestione
- Non risolve automaticamente i problemi di **sicurezza**



Topologia

Rete **dual stack** realizzata:



Strumenti adottati

Software di base

- Debian GNU/Linux
- Stack IPv6 del progetto USAGI

Software Applicativo

- Netperf
- Apache2
- wget



Strumenti adottati

Software di base

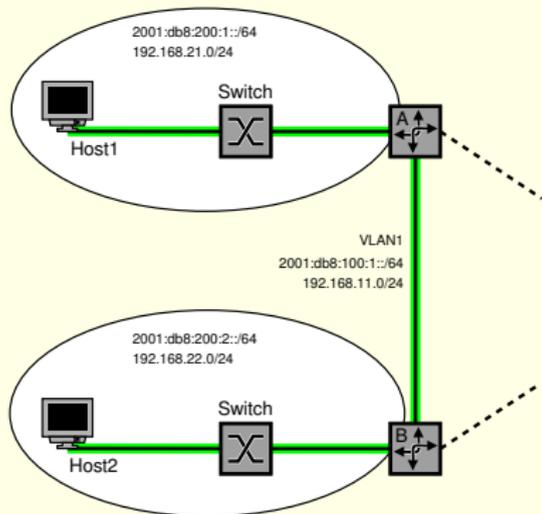
- Debian GNU/Linux
- Stack IPv6 del progetto USAGI

Software Applicativo

- Netperf
- Apache2
- wget



Scenario dei test



Ruolo dei nodi:

- Host1: **server**
- Host2: **client**



Misure di traffico

Test con **netperf**:

- Creazione di una sessione TCP su IP o IPv6
- Invio di messaggi (pacchetti) di dimensione variabile
- Registrazione del **throughput medio**

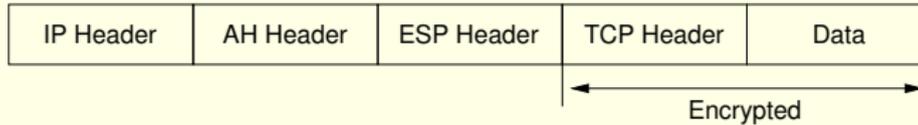
Test con **Apache2** e **wget**:

- Trasferimento di un file di grandi dimensioni
- Registrazione del **throughput puntuale**

In questo ultimo test la **dimensione dei pacchetti** è **costante**



Test con IPsec in *transport mode*

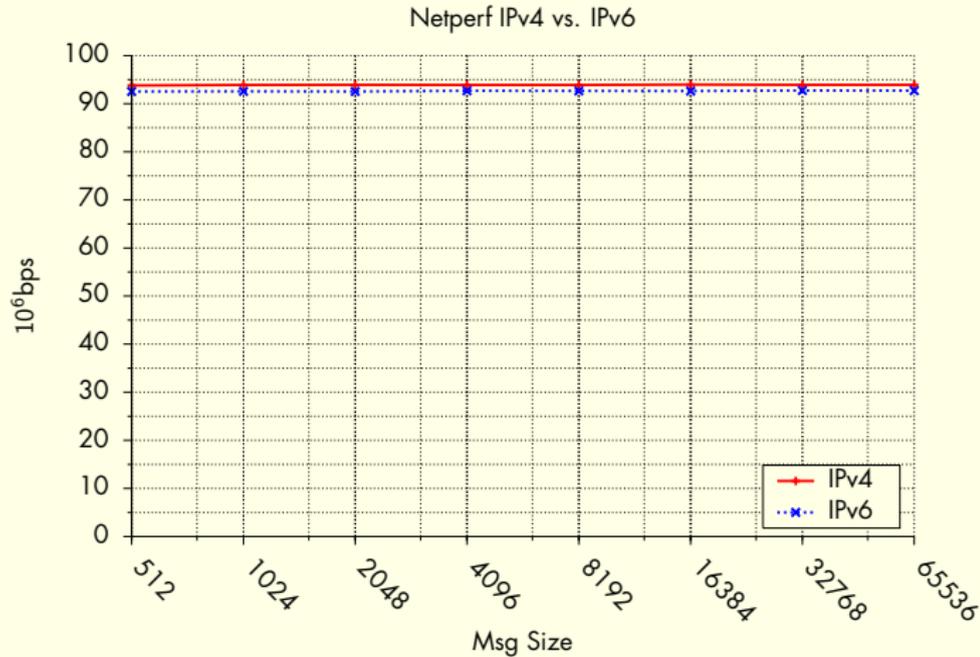


Test effettuati con IPsec:

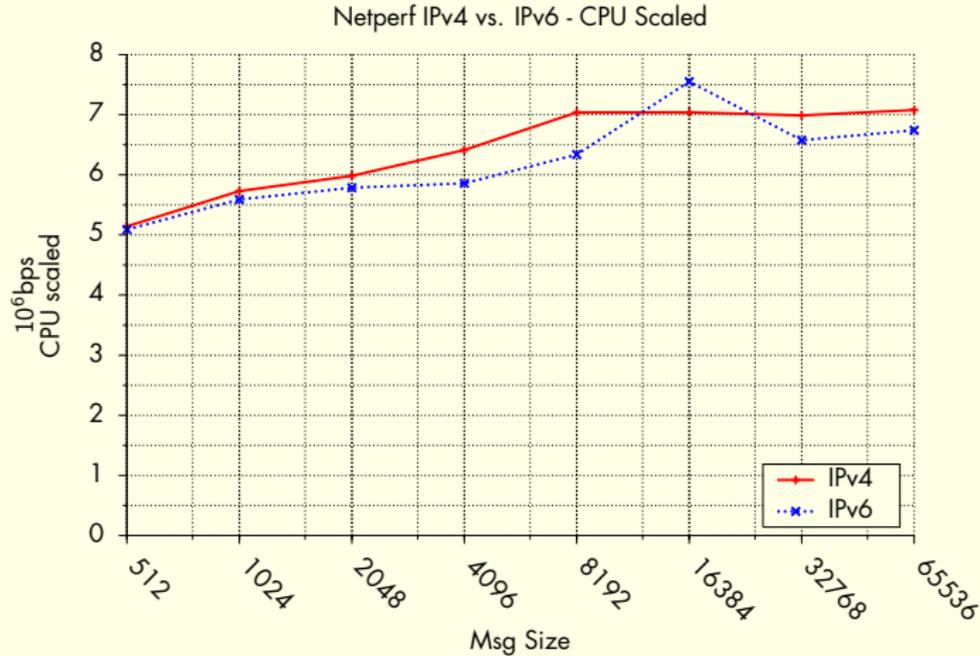
- Specifica di **Security Policy** fra gli host
- Instaurazione di **Security Association**
- Test TCP o test applicativo



