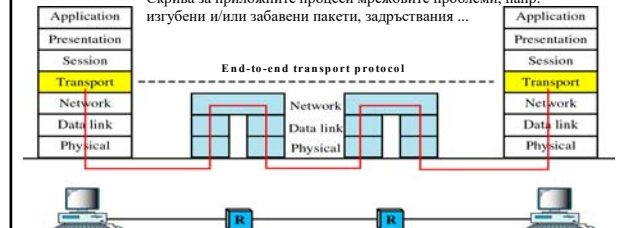


Транспортен слой

1

Транспортен слой

- Слой, работещ от край-до-край (*end-to-end, E2E*)
- E2E транспорт
 - От хоста-подател до хоста-получател
 - Независим от физическата мрежа (интернет)
- Използва услугите на мрежовия слой
- Предлага транспортни услуги на горния слой
 - Изолира горния слой от технологията, дизайна и несъвършенствата на мрежата (интернета).
 - Скрива за приложните процеси мрежовите проблеми, напр. изгубени и/или забавени пакети, задръствания ...



2

Транспортен слой (прод.)

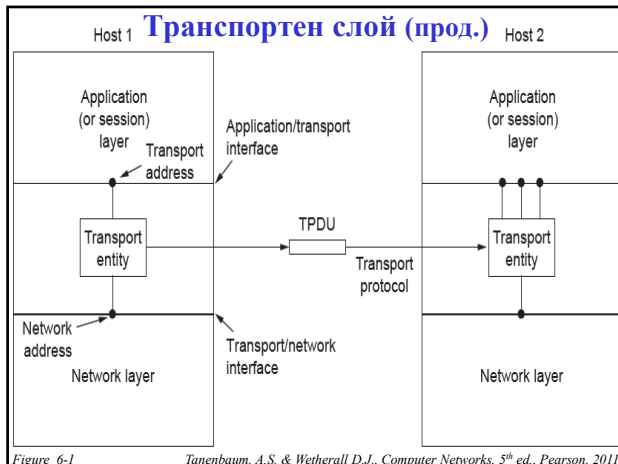


Figure 6-1 Tanenbaum, A.S. & Wetherall D.J., Computer Networks, 5th ed., Pearson, 2011

3

Транспортен слой: Услуги

- 2 основни вида транспортни услуги:

Със съединение (*connection-oriented*)

- Създаване, поддържане и прекратяване на логическо съединение между потребители на транспортни услуги
- Голямо разнообразие от приложения
- Най-често използван вид
- Надежден вид услуги

Без съединение (*connectionless / datagram*)

4

Транспортен слой: Услуги без съединение

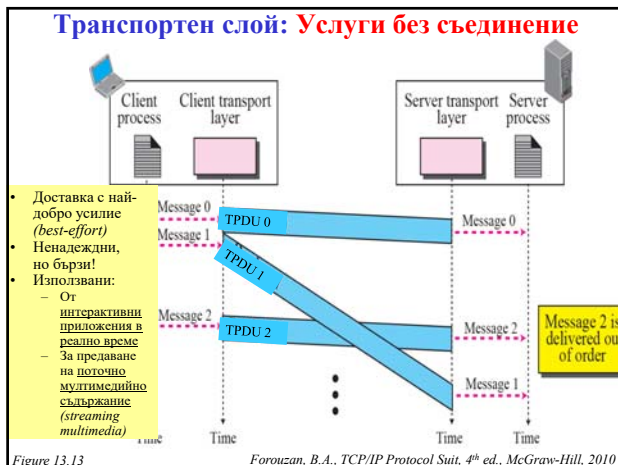


Figure 13.13 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

5

Транспортен слой: Услуги със съединение

- 3 фази:
 - Установяване на съединение (с опционално договаряне на QoS параметри)
 - Трансфер на данни (с поддръжка на съединението)
 - Разпадане на съединението
- Високо надеждни услуги
- За предаване на трафик, чувствителен към загуби.

