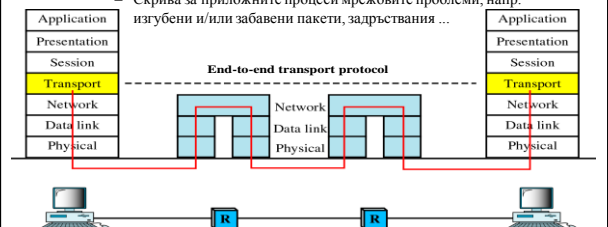


Транспортен слой

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 ...



Транспортен слой (прод.)

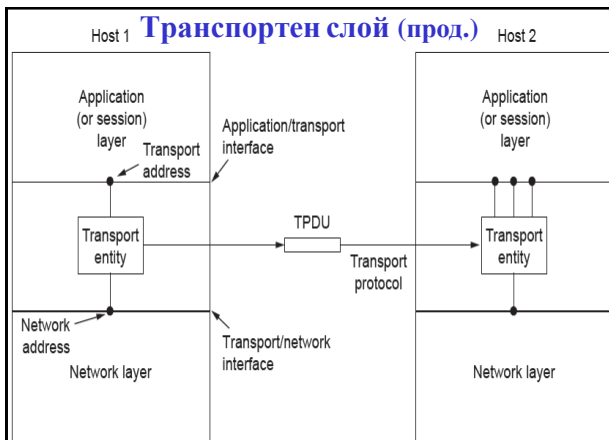


Figure 6-1 Tanenbaum, A.S. & Wetherall D.J., Computer Networks, 5th ed., Pearson, 2011

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*)

Транспортен слой: Услуги без съединение

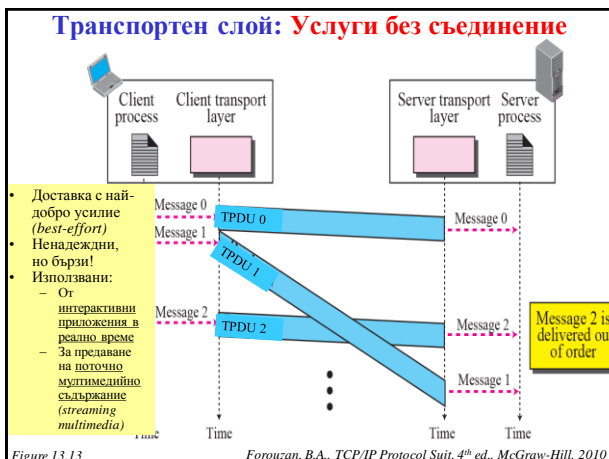


Figure 13.13 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suite, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

Транспортен слой: Услуги със съединение

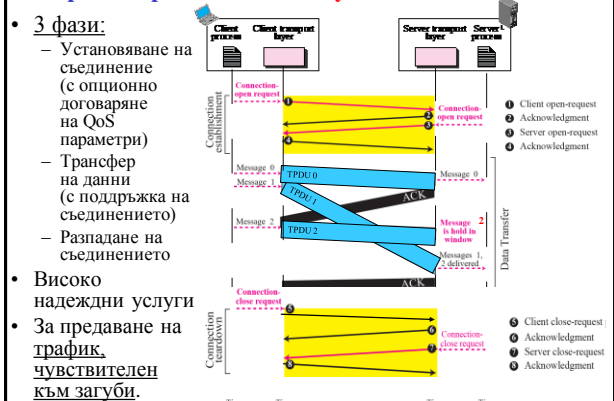


Figure 13.14 Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suite, 4th ed., McGraw-Hill, 2010

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

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

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.
- Опционално договаряне на QoS параметри за бъдещата комуникация
- Предизвиква заделяне на транспортни ресурси в хостовете

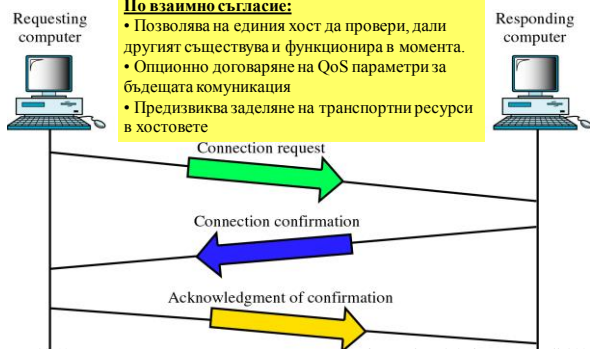
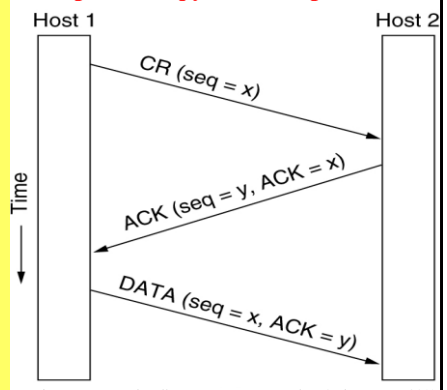


Figure 22-13

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

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.

