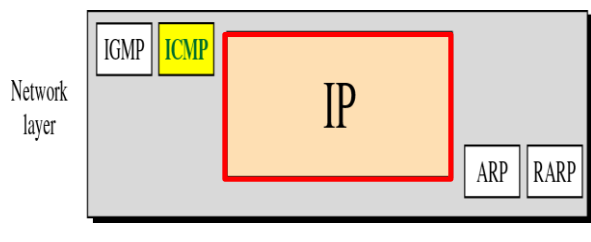


Протоколи на мрежовия слой в TCP/IP модела



Internet Protocol version 4 (IPv4)

IPv4: Формат на пакета/дейтаграмата

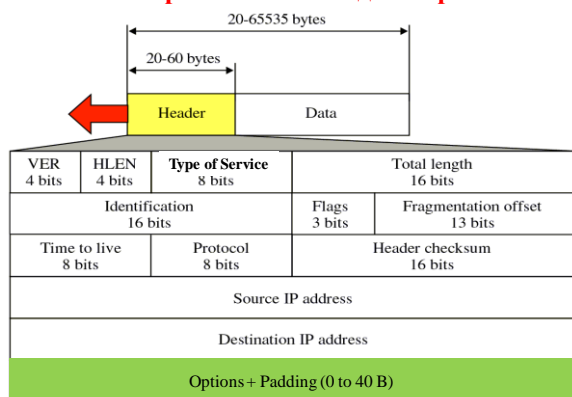


Figure 7.2

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

IPv4: Формат на пакета (прод.)

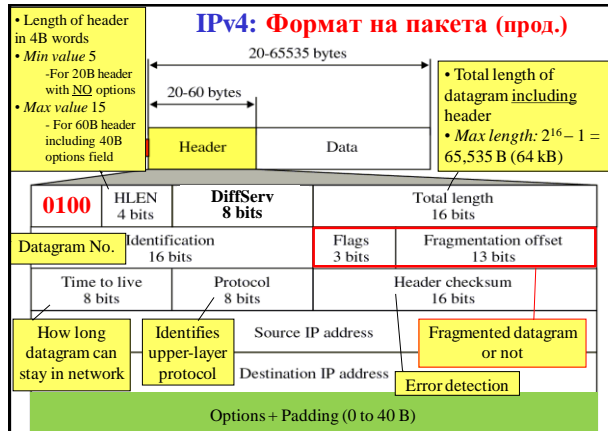


Figure 7.2

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

IPv4 пакет: DiffServ поле (предишно Type of Service)

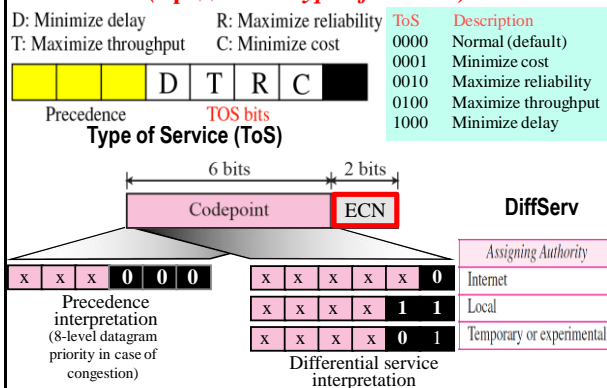
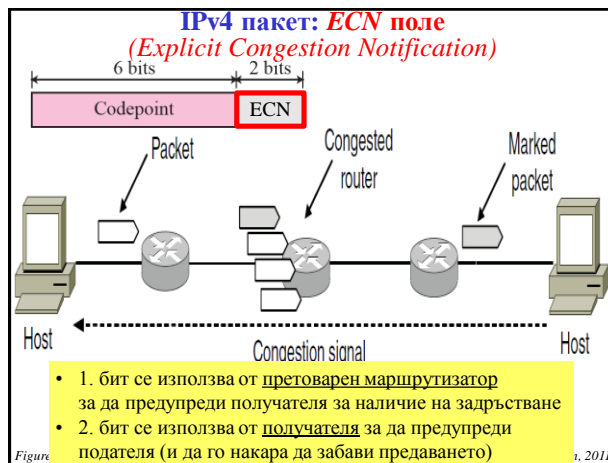