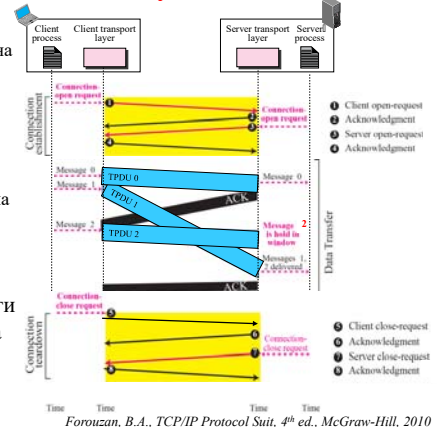


Figure 13.14 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suit, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

6

Услуги на транспортния слой посредством различни видове мрежи

Type of transport service	Type of network	
	Datagram	Virtual Circuit
Connectionless	UDP over IP	UDP over IP over ATM
Connection-oriented	TCP over IP	AAL1 over ATM

8

Услуги на транспортния слой посредством различни видове мрежи

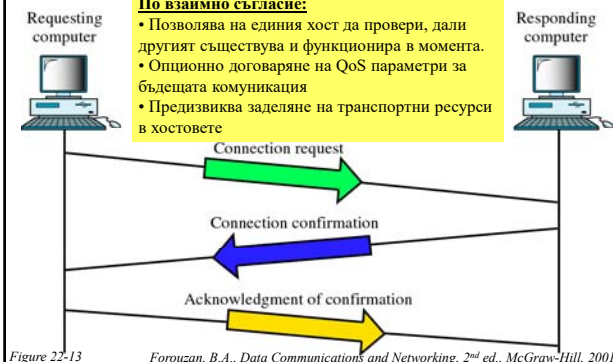
Type of transport service	Type of network	
	Datagram	Virtual Circuit
Connectionless	Ordered delivery Retransmission strategy Duplicate detection Flow control	Addressing Multiplexing Flow control
Connection-oriented	Connection establishment Connection termination Failure recovery	Connection establishment/termination

9

Установяване на съединение: Трикратно ръкостискане (3-way handshake, 3WH)

По взаимно съгласие:

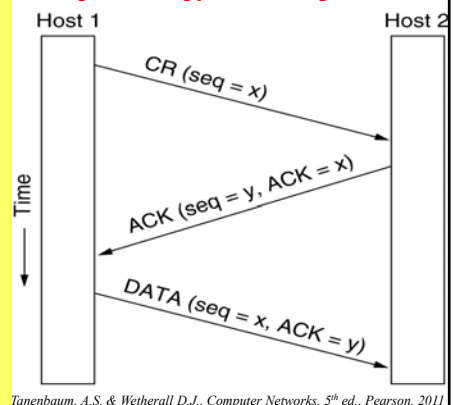
- Позволява на единия хост да провери, дали другият съществува и функционира в момента.
- Опционно договаряне на QoS параметри за бъдещата комуникация
- Предизвиква заделяне на транспортни ресурси в хостовете



10

Установяване на съединение с 3WH: Нормално функциониране

- Хостовете използват различни първоначални номера (ISNs) в двете посоки, т.е. $x \neq y$ (произволно избрани).
- ISNs не се повтарят в рамките на даден интервал; в противен случай забавените дубликати ще предизвикат проблеми.
- Съединение не може да бъде създадено случайно, когато никой не го иска.



