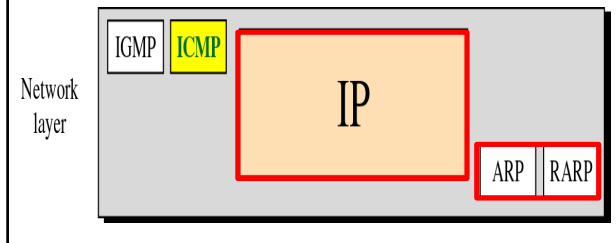


Протоколи (v4) на мрежовия слой в TCP/IP модела

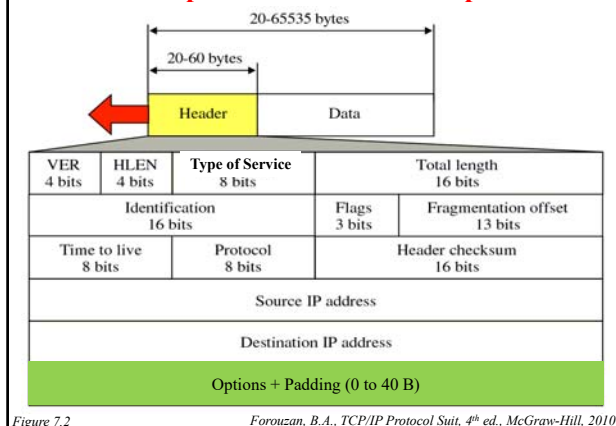


1

Internet Protocol version 4 (IPv4)

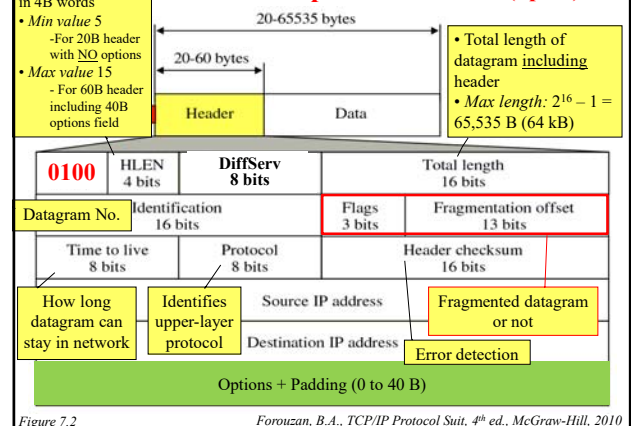
11

IPv4: Формат на пакета/дейтаграмата



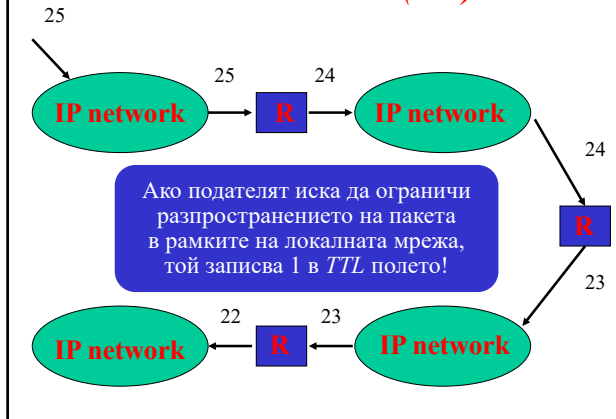
15

IPv4: Формат на пакета (прод.)



