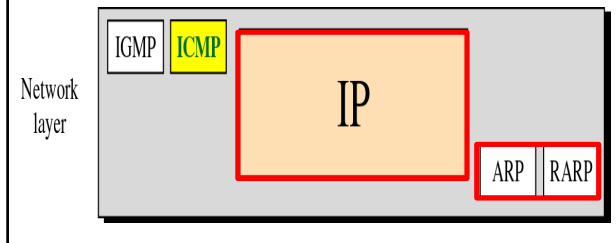


Протоколи (v4) на мрежовия слой в TCP/IP модела

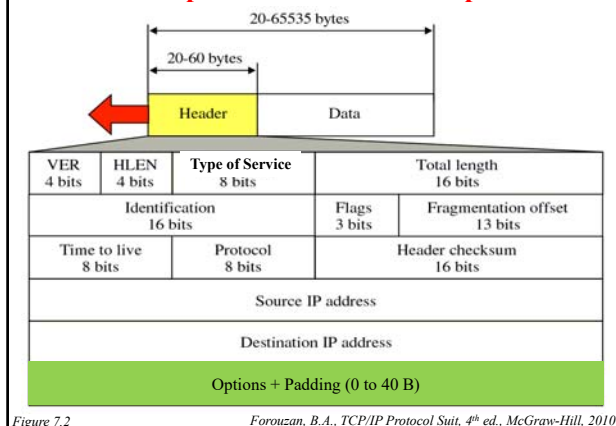


1

Internet Protocol version 4 (IPv4)

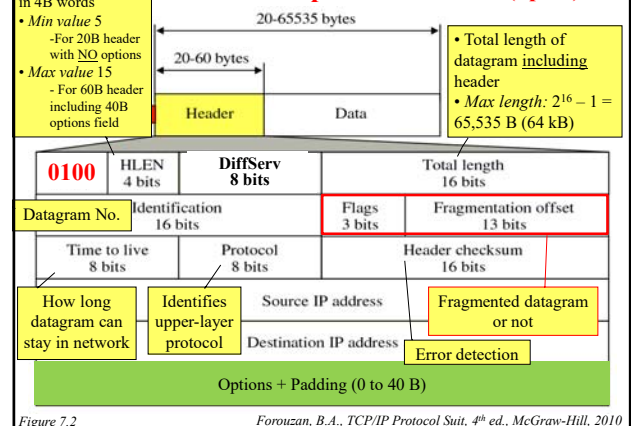
11

IPv4: Формат на пакета/дейтаграмата



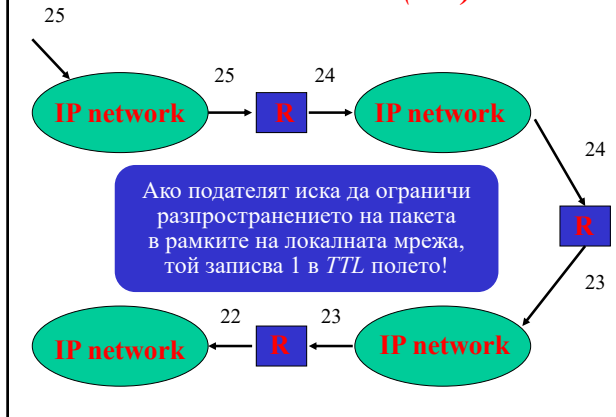
15

IPv4: Формат на пакета (прод.)



