

Маршрутизация в Интернет

1

Маршрутизация с използване на класово адресиране

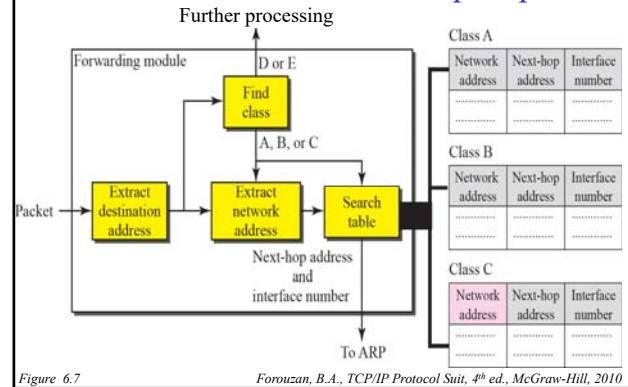


Figure 6.7

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

2

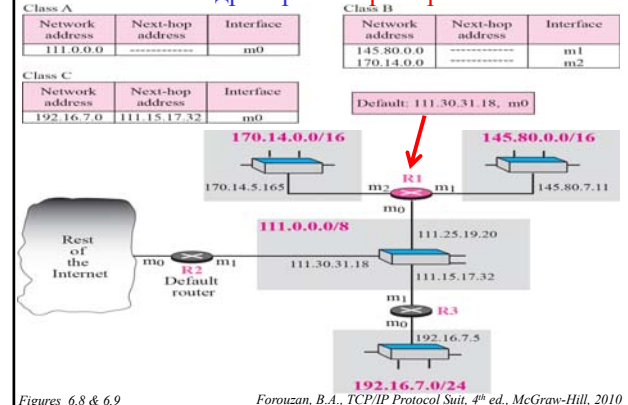
Маршрутизация с използване на класово адресиране (прод.)

Маршрутизатор:

- Поддържа различни таблици за мрежите-цели
 - по 1 за всеки клас адреси
 - Индексираните таблици за класове А и В
 - Хешираните таблици за клас С
- При пристигане на нов пакет
 - Използва първите 4 бита от адреса на получателя за определяне на класа (А, В, С, D)
 - Определя NetID на мрежата-цел
 - Прегърсва съответната таблица до намиране на NetID
 - Прочита от таблицата номера на съответния изх. интерфейс
 - Изпраща пакета към този интерфейс

3

Маршрутизация с използване на класово адресиране: Пример



Figures 6.8 & 6.9

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

4

Маршрутизация с използване на класово адресиране при наличие на подмрежи

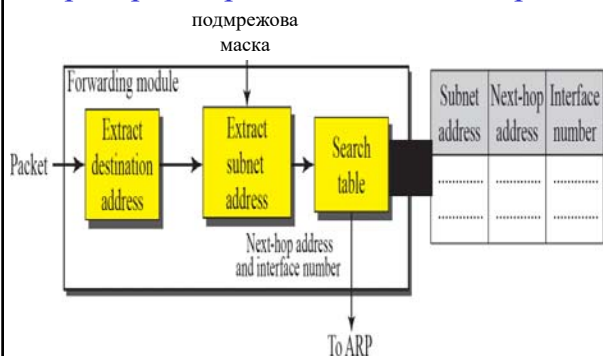


Figure 6.10

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

5

Маршрутизация с използване на класово адресиране при наличие на подмрежи: Пример

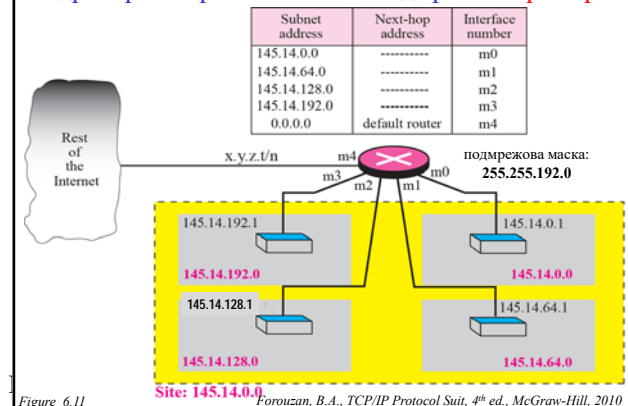


Figure 6.11

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

6

ф. Иван

1

Маршрутизация с използване на безкласово адресиране – *Classless Inter-Domain Routing (CIDR)*

Маршрутизатор:

- Поддържа 1 таблица за всички мрежи-цели
- При пристигане на нов пакет
 - Претърсва таблицата до намиране на най-голямо съответствие на префикса /n (*longest prefix match*)
 - Прочита от таблицата номера на съответния изх. интерфейс
 - Изпраща пакета към този интерфейс
- Използва сложни алгоритми за ускоряване на процеса за намиране на съвпадение