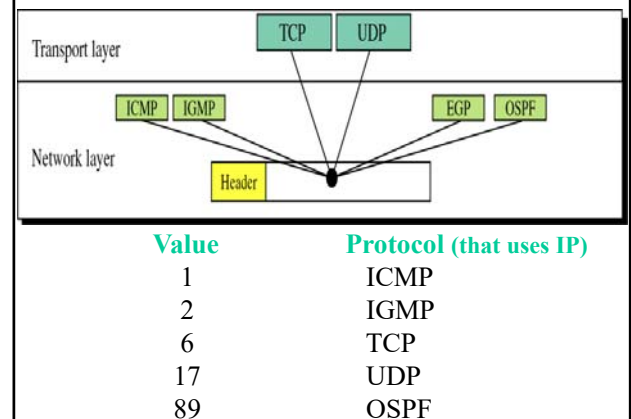
16

IPv4 пакет: Time To Live (TTL) поле



19

IPv4 пакет: Protocol поле

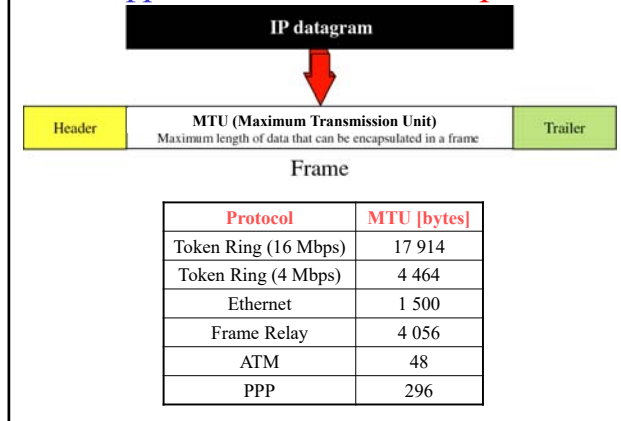


20

IPv4 фрагментация

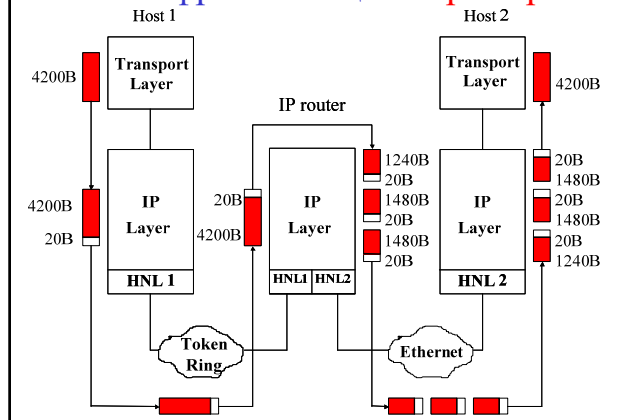
21

IPv4 фрагментация: MTU проблем



23

IPv4 фрагментация: Пример



24

IPv4 фрагментация: Полета

- **Identification (ID)**
- **Total length**
- **Fragmentation offset**
 - Относително положение на данните, пренасяни от фрагмента, спрямо данните на оригиналния пакет.
 - В значения, кратни на 8 байта.
- **More Fragments flag (M)**
 - Ако M=1, това не е последният фрагмент.
 - Ако M=0, това е последният (или единствен) фрагмент.
- **Do NOT Fragment flag (D)**
 - Ако D=1, пакетът не може (не трябва) да се фрагментира.

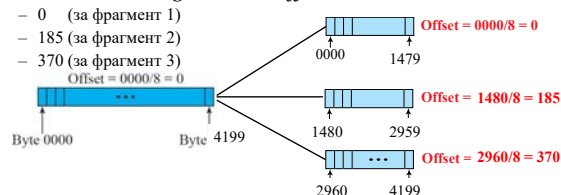
D: Do not fragment
M: More fragments



25

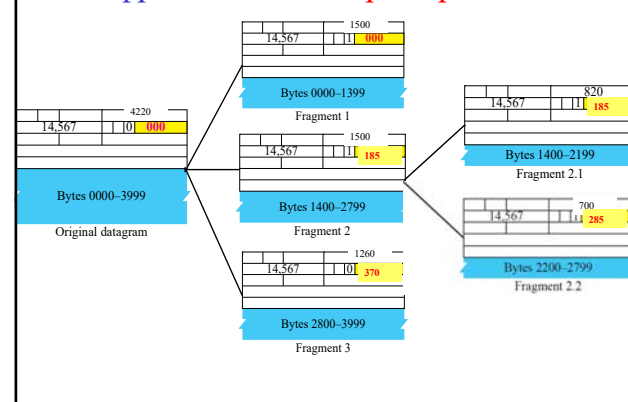
IPv4 фрагментация: Пример (прод.)