Figure 7.3

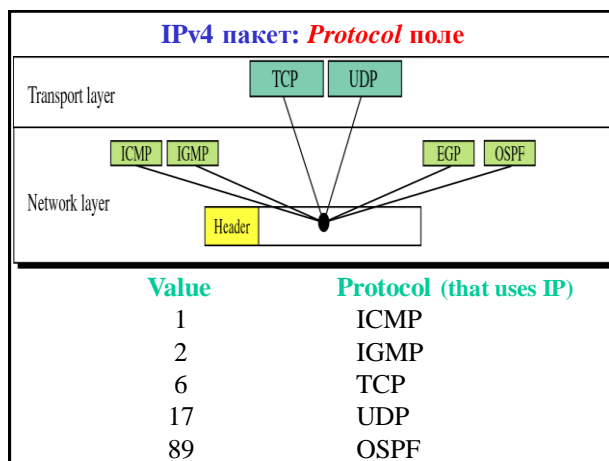
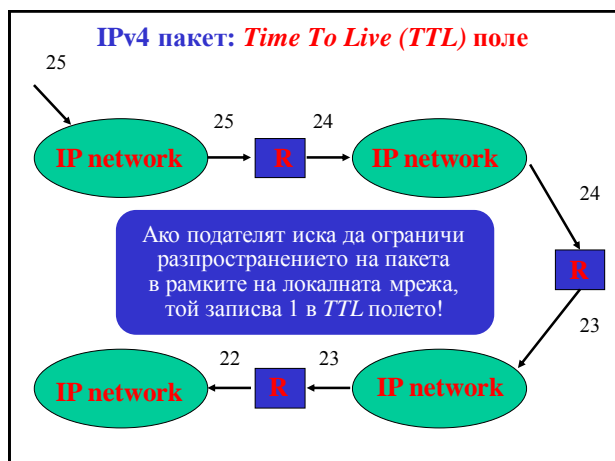
Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

IPv4 пакет: ECN поле (Explicit Congestion Notification)

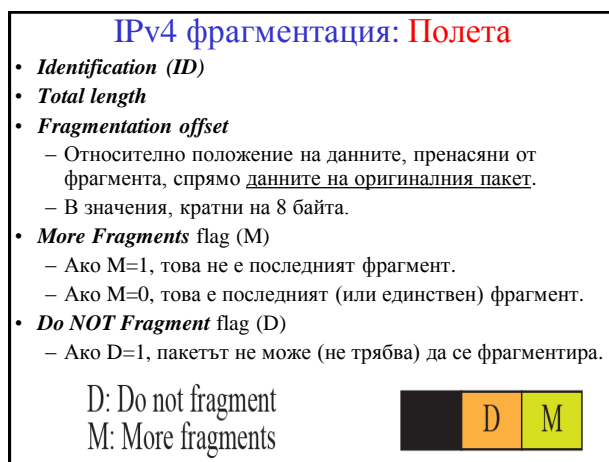
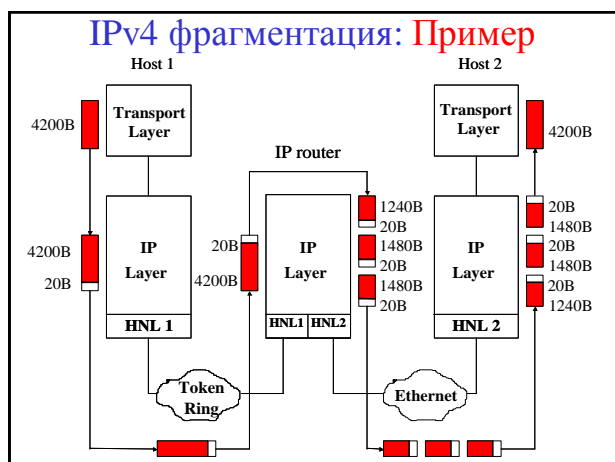
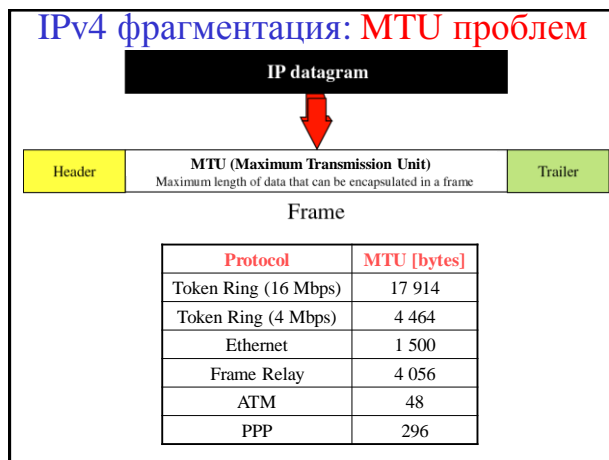