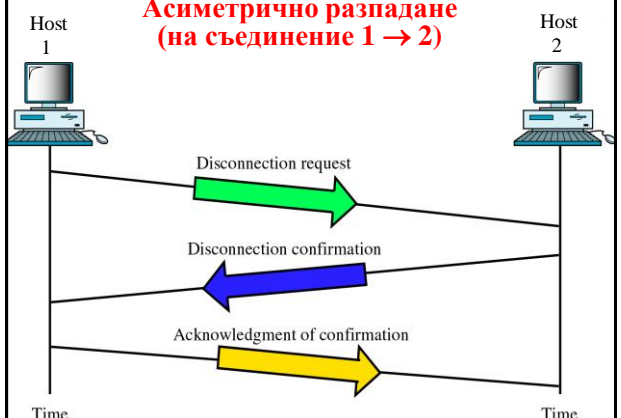


Tanenbaum, A.S. & Wetherall D.J., Computer Networks, 5th ed., Pearson, 2011

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

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



Разпадане на съединение с 3WH: Симетрично разпадане

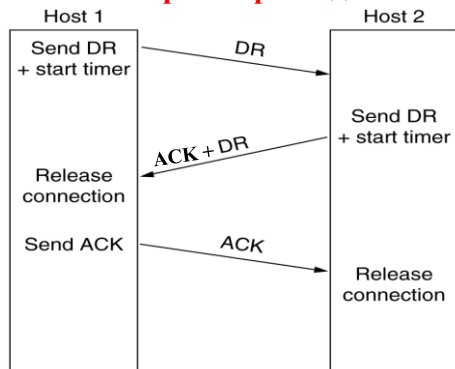


Figure 6-14a

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

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.

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 сринове:**
 - Неизправности в мрежата
 - Сринове на маршрутизатори
 - Сринове на хостове