7

CIDR: Longest Prefix Match

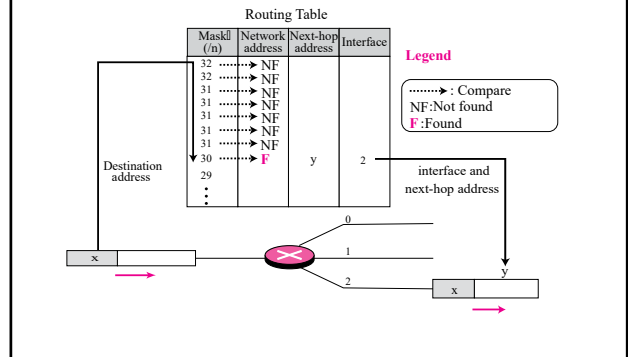


Figure 6.18

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

8

Интернет: Географска структура

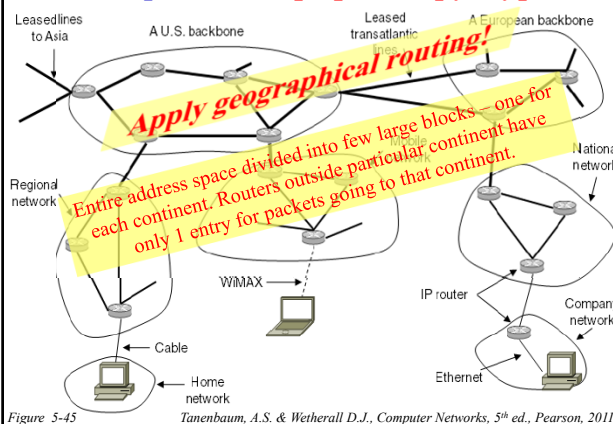


Figure 5-45

Tanenbaum, A.S. & Wetherall D.J., Computer Networks, 5th ed., Pearson, 2011

9

Интернет: ISP йерархична структура

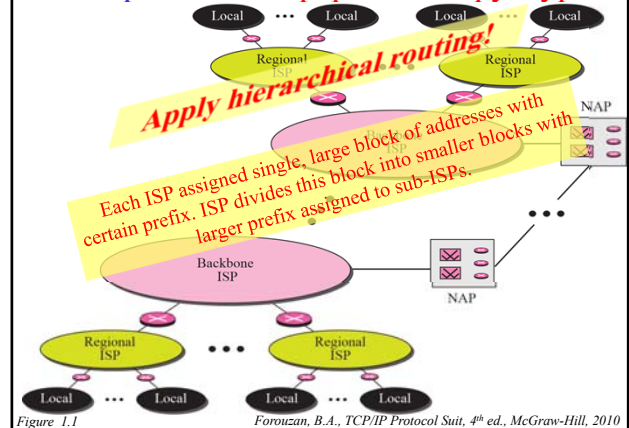


Figure 1.1

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

10

Интернет: Йерархична маршрутизация, извършвана от Интернет доставчиците (ISPs)



Figure 6.17

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

11

Интернет като колекция от автономни системи (autonomous systems, AS)

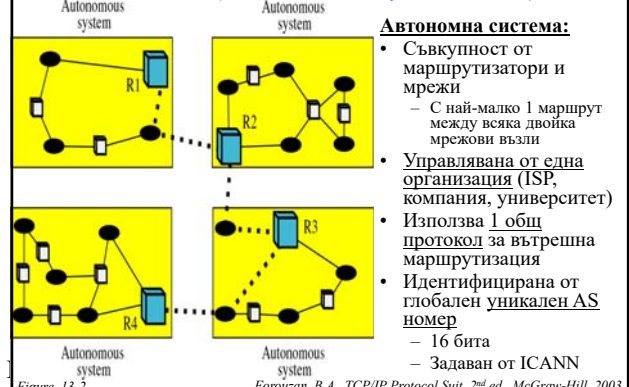
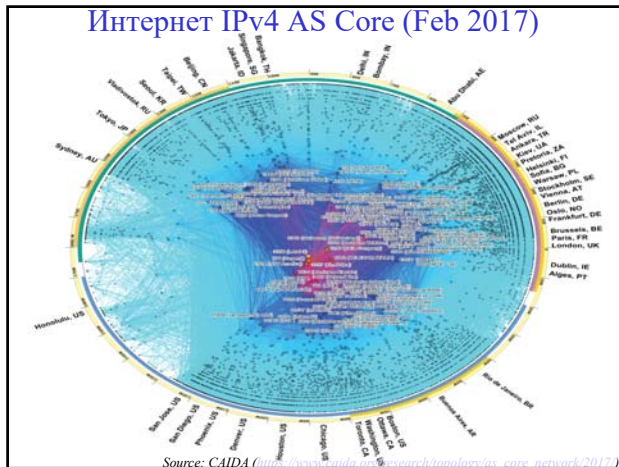