Figure

, 2011

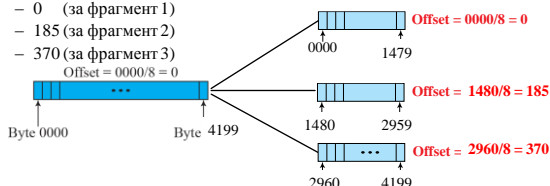


IPv4 фрагментация

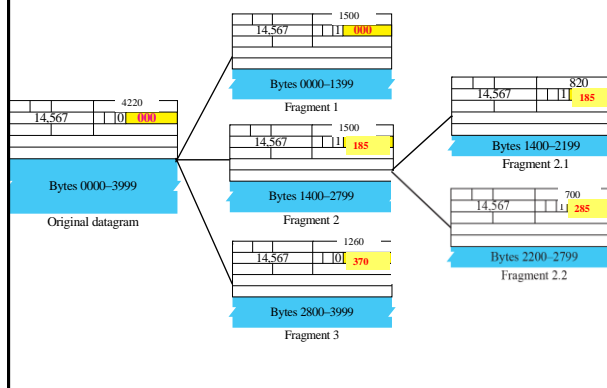


IPv4 фрагментация: Пример (прод.)

- 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)



IPv4 фрагментация: Пример в детайли



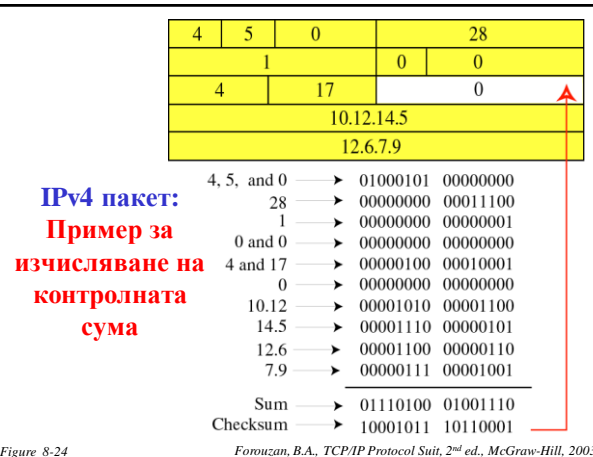
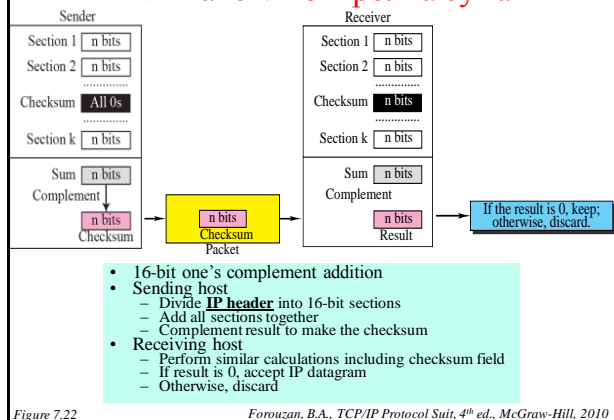
IPv4 дефрагментация (re-assembly)

- 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.