- IP пакетът се разделя на 3 фрагмента
- Всеки фрагмент пренася част от данните на оригиналния пакет и има същата заглавна част с изключение на полетата: **Total length, Fragmentation offset, More Fragments**.
- Значението на **Identification** полето е същото като това на оригиналния пакет, напр. 14567.
- Всички фрагменти (с изключение на последния) съдържат 1 в **More Fragments** полето
- Значението на **Fragmentation Offset** полето е следното:
 - 0 (за фрагмент 1)
 - 185 (за фрагмент 2)
 - 370 (за фрагмент 3)



26

IPv4 фрагментация: Пример в детайли



27

IPv4 дефрагментация (re-assembly)

- Само в хоста-получател!
(не в маршрутизаторите)
- Тъй като фрагментите на даден пакет могат да преминават през различни маршрути/маршрутизатори
- Предимство:** Елиминира необходимостта от изчислителни и буферни ресурси в маршрутизаторите
- Недостатък:** IP пакетът, в крайна сметка, може да бъде фрагментиран до най-малкия допустим размер по маршрута. След като това стане, дори и да има възможност по-нататък по маршрута, фрагментите не могат да се обединяват, което води до неефективност и спад на производителността.

29

IPv4 дефрагментация: Справяне с неуспех

- Дефрагментацията може да се провали, ако някои фрагменти се загубят или закъснеят много в мрежата.
- Необходимост от откриване на провалите
- Чрез използване на *TTL* полето
 - Ако време на живот за даден фрагмент изтече, този фрагмент се премахва (изтрива) от текущия маршрутизатор, който изпраща ICMP съобщение за грешка на хоста-подател.
- Чрез използване на *time out* за дефрагментацията
 - Стартира се при пристигане на първия фрагмент
 - Ако времето изтече преди пристигането на всички фрагменти, получателят отхвърля колекционираните фрагменти и изпраща ICMP съобщение за грешка на хоста-подател.

30

IPv4 пакет: Контролна сума

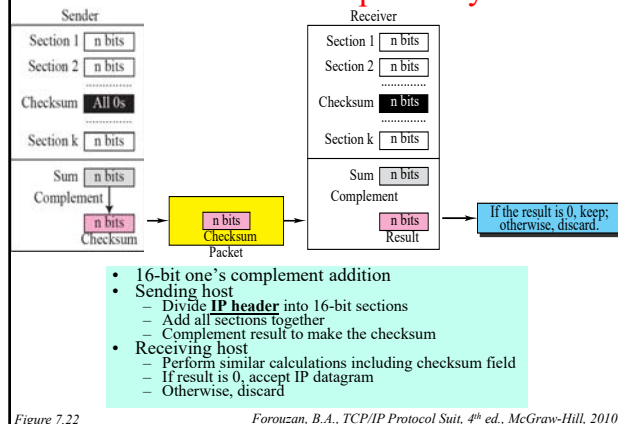


Figure 7.22

Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

31

IPv4 пакет: Пример за изчисляване на контролната сума

4	5	0	28
1	0	0	
4	17	10001011	10110001
10.12.14.5			
12.6.7.9			

4, 5, and 0	→	01000101	00000000
28	→	00000000	00011100
1	→	00000000	00000001
0 and 0	→	00000000	00000000
4 and 17	→	00000100	00010001
0	→	00000000	00000000
10.12	→	00001010	00001100
14.5	→	00001110	00000101
12.6	→	00001100	00000110
7.9	→	00000111	00001001
Sum	→	01110100	01001110
Checksum	→	10001011	10110001

Figure 8-24

Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003

32

IPv4: Опции



Figure 7.11

Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

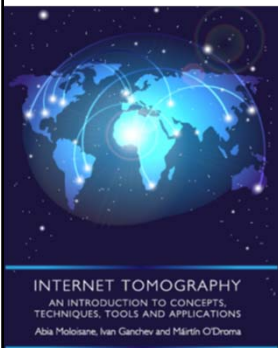
34

IPv4: Multiple-byte Options

Option	Description	Application
<i>Record route</i>	Makes each router append its IP address	Mostly to debug routing algorithms (e.g. <i>ping -R</i>)
<i>Timestamp</i>	Makes each router append its IP address and timestamp	Internet performance measurements
<i>Strict source routing</i>	Gives complete path (sequence list of routers addresses) to be followed	Benchmarking / testing of networks, system management (e.g. <i>traceroute -G</i>)
<i>Loose source routing</i>	Gives list of routers that <u>may</u> be followed	Internet tomography (e.g. <i>traceroute -g</i>)
<i>Security</i>	Security label attached for confidentiality, authentication, and data integrity	IPsec