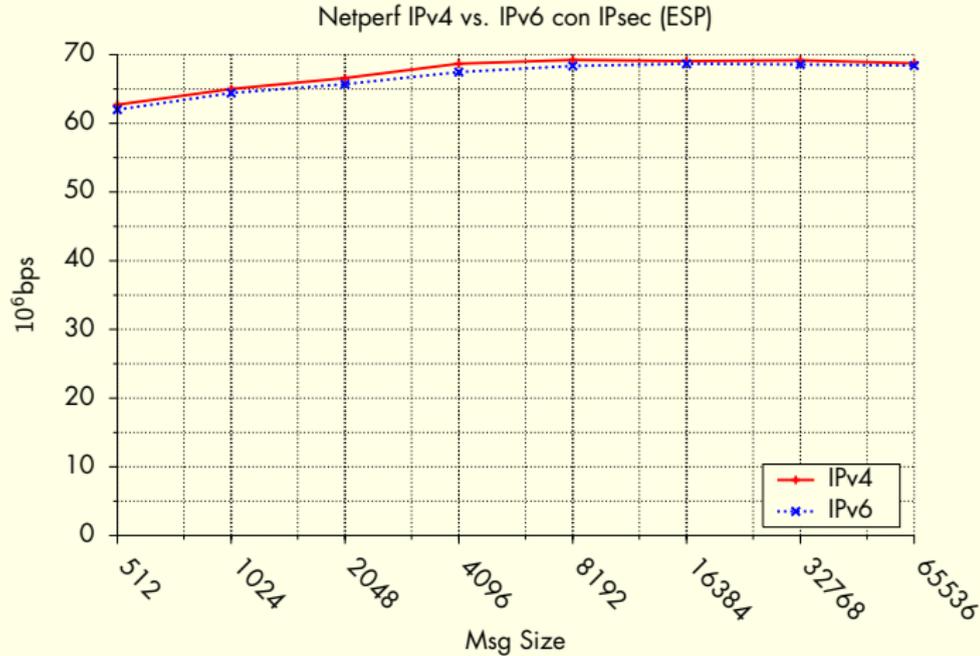
TCP STREAM su IP ed IPv6



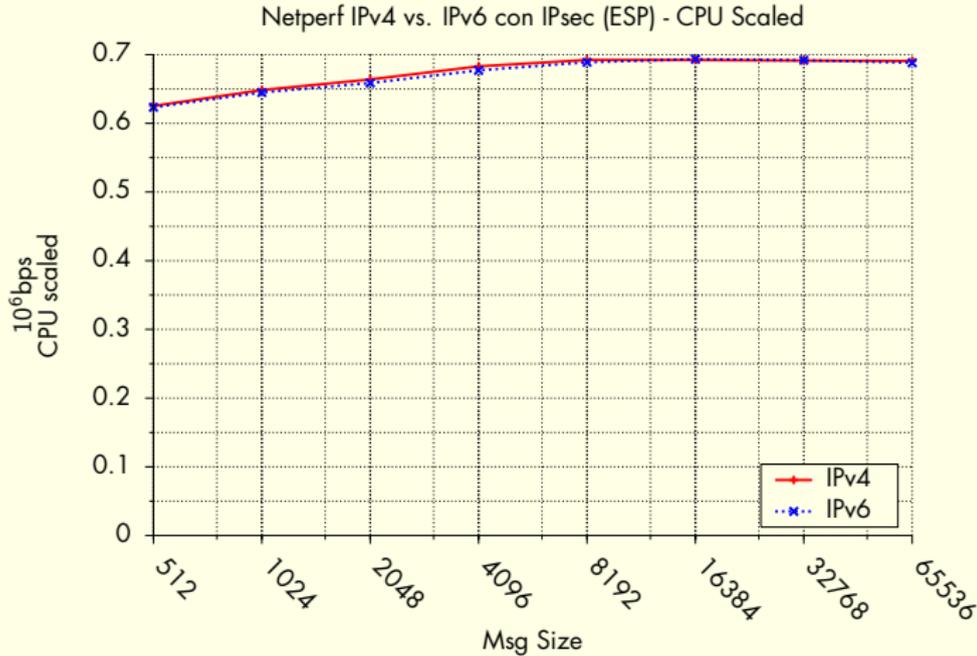
TCP STREAM su IP ed IPv6: banda/CPU



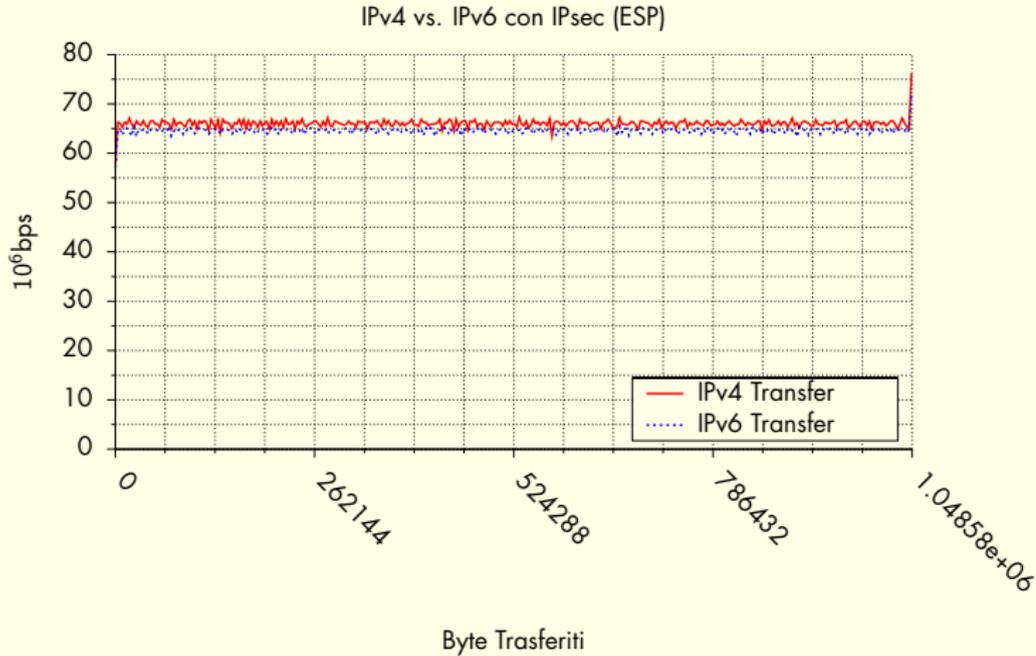
TCP STREAM con ESP su IP ed IPv6



TCP STREAM con ESP su IP ed IPv6: banda/CPU



HTTP con ESP su IP ed IPv6



Note sui test

Limiti dei test:

- Rete a 100Mbps
- Infrastruttura di routing relativamente semplice

Proposte per il futuro:

- Test su *link* a 1Gbps o più
- Sperimentazione con Mobile IPv6
- Utilizzo di Jumbograms su link particolari (Infiniband?)
- Prove su infrastrutture reali
- **Porting di software di rete su IPv6**



Approfondimenti



S. Deering et R. Hinden.

Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, Dicembre 1998.
RFC 2460.

URL <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2460.txt>



H. L. Kramshøj.

Designing Internetworks with IPv6, 2002.

URL <http://www.inet6.dk/thesis/>



M.-K. Shin, Y.-G. Hong, J. ichiro itojun HAGINO, P. Savola et E. M. Castro.

Application Aspects of IPv6 Transition, Marzo 2004.

URL <http://www.ietf.org/internet-drafts/>