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 колекционираният фрагменти и изпраща ICMP съобщение за грешка на хоста-подател.

IPv4 пакет: Контролна сума



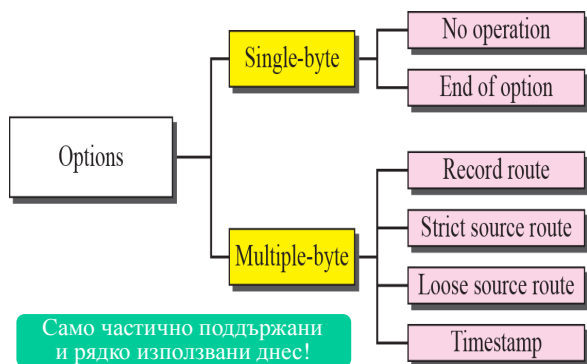
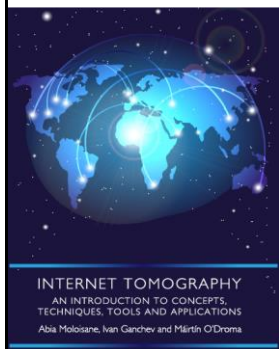
IPv4: Опции

Figure 7.11

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

Интернет томография

- **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.

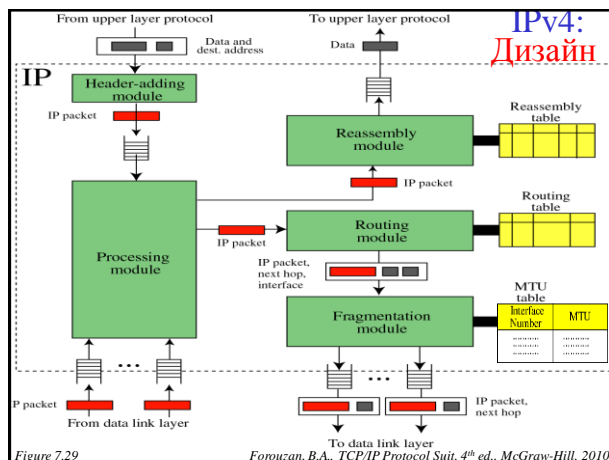


Figure 7.29

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

*Internet
Protocol
version 6
(IPv6)*

IPv6

- Дефинирана от IETF (*RFC 1752, 2460, 4291*) през декември 1998 г.
- Подобрения:
 - Разширено 128-битово адресно пространство
 - Подобрен опционен механизъм (някои опционни заглавни части могат да не се разглеждат от незаинтересованите маршрутизатори)
 - Автоконфигуриране на адреси
 - По-добра гъвкавост при адресиране (*anycast* и наличие на обхвати в *multicast*)
 - Повече внимание към качеството на обслужване / *QoS* (работа с етикетирани потоци – за мултимедия)
- Не се реализира 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!

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 ще има IPv6 адрес!
- Нова нотация
 - 8 групи по 4 шестнадесетични цифри, с двоеточия между тях за разделители.
 - 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 бъде 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**

IPv6: Адресация (прод.)