35

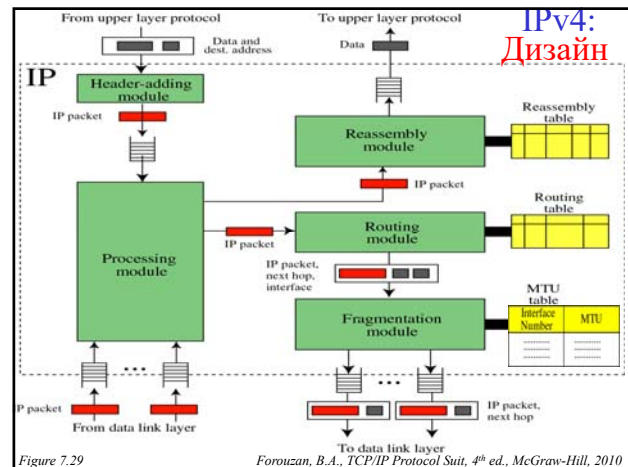
Интернет томография



INTERNET TOMOGRAPHY
AN INTRODUCTION TO CONCEPTS,
TECHNIQUES, TOOLS AND APPLICATIONS
Abia Molosane, Ivan Ganchev and Martin O'Droma

- **Internet Tomography** is a growing discipline focused on minimally-invasive capturing of the Internet performance and behaviour globally, regionally, and nationally.
- This **'Book of the Month'** addresses:
 - The design of Internet Tomography Measurement Systems (ITMS) aimed at mapping the Internet performance profile spatially and temporally over any selected virtual Internet paths;
 - The use of Internet tomography measurement in modelling support, through network simulation and emulation, for real network- and service design and analysis, and new service deployment planning;
 - The exploration of spatial and temporal Internet performance variations by means of scenario-based analysis using real-time Internet performance data;
 - Aspects of Internet tomography in next generation wireless network – wireless NGN – architectures; and
 - The important role of ITMS in Service Level Agreement (SLA) design, implementation and compliance.

36



45

IP: Версии

- IPv1-3 – стари версии
- **IPv4** – текуща версия
- IPv5 – неуспешна версия (*streams protocol*)
- **IPv6** – заместник на IPv4
 - По време на развитието ѝ, е наричана **IPng** (*IP Next Generation*).

51

Internet Protocol version 6 (IPv6)

53

IPv6

- Дефинирана от IETF (*RFC 1752, 2460, 4291*) през декември 1998 г.
- Подобрения:
 - Разширено 128-битово адресно пространство
 - Подобен опционен механизъм (опционните заглавни части, от които даден маршрутизатор НЕ се интересува, НЕ се разглеждат изобщо от него, а просто се пропускат!)
 - Автоконфигуриране на адреси
 - По-добра гъвкавост при адресиране (*anycast* и наличие на обхвати в *multicast*)
 - Повече внимание се обръща на качеството на обслужване / *QoS* (работа с етикетирани потоци – за мултимедия)
- НЕ се възприема толкова бързо, колкото се е очаквало!
 - Към декември 2014 г. превозва само около 6% от Интернет трафика!
 - Тъй като липсва обратна съвместимост с IPv4, всички хостове и маршрутизатори по даден маршрут трябва да са конфигурирани с IPv6 за да се възползват от пълните ѝ възможности!