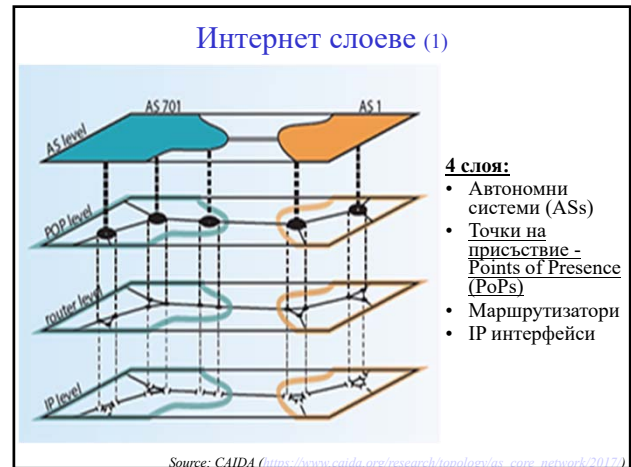
Figure 13-2

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

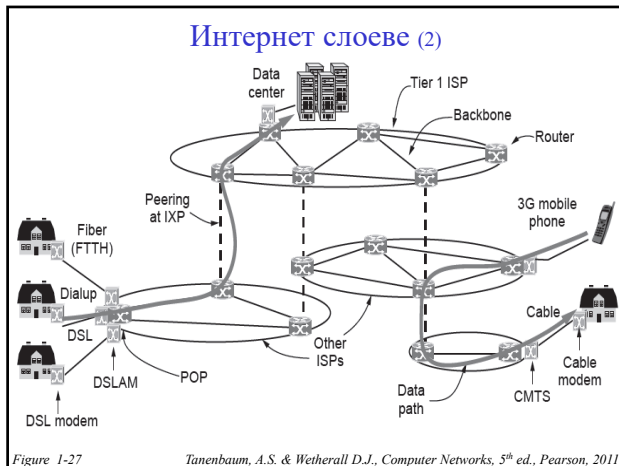
12



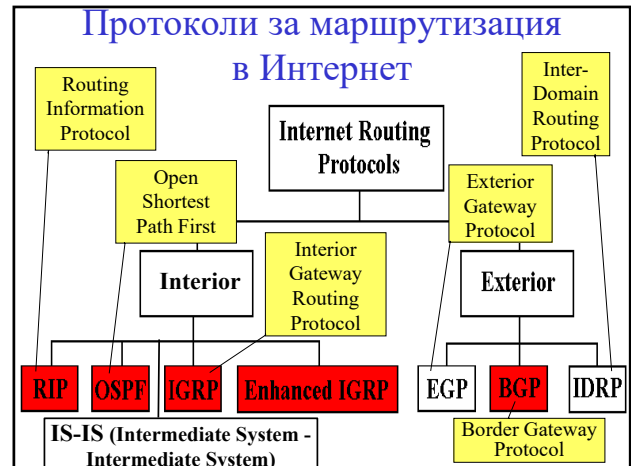
13



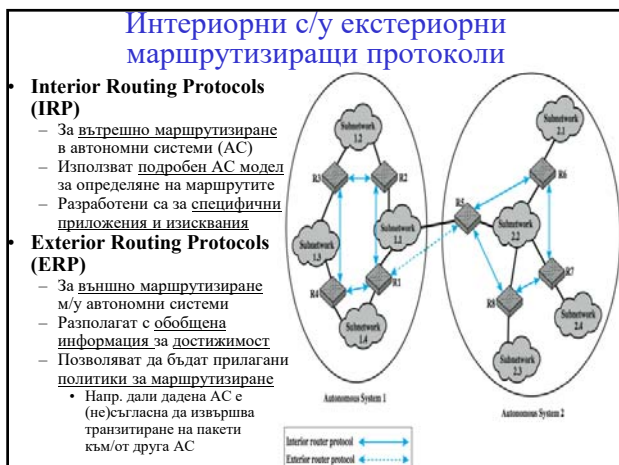
14



15



16



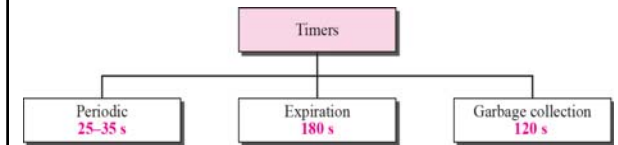
17



18

RIP

- Измерва разстоянията в **брой скокове (hop counts)**
 - Брой скокове = брой на междинни маршрутизатори
- Всеки маршрутизатор изпраща **цялата** си маршрутизираща таблица на **съседите** си
 - Приблизително на всеки 30 сек.
 - RIP съобщенията са капсулирани в UDP дейтаграми (порт: 520)
 - Периодът се избира произволно между 25 и 35 сек.
 - За да се предотврати претоварване на (интер)мрежата
- Дадено местоназначение се счита за **недостъпно**, ако **не** е актуализирано в рамките на 180 сек.
 - Броят на скоковете към това местоназначение се фиксира на 16
- Местоназначението се **изтрива** от маршрут. таблица, ако **не** се актуализира допълнително в рамките на следващите 120 сек.