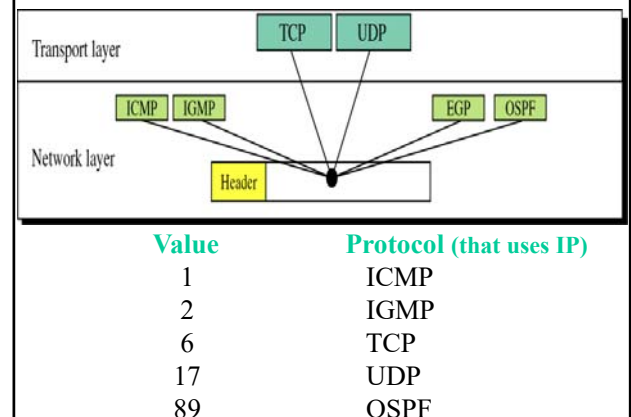
16

IPv4 пакет: Time To Live (TTL) поле



19

IPv4 пакет: Protocol поле

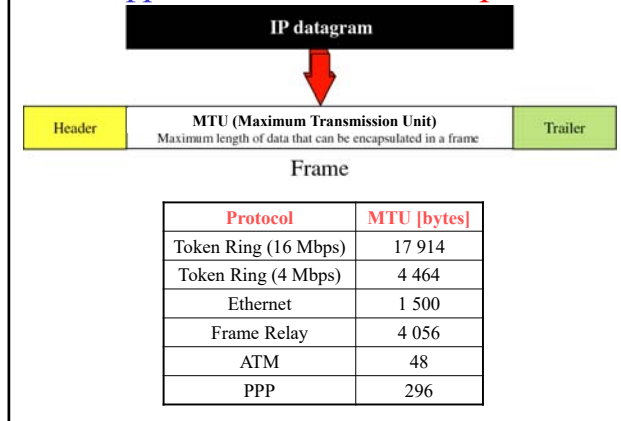


20

IPv4 фрагментация

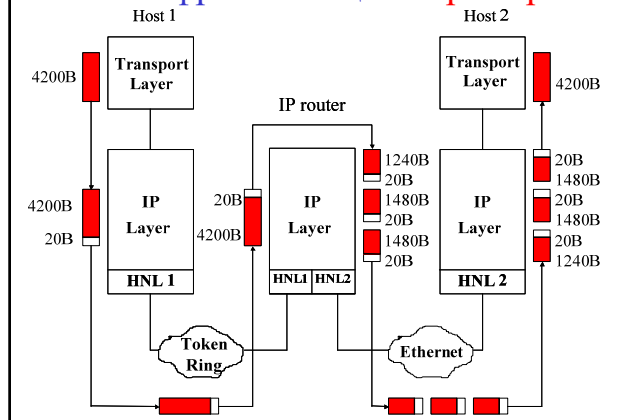
21

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.

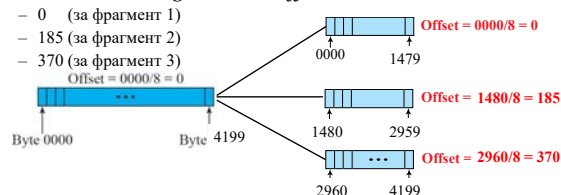
D: Do not fragment
M: More fragments



25

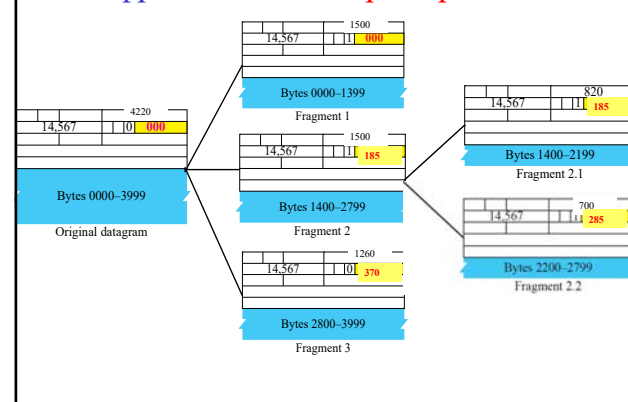
IPv4 фрагментация: Пример (прод.)

- 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 преминат 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

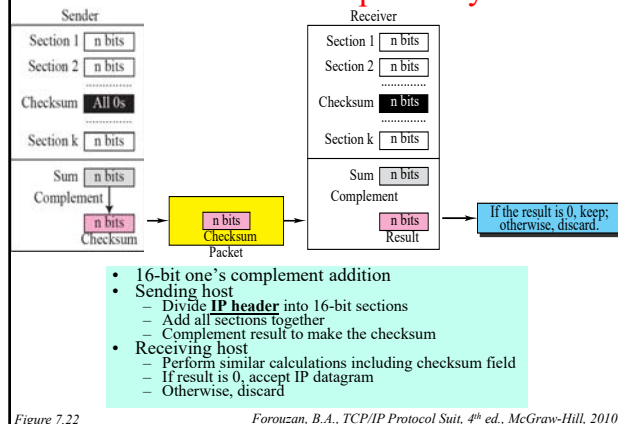


Figure 7.22

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

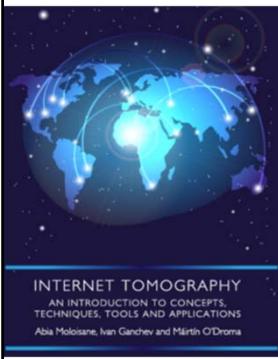
34

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

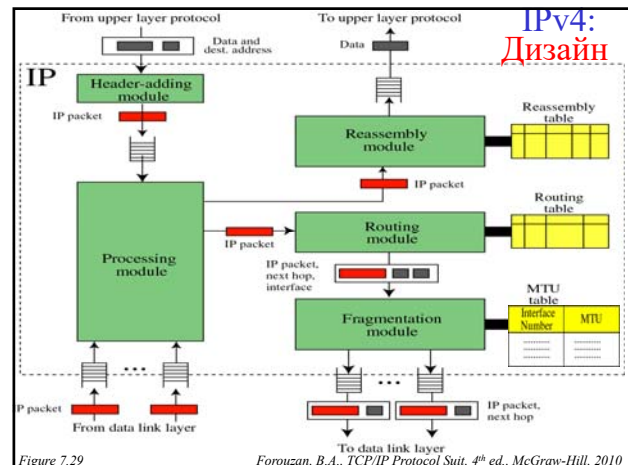
Интернет томография



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)