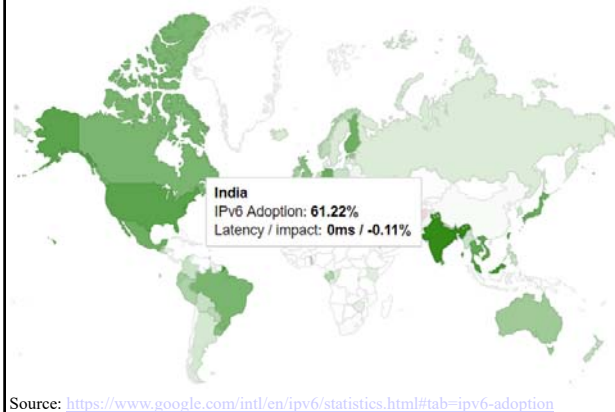
54

IPv6: Възприемане (общо)



55

IPv6: Възприемане (по държави)



56

IPv6: Адресация

- **Повече адреси** от IPv4 дори и при неефективно разпределение
 - 4 пъти по-дълги адреси, т.е. 16 байта (128 бита).
 - $2^{128} \approx 3.4 \times 10^{38}$ адреси!
 - 7×10^{23} адреси на 1 кв. м. на Земята!
 - В бъдеще всяко електронно устройство може да има IPv6 адрес!
- Нова нотация
 - 8 групи по 4 шестнадесетични цифри, с двоеточия между тях.
 - Например, **0004:0000:0000:0000:0000:0008:0ABC:0DEF**
- Компресиране на нулите
 - Много адреси се очаква да съдържат много нули
 - Водещите нули в групите могат да бъдат пропуснати
 - 1 или повече междинни нулеви групи (съдържащи 4 нули) могат да бъдат заменени с двойка двоеточия
 - Например, **4::8:ABC:DEF**
- IPv4 адрес се записва като **::X.Y.Z.W**

57

• **RFC 4291** **IPv6: Адресация (прод.)**

• Адрес се присъжда на интерфейс, а не на възел!

- Един интерфейс може да има множество уникални *unicast* адреси

• **3 адресни режима:**

	3	45	16	64	bits
Unicast	001	Global Routing Prefix	Subnet ID	Interface ID	
• 1 интерфейс					
• Пакетът се доставя към него					
		Global Unicast address			
Anycast					
• Множество от интерфейси					
(обикновено принадлежащи на различни възли)					
• Пакетът се доставя към най-близкия интерфейс,					
според метриката на маршрутизирания протокол.					
Multicast					
• Пакетът се доставя към всички идентифицирани интерфейси					
• Broadcast адресът е заместен от multicast тип (специална група, състояща се от всички интерфейси в мрежата)					

Address type	Binary prefix	IPv6 notation
Unspecified	00...0 (128 bits)	::/128
Loopback	00...1 (128 bits)	::1/128
Multicast	11111111	FF00::/8
Link-Local unicast	1111111010	FE80::/10
Global Unicast	(everything else)	