Транспортен слой: Сегментация и десегментация

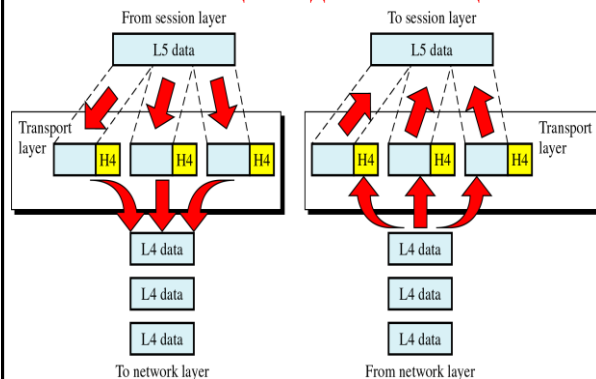


Figure 3-9

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

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

OSI адресация: TSAPs

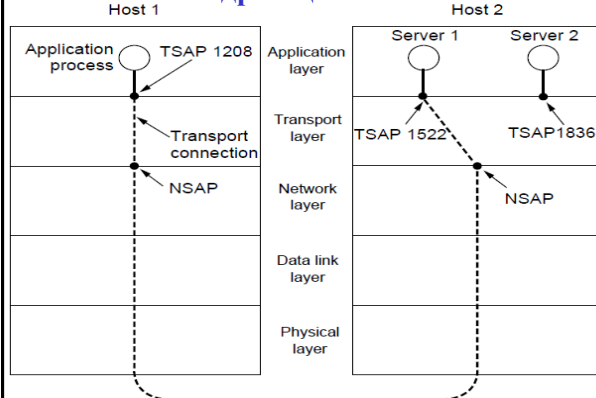
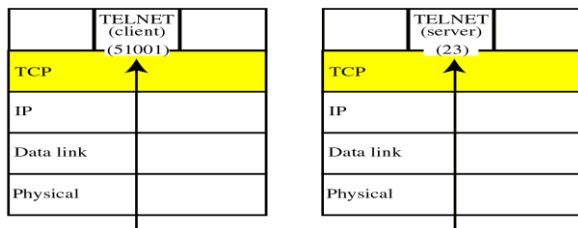
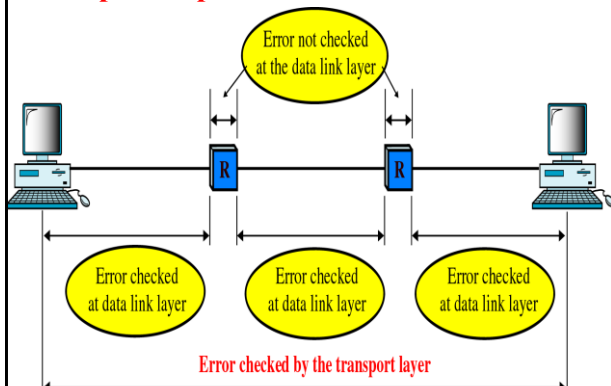
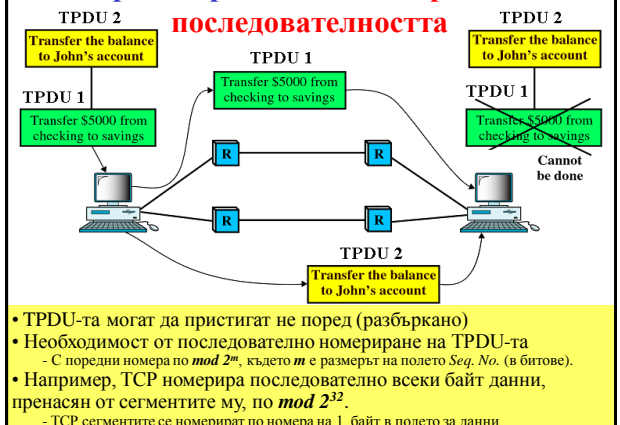


Figure 6-8

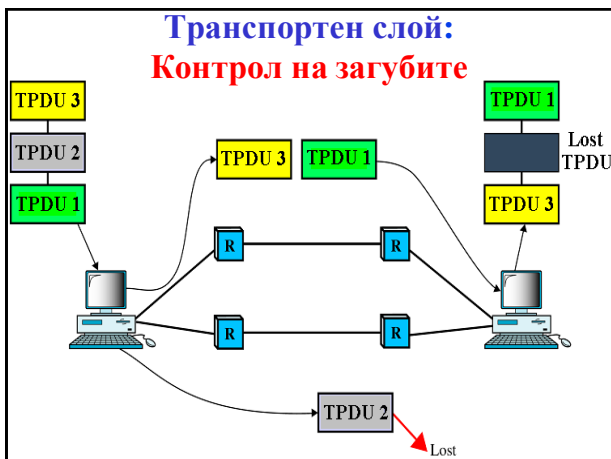
Tanenbaum, A.S. & Wetherall D.J., Computer Networks, 5th ed., Pearson, 2011

TCP/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).

Транспортен слой: Надеждна доставка**Контрол на грешките: Транспортен слой / канален слой****Транспортен слой: Контрол на последователността**

- TPDU-та могат да пристигат не поред (разбъркано)
- Необходимост от последователно номериране на TPDU-та
 - С поредни номера по $\text{mod } 2^m$, където m е размерът на полето *Seq. No.* (в битове).
- Например, TCP номерира последователно всеки байт данни, пренасян от сегментите му, по $\text{mod } 2^{32}$.
 - TCP сегментите се номерират по номера на 1. байт в полето за данни

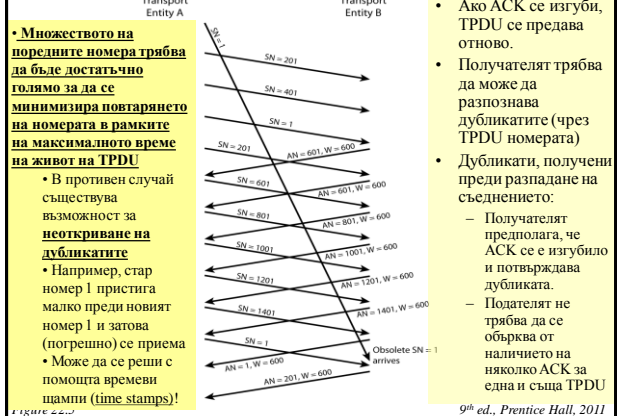
Транспортен слой: Контрол на загубите**Транспортен слой: Повторно предаване**

- 2 причини за повторно предаване (за трафик, непредаващ в реално време / *non-real time traffic*):
 - Пристигнала TPDU (в получателя), но повредена при транзита и 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?