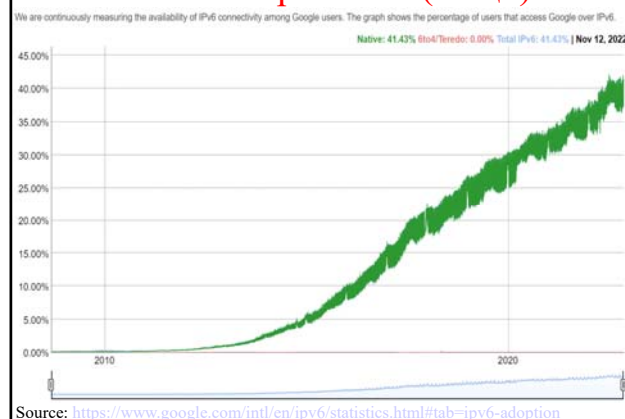
53

IPv6

- Дефинирана от IETF (*RFC 1752, 2460, 4291*) през декември 1998 г.
- Подобрения:
 - Разширено 128-битово адресно пространство
 - Подобрен 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!

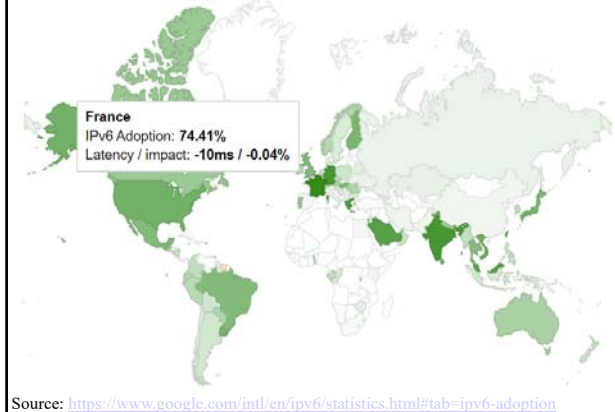
54

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					
– <i>Broadcast</i> 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

58

IPv6: Формат на пакета

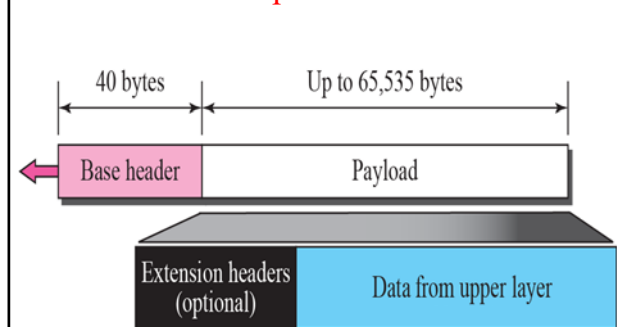


Figure 27.1

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

59

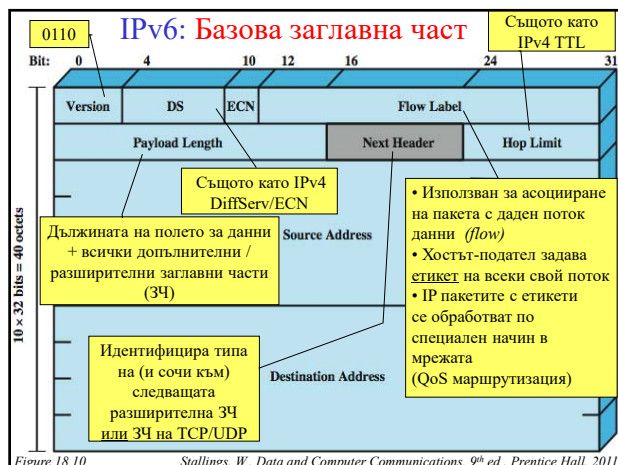


Figure 18.10

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

60



Figure 18.9

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

62

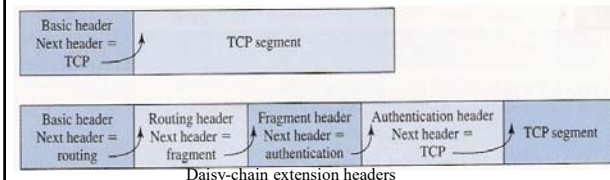
Подобрен опционален IPv6: Предимства (прод.)