11

E2E QoS договаряне

- Опция по време на установяването на транспортно съединение
- QoS параметри:
 - Вероятност за неуспех на доставката
 - Пропускателна способност
 - Транзитно закъснение и неговото колебание във времето (*jitter*)
 - Ниво/съотношение на грешките
 - Защита
 - Приоритетност

ф. Иван

14

Разпадане на съединение с 3WH: Асиметрично разпадане (на съединение 1 → 2)



15

2

Разпадане на съединение с 3WH: Симетрично разпадане

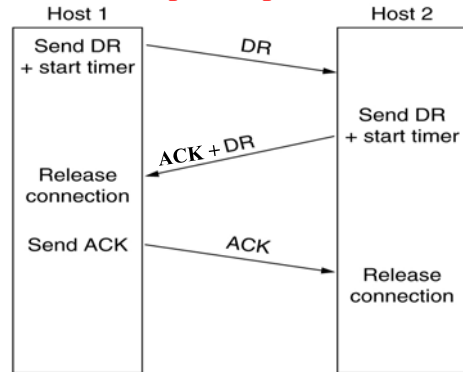


Figure 6-14a

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

16

Разпадане на съединение с 3WH: Пристигане на DR преди последната TPDU с данни

- Получател
 - Приема DR
 - Прекратява съединението
 - **Загубва** последната TPDU пренасяща данни!
- Решение
 - Присвояване на пореден номер на DR!
 - Получателят изчаква пристигането на всички TPDU с номера, предхождащи този на DR.

20

Транспортен слой: Функции

- **Сегментация**
 - На съобщение от горния слой в TPDU-та (сегменти)
 - В хоста-подател
- **Десегментация** / повторно сглобяване (*re-assembly*)
 - Възстановяване на съобщението от горния слой от пристигналите TPDU-та (сегментите)
 - В хоста-получател
- **Адресация**
- **Доставка** (от край до край) – по възможност надеждна
- **Контрол на грешките** (от край до край)
- **Контрол на потока** (от край до край) и **буфериране**
- **Мултиплексиране**
- **Възстановяване след срывове:**
 - Неизправности в мрежата
 - Срывове на маршрутизатори
 - Срывове на хостове

21

Транспортен слой: Сегментация и десегментация

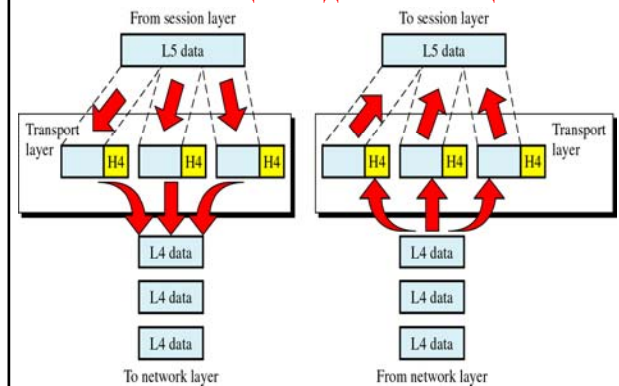


Figure 3-9

Forouzan, B.A., Data Communications and Networking, 2nd ed., McGraw-Hill, 2001

22

Транспортен слой: Адресация

- Изисква се изрично адресиране
- **Транспортни адреси**
 - Приложните процеси се асоциират с тях, за да могат да:
 - Изпращат данни
 - Получават данни
 - Асоциирането се извършва от операционната система на съответния хост
- Различни имена, но сходно предназначение:
 - **TSAP** (Transport Service Access Point) в OSI модела
 - **Порт** в TCP/IP модела

ф. Иван

23

OSI адресация: TSAPs

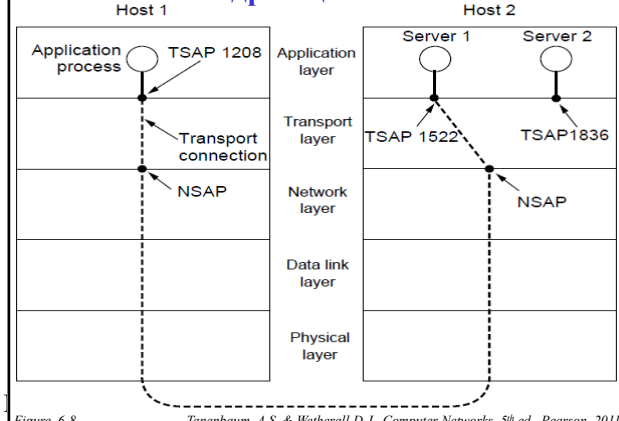
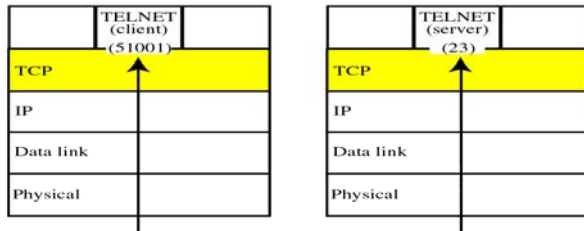