58

IPv6: Формат на пакета

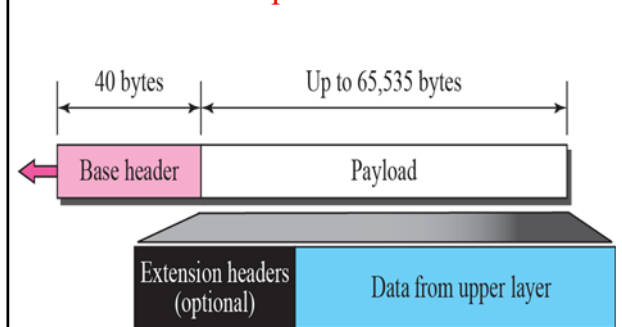


Figure 27.1

Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

59

IPv6: Базова заглавна част

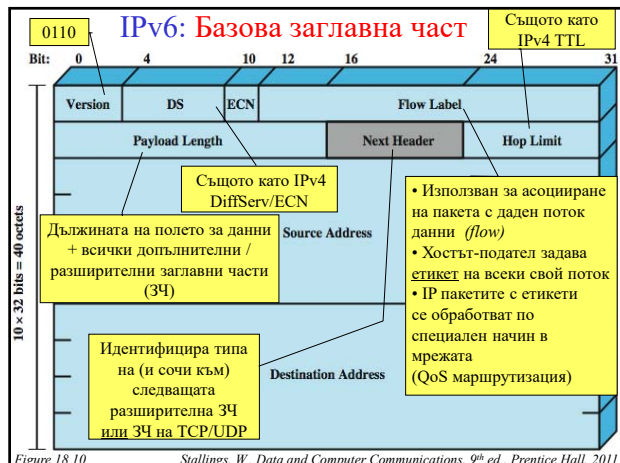


Figure 18.10

Stallings, W., Data and Computer Communications, 9th ed., Prentice Hall, 2011

60

IPv6: Предимства



Figure 18.9

Stallings, W., Data and Computer Communications, 9th ed., Prentice Hall, 2011

62

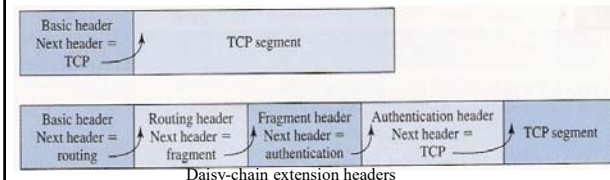
Подобрен опционален IPv6: Предимства (прод.)

механизъм

- Някои от задължителните полета сега са опционални
- Опции са представени по различен начин
 - Чрез **разширителни ЗЧ**
 - Маршрутизаторите могат да ги прескачат, ако НЕ са предназначени за тях
 - По-бърза обработка на пакетите
- По-лесно развитие на опциите

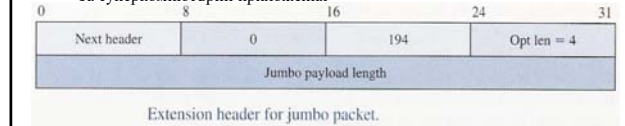
Table 27.1 Next Header Codes

Code	Next Header	Code	Next Header
0	Hop-by-hop option	44	Fragmentation
2	ICMP	50	Encrypted security payload
6	TCP	51	Authentication
17	UDP	59	Null (No next header)
43	Source routing	60	Destination option

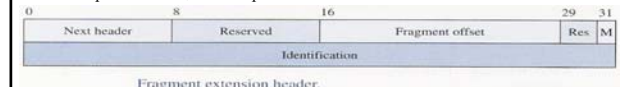


68

Поддръжка на по-големи пакети IPv6: Предимства (прод.)



- Фрагментация само в хоста-подател**
 - Маршрутизаторите НЕ са натоварени да фрагментират пакети => могат да работят по-бързо по основната си задача «маршрутизиране»
 - Хостът-подател динамично определя размера на пакета
 - Извършва *path discovery*, за да намери най-малката MTU, допускана от междинните мрежи.
 - Фрагментира IPv6 пакета, за да съответства на тази MTU.
 - Или използва размер на пакета по подразбиране (1280 B)
 - Ако пакетът е твърде голям, съответният маршрутизатор изпраща обратно съобщение за грешка.



69

IPv6: Предимства (прод.)

• Няма контролна сума

- За да се намали времето за обработка в маршрутизаторите (и за да се увеличи ефективността)
- Също поради факта, че днешните мрежи са много по-надеждни.
- Освен това каналният и транспортният слоеве използват свой собствен контрол на грешките!

• По-добра сигурност

- 2 разширителни ЗЧ за:
 - Удостоверяване на самоличността и гарантиране целостта на данните [*authentication & data integrity*]
 - Поверителност на данните [*data confidentiality / (d)encryption*]

70

IPv6: Предимства (прод.)

• Повече внимание се отделя на качеството на обслужване (QoS)

- Особено за новите мултимедийни приложения, работещи в реално време (*video-conferencing, VoIP*).
- Специални *DiffServ* и *Flow Label* полета в базовата ЗЧ
 - Трафикни приоритети: 8 – 15 за трафик в реално време; 0 – 7 за останалия трафик.
 - Поставяне на *етикети на пакетите* – за отличаване на един трафикен поток от друг.