- RFC 4291**
- Адрес се присъжда на интерфейс, а не на възел!**
 - Един интерфейс може да има множество уникални *unicast* адреси
- 3 адресни режима:**
 - Unicast**
 - 1 интерфейс
 - Пакетът се доставя към него
 - Anycast**
 - Множество от интерфейси (обикновено принадлежащи на различни възли)
 - Пакетът се доставя към **най-близкия** интерфейс, според метриката на маршрутизацияния 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	111111010	FE80::/10
Global Unicast	(everything else)	

IPv6: Формат на пакета

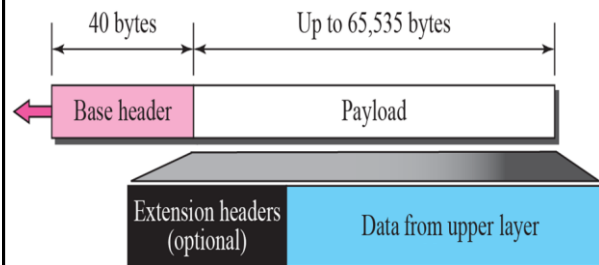


Figure 27.1

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

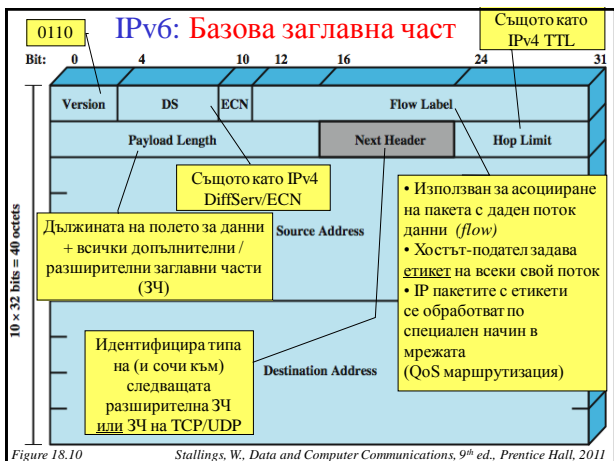


Figure 18.10

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

IPv6: Предимства

Подоброена структура на 3Ч

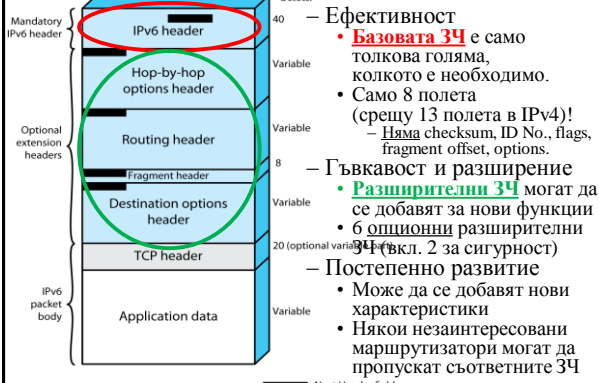


Figure 18.9

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

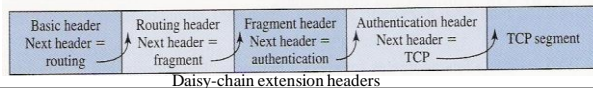
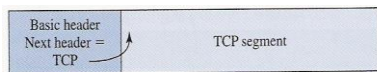
Подобрен опционен IPv6: Предимства (прод.)

механизъм

- Някои от задължителните полета сега са опционни
- Опции са представени по различен начин
 - Чрез **разширителни 3Ч**
 - 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

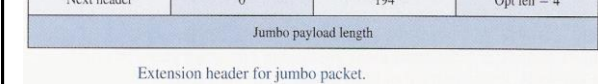
Code	Next Header	Code	Next Header
0	Hop-by-hop option	44	Fragmentation
2	ICMP	50	Encrypted security payload
6	TCP	51	Authentication
17	UDP	59	Null (No next header)
43	Source routing	60	Destination option



Daisy-chain extension headers

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

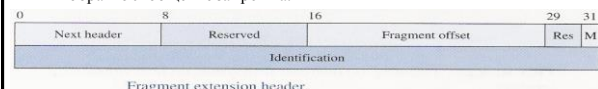
- Поддръжка на **по-големи пакети**
 - Jumbograms > 64 kB
 - За суперкомпютърни приложения



Extension header for jumbo packet.