Figure 6-8

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

24

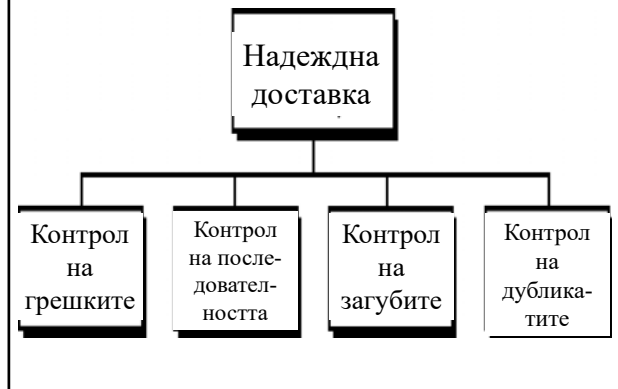
ТСР/IP адресация: Портове



- 16-битови номера
- Позволяват поддържането на множество транспортни съединения в даден хост
- Асоциирани с приложения / приложни процеси
- 1024 са “известни портове” (*well-known*), използвани от утвърдени приложения (RFC 1700).

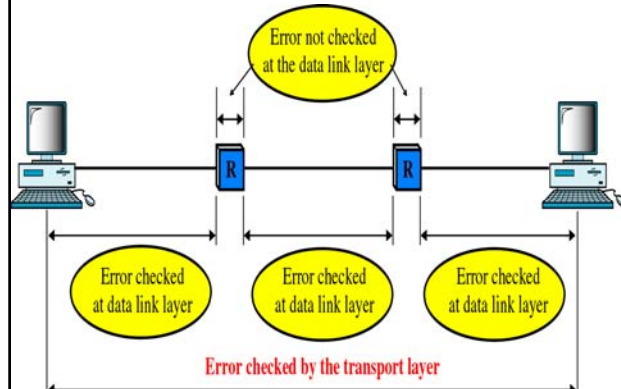
25

Транспортен слой: Надеждна доставка



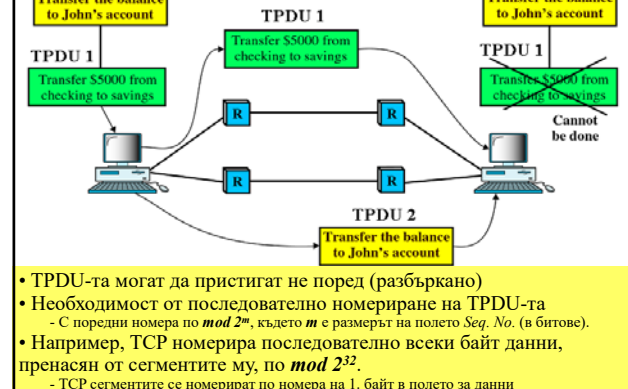
26

Контрол на грешките: Транспортен слой / канален слой



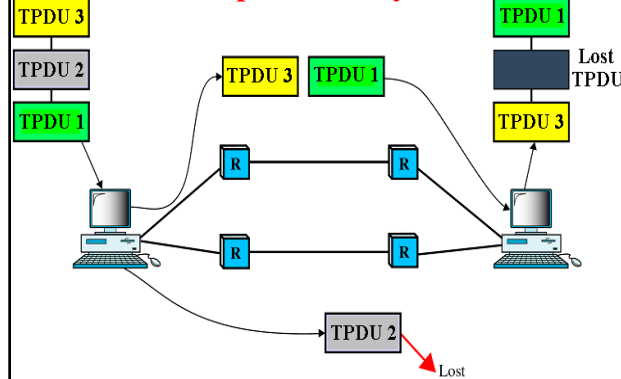
27

Транспортен слой: Контрол на последователността



28

Транспортен слой: Контрол на загубите



29

Транспортен слой: Повторно предаване

- 2 причини за повторно предаване (за трафик, непредаващ в реално време / *non-real time traffic*):
 - Пристигнала TPDU (в получателя), но повредена при транзита ѝ през мрежата.
 - Непристигнала TPDU (т.е. изгубена при транзита)
- Използване на потвърждения (*ACK*)
- Изтичане на времето (*timeout*), отредено от подателя за пристигане на потвърждение от получателя, води до повторно предаване.
 - Колко дълго да се чака?

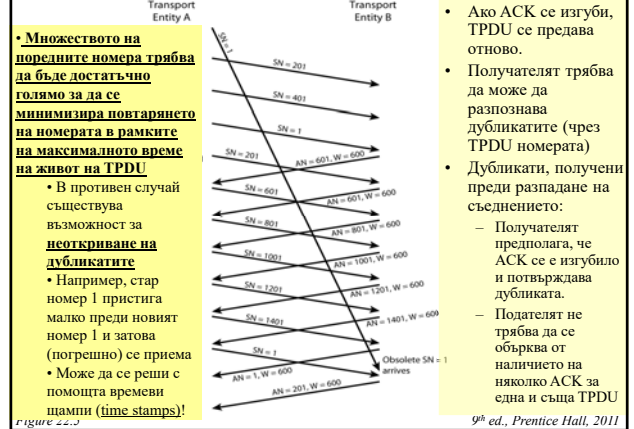
30

Повторно предаване: Схеми за изчакване