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

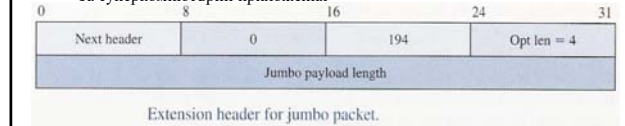
Table 27.1 Next Header Codes

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

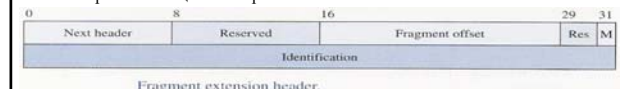


68

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

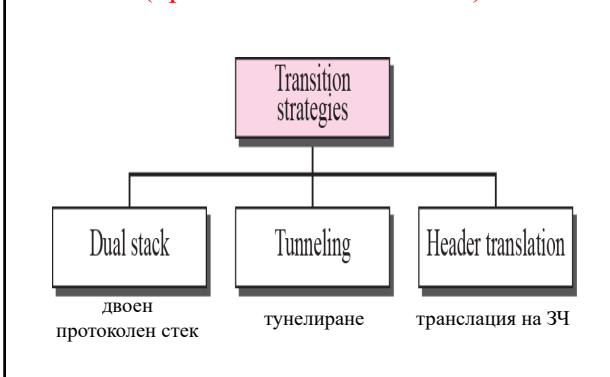
- Подобрена мащабируемост на групите адреси (*multicast*)
- Нов *anycast* адрес: пакетите се доставя към най-близкия от множество хостове.

• 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

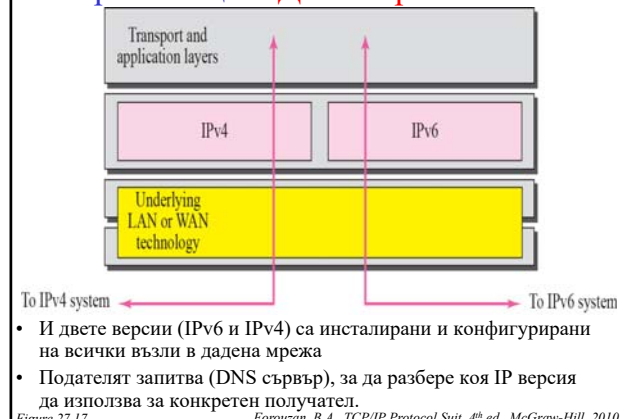
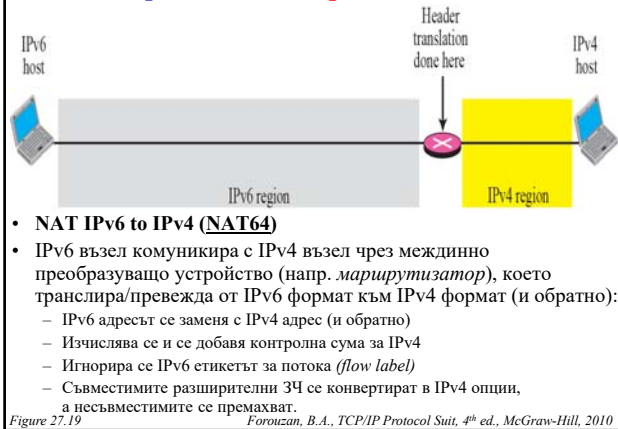


Figure 27.17 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

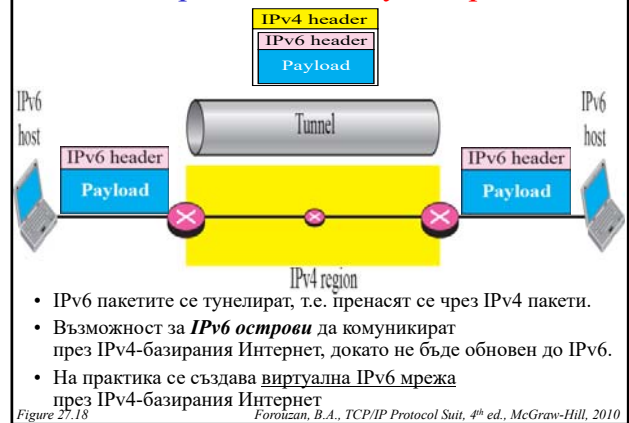
73

IPv6 реализация: Транслация на 3Ч



74

IPv6 реализация: Тунелиране



75