• Помощ за multicasting чрез специфициране на обхвати

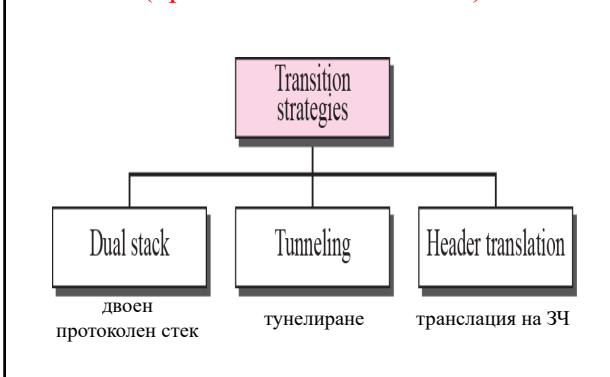
- Подобрена мащабируемост на групите адреси (*multicast*)
- Нов *anycast* адрес: пакетите се доставя към най-близкия от множество хостове.

• Може да съществува успоредно с IPv4

- в течение на много години
- НЕ е съвместима с IPv4
- Но поддържа същия набор протоколи от горния слой
 - TCP, UDP, ICMP, IGRP, OSPF, DNS ...

71

IPv6: Реализация (преход от IPv4 към IPv6)



72

IPv6 реализация: Двоен протоколен стек

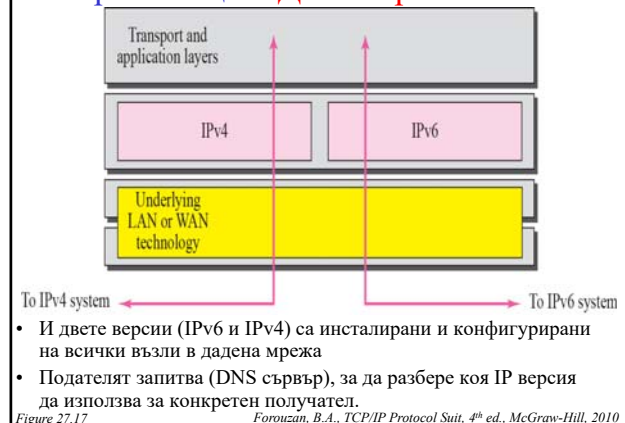


Figure 27.17 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

73

IPv6 реализация: Транслация на 3Ч

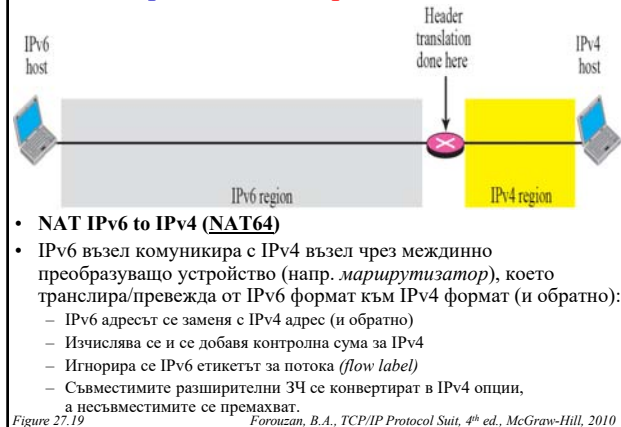


Figure 27.19 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

74

IPv6 реализация: Тунелиране

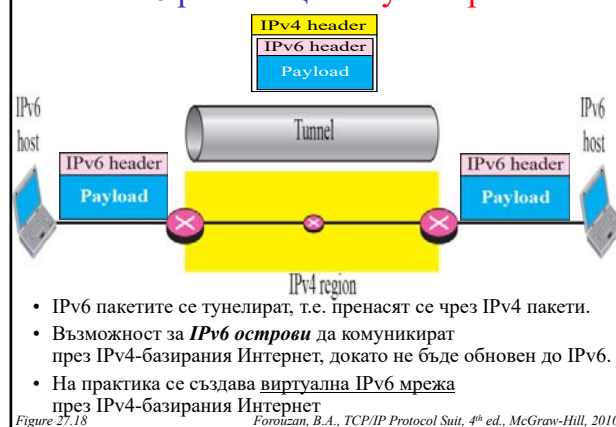


Figure 27.18 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

75