19

RIP недостатъци:

Бавна сходимост (slow convergence)

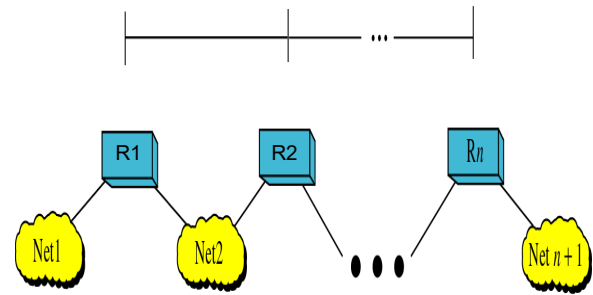
0 seconds 15 seconds $n \times 15$ seconds

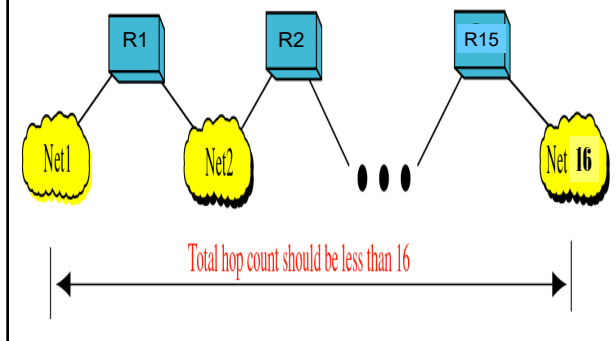
Figure 13-11

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

20

Решение на бавната сходимост:

Ограничен брой скокове



21



RIP

Недостатъци:

Броене до
безкрайност
(count-to-
infinity)

Figure 13-13

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

23

RIP

Недостатъци:

Броене до
безкрайност
(count-to-
infinity)

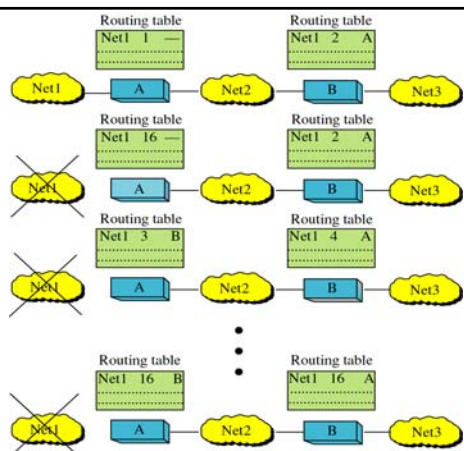


Figure 13-13

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

ф. Иван

24

Решения на нестабилността

• Незабавно актуализиране
(triggered update)

• Разделени хоризонти
(split horizons)

• Обратно отравяне
(poison reverse)

25

Незабавно актуализиране (triggered update)

- Ако няма промяна в мрежата, актуализациите се изпращат на всеки ~30 сек.
- Ако има промяна, актуализирането се **извършва незабавно!**
 - При получаване на актуализация, съдържаща промяна, всеки маршрутизатор препраща веднага новата информация към своите съседи.
- Методът НЕ може да се справи с промени, свързани с неизправности в самите маршрутизатори.

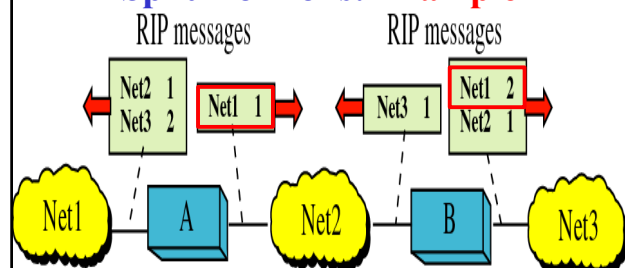
26

Разделени хоризонти (split horizons)

- Избирателност при изпращане на актуализации за маршрути
- Маршрутизаторите правят разлика между различните си интерфейси
- Актуализираща информация НЕ се изпраща никога обратно към интерфейс, през който е пристигнала!

27

Split Horizons: Example



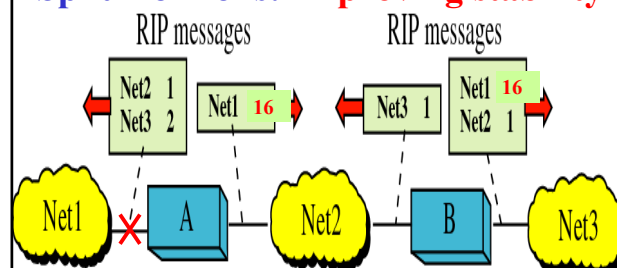
- B** has received information about Net1 through its left interface
- This info is updated and passed on through its right interface but not to left interface