- **Фиксирано изчакване (fixed timeout)**
 - Базирано на статистика на поведението на мрежата (с реалните ѝ параметри)
 - НЕ е възможна адаптация към променящите се условия
 - Твърде малка стойност води до ненужни повторни предавания
 - Твърде голяма стойност означава бавен отговор на изгубени TPDU
 - Трябва да бъде малко по-дълго от очакваното време, необходимо за изпращане и връщане на сигнала. (Round Trip Time, *RTT*).
- **Адаптивно изчакване (adaptive timeout)**
 - Задаване на времето за изчакване на база на средната стойност на наблюдаваните закъснения
 - Проблеми:
 - Получателят може да НЕ потвърждава веднага
 - Подателят може да НЕ направи разлика между потвържденията на оригиналните TPDU и потвържденията на повторно предадените TPDU
 - Условията в мрежата могат да се променят изведнъж

31

Транспортен слой: Контрол на дубликатите



32

Транспортен слой: Pushing и Pulling

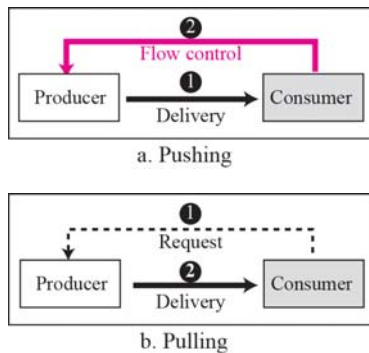


Figure 13.8

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

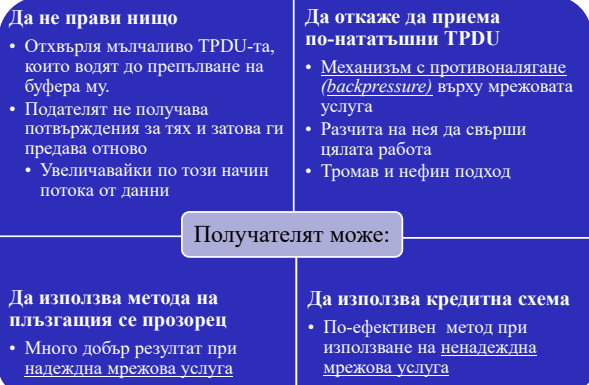
34

Транспортен слой: Контрол на потока



35

Контрол на потока в транспортния слой: Стратегии



36

Плъзгащ се прозорец в транспортния слой



38

Кредитна схема (в транспортния слой)