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

Транспортен слой: Контрол на дубликатите



Транспортен слой: Pushing и Pulling

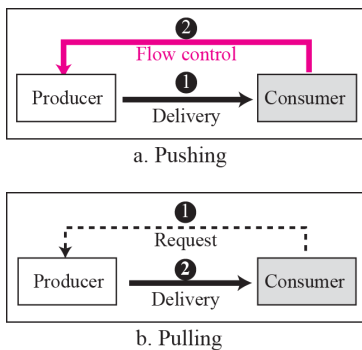


Figure 13.8

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

Транспортен слой: Контрол на потока

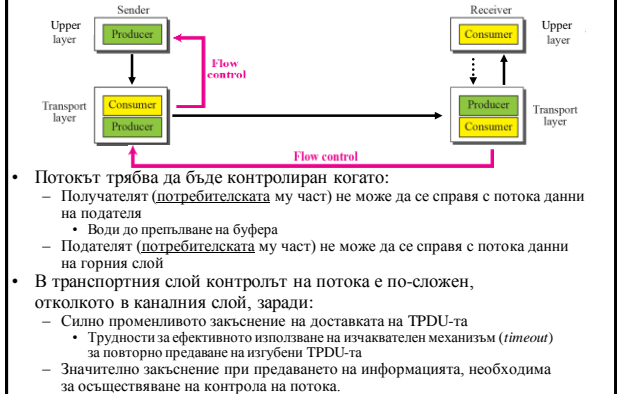


Figure 13.9

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

Контрол на потока в транспортния слой: Стратегии

Да не прави нищо

- Отхвърля мъдливо TPDU-та, които водят до препълване на буфера му.
- Подателят не получава потвърждения за тях и затова ги предава отново
- Увеличавайки по този начин потока от данни

Да откаже да приема по-нататъшни TPDU

- Механизъм с противоналягане (backpressure) върху мрежовата услуга
- Разчита на нея да свърши цялата работа
- Тромав и нефин подход

Получателят може:

Да използва метода на плъзгача се прозорец

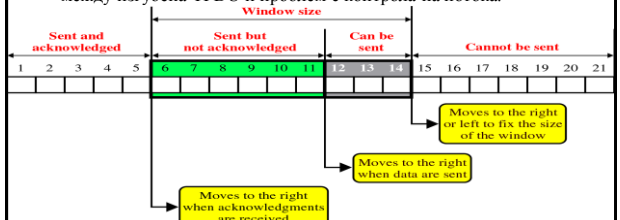
- Много добър резултат при надеждна мрежова услуга

Да използва кредитна схема

- По-ефективен метод при използване на ненадеждна мрежова услуга

Плъзгач се прозорец в транспортния слой

- Обикновено по-голям по размер, отколкото в каналния слой.
- С променлив размер и байтово-ориентиран
 - В каналния слой е с фиксиран размер и кадрово-ориентиран
- С динамично разпределение на буфери
 - Поради възможни изменения в трафика и състоянието на мрежата
- Работи добре, ако мрежата е надеждна.
 - Непристигане на потвърждение се приема като индикатор за необходимост от контрол на потока
- Не работи добре в ненадеждни мрежи (например, безжични)
 - Подател, не получаващ потвърждение, не може да направи разлика между изгубена TPDU и проблем с контрола на потока.



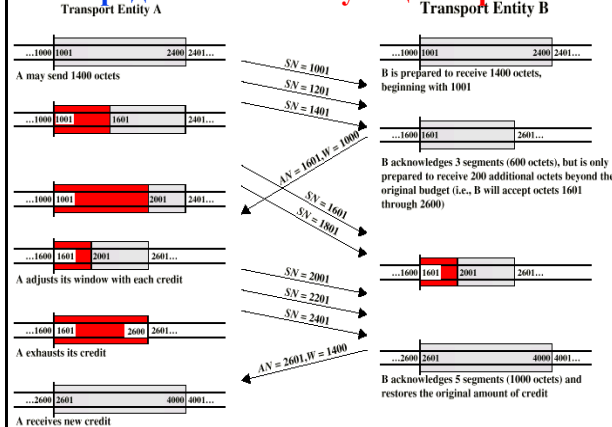
Кредитна схема (в транспортния слой)

- 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 размера 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.

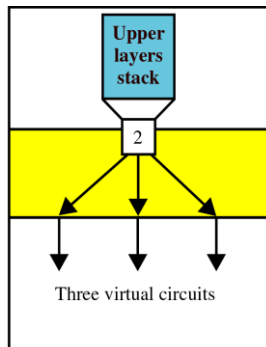
Кредитна схема: Елементи

- 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 $i+j-1$

Кредитна схема: Функциониране



Транспортен слой: Мултиплексиране надолу (downward multiplexing)



Transport layer

- **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

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
 - Дейтаграмни 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 запитва 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!

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