Figure 13-14

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

28

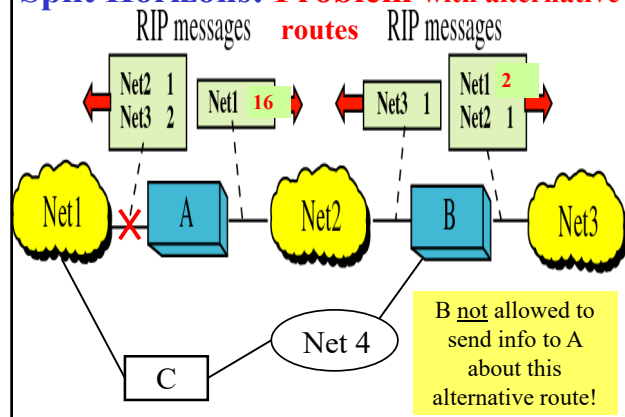
Split Horizons: Improving stability



- If Net1 is inaccessible to **A**, **B** does not send information about Net1 to **A**. Router **A** therefore has 1 entry for Net1 cost (16), and is not fooled into thinking that there is back-door access to Net1.
- A** sends its routing table to **B** and both will then end up with cost of 16 for Net1.

29

Split Horizons: Problem with alternative routes



B not allowed to send info to A about this alternative route!

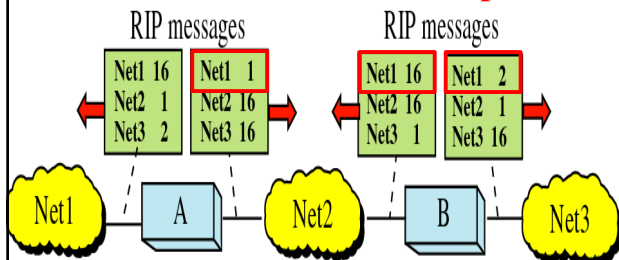
ф. Иван

30

Обратно отравяне (poison reverse)

- Вариация на „разделените хоризонти“ (split horizons)
- Всеки маршрутизатор препраща новопостъпила актуализираща информацията към всичките си интерфейси (вкл. към интерфейса, през който я е получил), но (само за него) с разстояние=16.

31

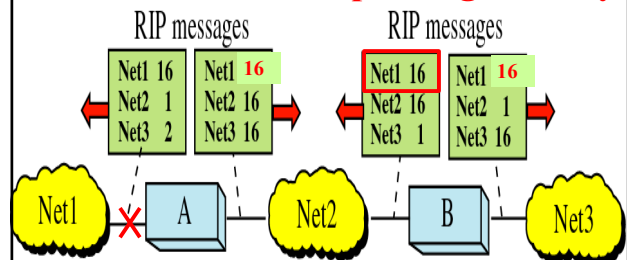
Poison Reverse: Example

B has received information about Net1 through its left interface, so it sends information out about this network with metric of 16 to the left.

Figure 13-15

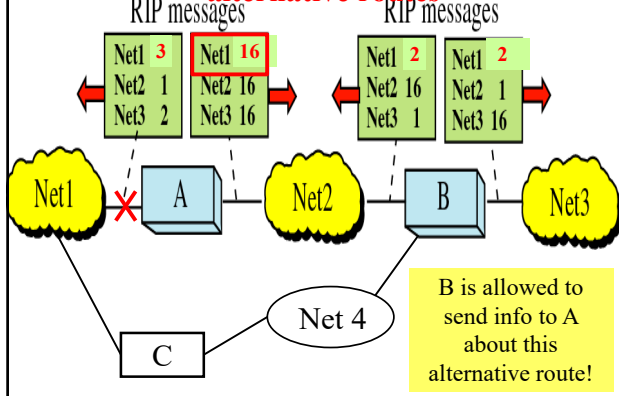
Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suite, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003

32

Poison Reverse: Improving stability

- If Net1 is inaccessible to **A**, in each update router **B** sends its routing table to **A** with cost of 16 for Net1.
- This has NO effect on **A** if Net1 is accessible because **A** will not select **B**'s entry for Net1. However, if Net1 goes down, both cost values are 16 and instability is thereby avoided.

33

Poison Reverse: NO Problem with alternative routes

34

RIP: Предимства и недостатъци**Предимства:**

- Прост за използване
- Лесен за реализация

Недостатъци:

- С разрастването на Интернет актуализациите за маршрутите в него стават все по-големи и **консумират значително повече пропускателна способност**
- **НЕ е подходящ** за използване с други **по-реалистични метрики** (натоварване, забавяне, ...), тъй като MAX стойност на разстоянието е само 16
- **Няма поддръжка на алтернативни маршрути**
- **Бавна сходимост**
 - Реагира бързо на добрите новини, но лежерно на лошите!
- **Нестабилност**

35

RIP2**Подобрения:**

- Използва 2 метрики:
 - Пропускателна способност
 - Брой скокове
- Поддръжка на CIDR
- Автентикация на маршрутизаторите
 - Предотвратява измами с фалшива маршрут. информация
- Използва multicasting (към съседите) вместо broadcasting
 - По този начин изключва хостовите и намалява трафика
- Пренася повече информация (напр. за подмрежовата маска)
- RFC 2453