Фрагментация само в хоста-подател

- Маршрутизаторите не са натоварени да фрагментират пакети => могат да работят по-бързо по основната задача на маршрутизирането
- 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, някой от маршрутизаторите ще изпрати обратно съобщение за грешка.



Fragment extension header.

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 слой използват свой собствен контрол на грешките!

По-добра сигурност

- 2 разширителни 3Ч за:
 - Удостоверяване на самоличността и гарантиране целостта на данните (*authentication and data integrity*)
 - Поверителност на данните (*data confidentiality / encryption*)

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 3Ч
 - Трафични приоритети: 8 – 15 за трафик в реално време; 0 – 7 за останалия трафик.
 - Поставяне на **етикети на пакетите** – за отличаване на един трафичен поток от друг.

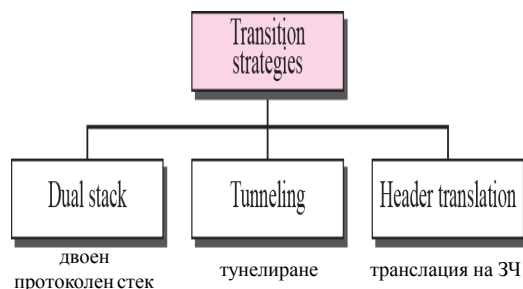
Помощ за multicasting чрез специфициране на обхвати

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

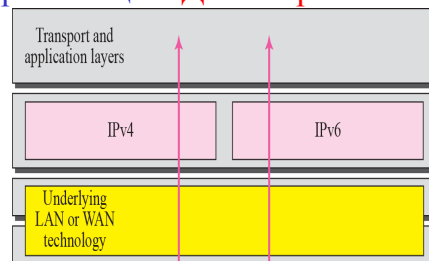
Може да съществува успоредно с IPv4

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

IPv6: Реализация (преход от IPv4 към IPv6)



IPv6 реализация: Двоен протоколен стек



To IPv4 system ← → To IPv6 system

- И двете версии (IPv6 и IPv4) са инсталирани и конфигурирани на всички възли в дадена мрежа
- Подателят запитва DNS сървър за да разбере коя версия да използва за конкретен получател

Figure 27.17

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

IPv6 реализация: Транслация на ЗЧ



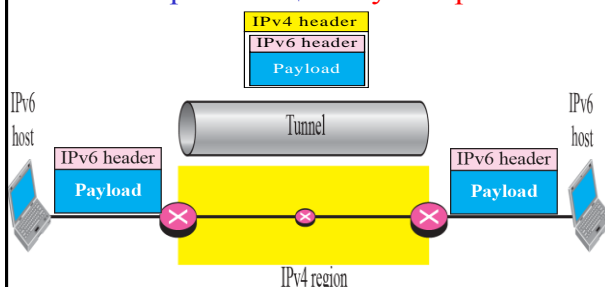
- **NAT IPv6 to IPv4 (NAT64)**

- IPv6 възел комуникира с IPv4 възел чрез междинно преобразуващо устройство (напр. *маршрутизатор*), което транслира/превежда от IPv6 формат към IPv4 формат (и обратно):
 - IPv6 адресът се заменя с IPv4 адрес (и обратно)
 - Изчислява се и се добавя контролна сума за IPv4
 - Игнорира се IPv6 етикетът за потока (*flow label*)
 - Съвместимите разширителни ЗЧ се конвертират в IPv4 опции, а несъвместимите се премахват.

Figure 27.19

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

IPv6 реализация: Тунелиране



- IPv6 пакетите се тунелират, т.е. пренасят се чрез IPv4 пакети.
- Възможност за **IPv6 острови** да комуникират през IPv4-базирания Интернет, докато не бъде обновен до IPv6.
- На практика се създава **виртуална IPv6 мрежа** през IPv4-базирания Интернет

Figure 27.18

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