- Разграничава буферирането от потвържденията (ACK)
 - Т.е. подателят може да получи потвърждение без отпускане на нов кредит (нов позволен размер на прозореца), и обратно.
- Подател:
 - Изисква (от ОС) определен размер на буфера, въз основа на нуждите си.
 - Предава TPDU
 - Намалява буфера съответно
 - Спира работа при достигане на нулев размер на буфера
- Получател:
 - Отпуска кредит на подателя (за предаване на TPDU-та) в зависимост от рамера на буфера, който може да си позволи в момента.
 - Разграничава потвържденията си от анонсирането на нов размер на буфера си
- По-голям контрол при използване на надеждни мрежи + по-ефективна схема при ненадеждни мрежи.

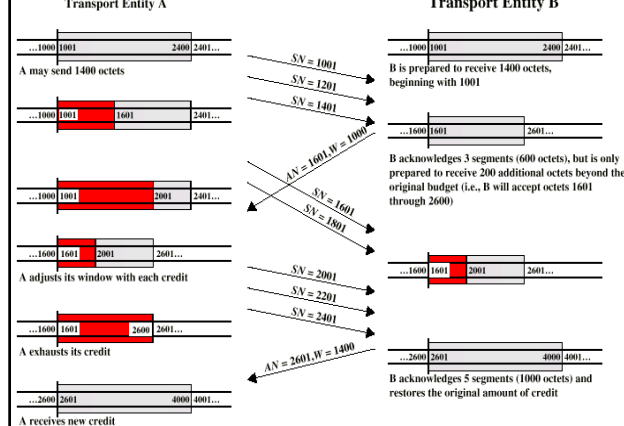
39

Кредитна схема: Елементи

- Всеки байт в TPDU има последователен номер (*Sequence No.*, SN)
- Всяка TPDU има информация за контрол на потока (в заглавната си част):
 - $Sequence No.$ (SN), $ACK No.$ (AN) и $Window size$ (W)
- Подател
 - $SN_{TPDU} = SN_{1. \text{ байт в TPDU}}$
- Получател
 - Отговаря с потвърждение, включващо 2 стойности: $AN=i$ и $W=j$
 - Всички байтове до $SN=i-1$ (вкл.) се потвърждават
 - Следващият очакван байт е i
 - Разрешение за използване на нов прозорец, състоящ се от $W=j$ байта.
 - Т.е. могат да се предадат всички байтове до $i+j-1$

40

Кредитна схема: Функциониране



41

Кредитна схема: Проблем

- Получател
 - Иска да затвори временно прозореца
 - Задава $AN=i$ и $W=0$ в ACK/CREDIT TPDU и го изпраща на подателя
 - По-късно изпраща ACK/CREDIT TPDU с $AN=i$ и $W=j$ за да отвори наново прозореца, но тази TPDU се изгубва в мрежата!
- Подателят си мисли, че прозорецът все още е затворен, а получателът си мисли, че е отворен!
 - Патова ситуация
- За да се реши проблемът, се използва таймер.
 - Когато таймерът се занули, получателът изпраща друг анонс за отваряне на прозореца, а подателят (друго) запитване дали прозорецът е отворен.