ф. Иван

36

Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)

- **Интериорен дистанционно-векторен** маршрутизиращ протокол (на Cisco)
- Създаден отчасти, за да се преодолеят ограниченията на RIP (напр. MAX брой скокове само 15, изп. на една единствена метрика) за приложение в големи мрежи
- Поддържа множество метрики
 - Пропускателна способност, натоварване, закъснение, MTU, надеждност
 - Комбинирани посредством формула в една композитна метрика, която може да се калибрира чрез използването на тегловни коефициенти.
- **Няма поле за подмрежовата маска!**
 - Маршрутизаторът предполага, че адресите на всички негови интерфейси използват една и съща подмрежова маска.

37

Enhanced IGRP (EIGRP)

- **Интериорен дистанционно-векторен** маршрутизиращ протокол (на Cisco)
 - Наследник на IGRP
- **Балансирано хибридно IP** маршрутизиране, използващо оптимизации за минимизиране на:
 - Нестабилността на маршрут. таблици при промени в топологията
 - Натоварването на мрежата
 - Използваната процесорна мощ от страна на маршрутизаторите
- Оптимизацията на маршрутизирането се базира на **Diffusing Update Algorithm (DUAL)**:
 - Гарантира липса на затворени маршрути
 - Избягва **броенето до безкрайност (count-to-infinity)**, когато дестинацията става напълно недостъпна.
- Множество метрики
 - Пропускателна способност, натоварване, закъснение, надеждност
 - Комбинирани посредством формула в композитна метрика:

$$\left[\left(K_1 \cdot \text{Bandwidth}_S + \frac{K_2 \cdot \text{Bandwidth}_S}{256 - \text{Load}} + K_3 \cdot \text{Delay}_S \right) \cdot \frac{K_5}{K_4 + \text{Reliability}} \right] \cdot 256$$
 - Тегловни коефициенти (Ki)
 - Задавани от мрежовия администратор за възпроизвеждане на различни поведения
 - Трябва да имат една и съща зададена стойност във всички маршрутизатори в EIGRP AS; в противен случай може да се стигне до постоянно зацикляне при маршрутизирането.

38

OSPF Protocol

(Open Shortest Path First)



Интериорен маршрутизиращ протокол с използване на състоянието на линиите

39

OSPF

- Основен интериорен протокол в Интернет (вместо RIP)
 - RFC 2328
- Всеки маршрутизатор
 - Поддържа описания на състоянието на своите **локални линии**
 - Предава актуализираща информация към **всички маршрутизатори** (използвайки наводнение/flooding)
 - На всеки 30 мин., или
 - **Независимо в случай на промяна на състоянието на някоя линия**
- OSPF съобщения (капсулирани в IP пакети):
 - **Hello**
 - За създаване на съседски взаимоотношения и тестване достижимостта на съседните маршрутизатори (на всеки 10 сек.)
 - **Link State (LS) Request**
 - Изпраща се от маршрутизатор, който се нуждае от информация за определен маршрут.
 - **Link State Database (LSD) Description**
 - Изпраща се към нов съсед (свързан към мрежата за първи път или след повреда)
 - **LS Update**
 - За периодично обновяване на състоянието на линиите
 - **LS ACK**
 - Положителен отговор на LS Update
- Най-краткият път се изчислява с помощта на:
 - Алгоритъм на **Dijkstra** (най-често използван)
 - Потребителски метрики (закъснение, пропуск. способност и др.)

40

Предимства:

- **Бърза сходимост**
- **Разнообразие от метрики (изп. в комбинация)**
 - Физическо разстояние, закъснение, пропуск. способност, цена (€) и др.
 - Вариращи от 1 до 65535
- **Маршрутизиране, базирано на Type of Service (ToS).**
 - Позволява маршрутизиране на трафик в реално време по един начин, а на друг (по вид) трафик – по друг начин.
- **Балансиране на натоварването (load balancing)**
 - Разделяне на натоварването по няколко маршрута с (почти) еднаква стойност.
 - **Недостатък:** Увеличава шанса за доставка на пакети НЕ по реда им на следване и се отразява зле на изчисляването на RTT от страна на TCP.
 - **Equal-Cost MultiPath (ECMP)** – за трафик инженерство (*traffic engineering*)
- **Автентикация на маршрутизаторите**
- **Използва multicasting** вместо *broadcasting*, за да намали натоварването на възлите, които не поддържат OSPF.
- **Иерархично маршрутизиране**

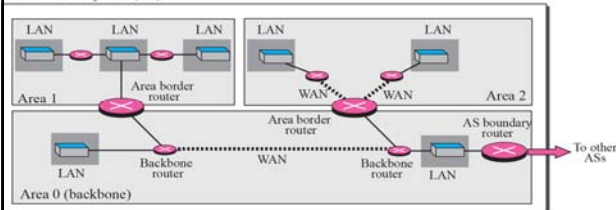
Недостатъци:

- **Твърде сложен** за използване в малки AS
- **Големи изисквания** към размера на използваната памет и изчислителната мощ

41

- Много AS са доста големи и нетривиални
 - Разделени са на номерирани области (*areas*), идентифицирани от 32-битови числа.
 - Подобрена мащабируемост и ограничен наводняващ трафик
- Области
 - НЕ се припокриват (но някои маршрутизатори могат да НЕ принадлежат към нито една зона)
 - Топологията и детайлите им НЕ се виждат отвън
 - Всички области са свързани чрез гръбначна/опорна зона (area 0)
- Маршрутизатори
 - Вътрешни (в рамките на дадена зона) – използват една и съща БД (LSD), един и същ алгоритъм за най-краткия път и наводняват една и съща зона с маршрут. информация.
 - Погранични (*area border routers*) – обобщават информацията за зоната и я изпращат на другите зони

Autonomous System (AS)



42

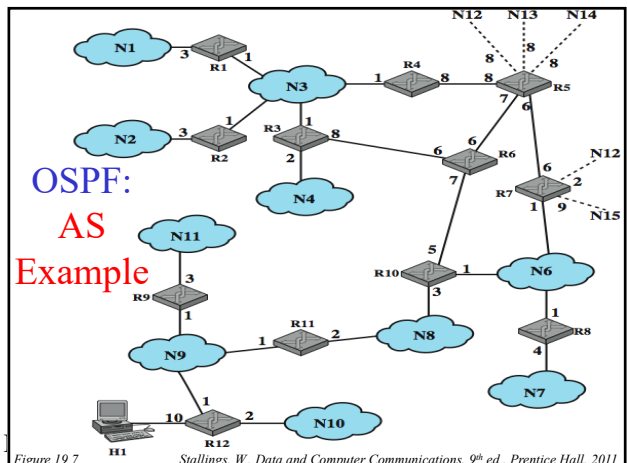


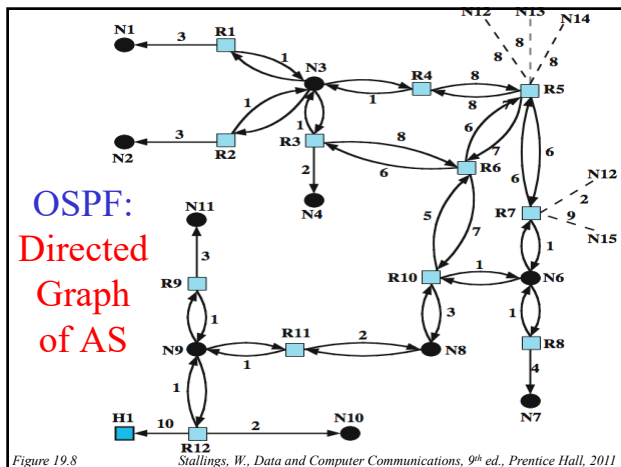
Figure 19.7

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

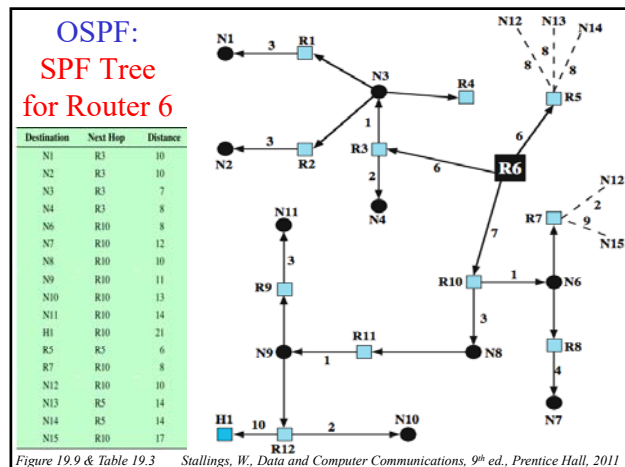
47

ф. Иван

7



48



49

Екстериорни маршрутизиращи протоколи

- Дистанционно-векторните протоколи и протоколите, използващи състоянието на линиите, НЕ са ефективни за екстериорно маршрутизиране.

Дистанционно-векторни маршрутизиращи протоколи

Маршрутизиращи протоколи, използващи състоянието на линиите

- Приемат, че маршрутизаторите използват едни и същи метрики, но различните автономни системи могат да имат различни приоритети и потребности!
- НЕ поддържат информация за автономните системи, посетени по маршрута.
- Различните автономни системи могат да използват различни метрики и да налагат различни ограничения
- Наводняването с маршрутизираща информация към всички маршрутизатори обаче е неуправляемо!

52

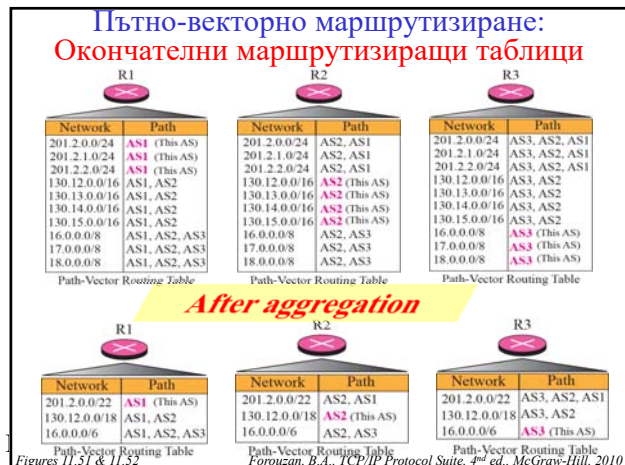
Екстериорна маршрутизация: Пътно-векторен подход (Path-Vector)

- Алтернативен подход
 - Предоставя информация за това кои мрежи са достижими от даден маршрутизатор и през кои автономни системи трябва се премине
 - НЕ включва мярка за разстояние или приблизителна оценка на разходите
 - НЕ използва концепцията за маршрутизиране по показатели/метрики
- Използва списък на всички автономни системи, по които да се премине по маршрута.
- Позволява маршрутизаторите да използват политики за маршрутизиране
 - Напр. избягване на транзит през определени автономни системи
 - Напр. скорост на линията, капацитет, тенденция към претоварване, цялостно качество на работа, сигурност.
 - Напр. намаляване броя на транзитните автономни системи

53



54



55

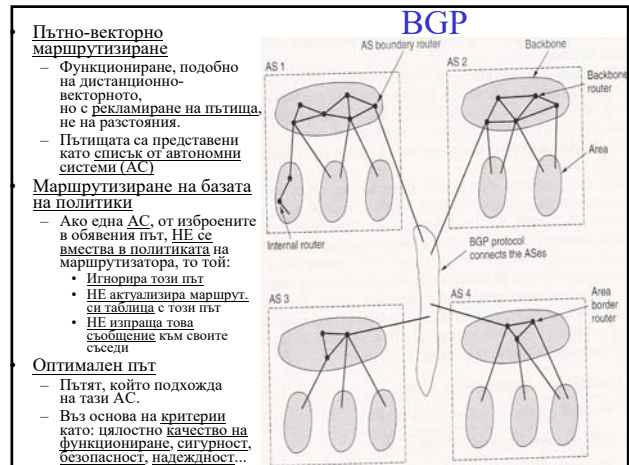
BGP

(Border Gateway Protocol)

↓

Екстериорен
пътно-векторен
маршрутизиращ протокол

56



57

BGP: Видове АС

- **Stub** (single-homed) AS
 - Само с 1 връзка към останалата част от Интернет (само 1 връзка в BGP графа)
 - Само източник или получател на данни
 - Без транзитиране на данни (на други АС)
- **Multi-homed** AS
 - С повече от 1 връзка към други АС
 - Все още само източник или получател на данни
 - Без транзитиране на данни
- **Transit** AS
 - Гръбначна АС, която позволява транзитен трафик.
 - Транзитира IP пакети на други АС, но с ограничения и срещу заплащане.

58

BGP: Сесии

- Обмен на маршрут. информация м/у 2 маршрутизатора по **ТСР съединение**, което е:
 - Полупостоянно
 - Поддържано отворено за дълго време, докато не възникне нещо необичайно.
- 2 вида
 - **Външни** (E-BGP sessions) – за обмен на информация между 2 (гранични) маршрутизатора, разположени в 2 различни АС.
 - **Вътрешни** (I-BGP sessions) – за обмен на информация между 2 маршрутизатора в една АС

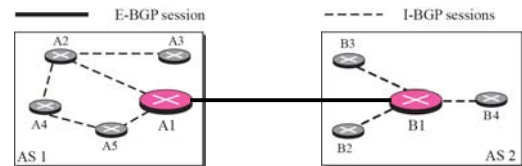


Figure 11.53

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

60

BGP: Съобщения

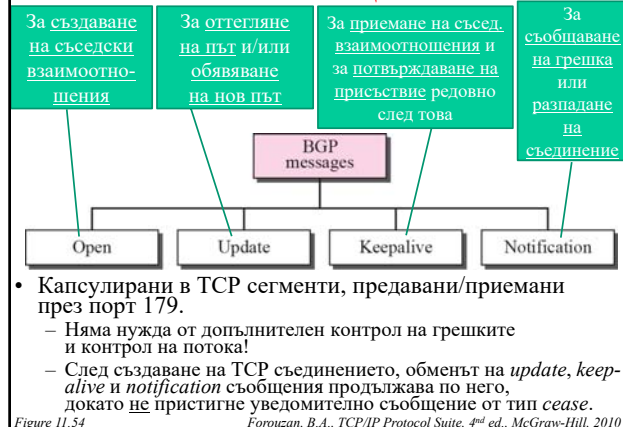


Figure 11.54

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

ф. Иван Ганчев

61