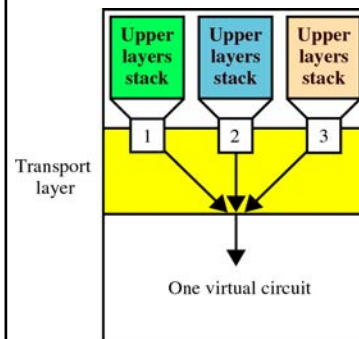
42

Транспортен слой: Буфериране

- Наличие на голям брой и динамично променящи се съединения
- Най-добре е да се използва голям кръгов буфер за всяко съединение
- Различни буферни стратегии
- В дейтаграмни мрежи с ненадеждни услуги, като Интернет:
 - Подател
 - Трябва да буферира всички изпратени TPDU, защото може да се наложи тяхно повторно предаване.
 - Получател
 - Може да задели специфични буфери за конкретни съединения, или
 - Може да поддържа един комплект (*pool*) от буфери (обикновено) с променлив размер, споделян от всички активни съединения.
- В мрежи, ориентирани към съединения, с надеждни услуги, като ATM:
 - Подател
 - НЕ е необходимо да запазва копия на изпратените TPDU
 - Ако получателят може да гарантира, че всяка новопристигнала TPDU ще бъде приета (т.е. винаги има свободно буферно пространство).

43

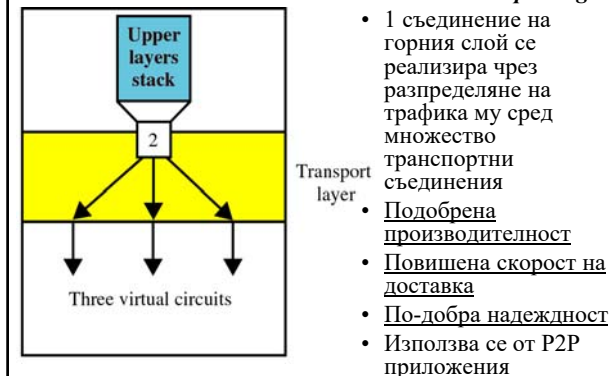
Транспортен слой: Мултиплексиране нагоре (upward multiplexing)



- Различни съединения на горния слой са мултиплексирани в едно и също транспортно съединение
 - Идентифицират се по номера на порта / точката за достъп до услугата (SAP)
- Рентабилен метод

45

Транспортен слой: Мултиплексиране надолу (downward multiplexing)



- **Inverse multiplexing**
- 1 съединение на горния слой се реализира чрез разпределяне на трафика му сред множество транспортни съединения
- Подобрена производителност
- Повишена скорост на доставка
- По-добра надеждност
- Използва се от P2P приложения

46

Транспортен слой: Възстановяване след сриове

- Възстановяване от срыв в слой N може да бъде напълно осъществено само от слой N + 1
 - Слой N + 1 трябва да пази достатъчна информация за състоянието
- Транспортният слой може да се възстанови от грешки в мрежовия слой
 - Ако всеки краен възел следи състоянието, до което е достигнал.
- Грешки в мрежата и сриове на маршрутизатори
 - Дејтаграмни мрежи
 - Транспортният слой очаква TPDU-та да се губят и знае как да се справи с това
 - Мрежи, ориентирани към съединения
 - Изгражда се ново виртуално съединение
 - Получателят се запита коя TPDU е получил последно
 - Предават се отново TPDU-та, които не са получени.
- Сриове на хостове
 - Дава се възможност на клиентите да продължат работата си при срыв и рестартиране на сървър
 - Загубва се информацията за състоянието на всички активни съединения през дадения сървър
 - Засегнатите съединения остават полуотворени, защото клиентите все още функционират.
 - Клиентите могат да решат да разпадат съединенията с помощта на *keep-alive timer*
 - Възможно е транспортният протокол да НЕ се възстанови правилно!

47

Транспортни протоколи в TCP/IP модела

- UDP
 - User Datagram Protocol
- RTP
 - Real-time Transport Protocol
- RTCP
 - Real-time Transport Control Protocol
- TCP
 - Transmission Control Protocol
- SCTP
 - Stream Control Transmission Protocol

48