

## Комуникационни протоколи и протоколни архитектури

1

### Протокол (1)

- Набор от правила
- Задаващи начина за извършване на комуникация
- Определящи:
  - *Какво* се комуникира
  - *Как* се комуникира
  - *Кога* се комуникира

2

### Протокол (2)

- Използва се за комуникация между *системи* / *мрежови възли* (или между *обекти* в една и съща система)
  - Обектите трябва да 'говорят' един и същ език
- *Обекти*
  - Софтуерни приложения/компоненти/агенти
  - Хардуерни устройства/модули
  - Фърмуер (firmware) - софтуер, записан в хардуерно устройство.
- *Системи* / *мрежови възли*
  - Крайни възли (*hosts*)
    - Компютри, терминали, телефони, сензори и др.
  - Междинни възли
    - Повторители (*repeaters*), концентратори (*hubs*), модеми (*modems*), мостове (*bridges*), комутатори (*switches*), маршрутизатори (*routers*), шлюзове (*gateways*).
- Всеки протокол използва своя собствена протоколна единица за данни (*Protocol Data Unit, PDU*)

3

### Протоколи: Основни елементи

- **Синтаксис**
  - PDU формат/структура
- **Семантика** (значение на PDU полетата)
  - Служебна секция
    - Протоколна контролна информация
    - Адресна информация
    - Информация за борба с грешките
  - Информационна секция
    - Данни
- **Синхронизация**
  - Определяне последователността на обменяните PDU

4

### Протоколи: Характеристики

- Директност / индиректност
- Монолитност / структурираност
- Симетричност / асиметричност
- Стандартност / нестандартност

5

### Характеристики на протоколите: Директност / индиректност

- **Директност**
  - Системи имащи връзка тип 'точка-точка'
    - Например, PC – периферно устройство.
  - Системи имащи многоточкова връзка
    - Например, безжични локални мрежи (*ad hoc WLAN*).
  - Данните могат да се обменят без намесата на активен агент
- **Индиректност**
  - Комутирани мрежи
    - Например, глобални мрежи (*WAN*), комутирани локални мрежи (*switched LAN*).
  - Взаимно свързани мрежи (интермрежи)
  - Обменът на данни зависи от други (междинни) обекти

6

### Характеристики на протоколите: Монолитност / структурираност

- Комуникацията е комплексна задача
- Твърде сложна за да бъде изпълнена от една единствена единица
- Структурираният дизайн позволява разделяне на проблема на по-малки проблеми за по-лесно решаване
- Слоеста структура се предпочита
  - В този случай са необходими няколко протокола – поне един за всеки слой.

7

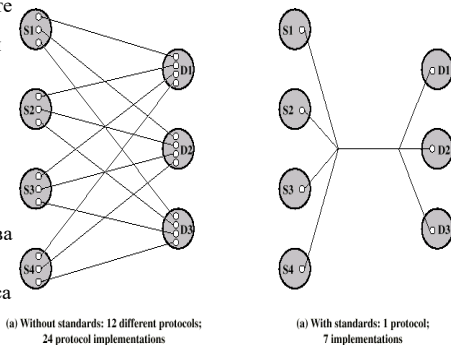
### Характеристики на протоколите: Симетричност / асиметричност

- Симетричност
  - Комуникация между равностойни обекти
  - Например, интерфейсни карти за локални мрежи (*LAN NIC*)
- Асиметричност
  - Комуникация между неравностойни обекти
    - Тип 'господар/роб' (*master/slave*):  
напр. Bluetooth.
    - Тип 'клиент/сервър' (в приложния слой)

8

### Характеристики на протоколите: Стандартност / нестандартност

- Нестандартните протоколи са за специфични цели и задачи
- Наличието на  $K$  подателя и  $L$  получателя води до  $K * L$  протокола и  $2 * K * L$  реализации
- Ако се използва 1 общ (стандартен) протокол, ще са необходими само  $K + L$  реализации.



9

### Стандарти

- Защо са необходими стандарти?
  - За уникална спецификация
  - За глобално еднообразие и оперативна съвместимост (*interoperability*) между системите/оборудването
- **Предимства**
  - По-голям пазар за хардуер и софтуер
  - Продукти от различни производители могат да комуникират помежду си
- **Недостатъци**
  - Замразяване на технологиите
  - Може да съществуват няколко стандарта за едно и също нещо

10

### Стандарти: Видове

- **Де юре**
  - Официални
  - Одобрени от призната стандартизираща организация
  - Може да има слабо възприемане от пазара
    - Например, OSI модела.
- **Де факто**
  - Не са формално одобрени, но използвани.
  - Възприети от пазара, но все още неофициални.
- **Патентовани (частни)**
  - Принадлежащи на някого, който има пълен контрол над тях.
- **Отворени**
  - Спецификациите им са достъпни безплатно и са документираны с всички детайли

11

### Стандарти: Организации (1)

- За патентовани стандарти / затворени системи
  - **ECMA** (European Computers Manufacturers Association)
  - **EIA** (Electronic Industrials Association)
- За интерфейсни стандарти / системи от различни производители
  - **ITU-T** (International Telecommunications Union, Telecommunications sector), former CCITT (Comite Consultatif International pour Telephone et Telegraphe)
  - **ANSI** (American National Standards Institute)
  - **IEEE** (Institute for Electrical and Electronic Engineers)
  - **ETSI** (European Telecom Standards Institute)
- За международни стандарти / отворени системи
  - **ISO** (International Organization for Standardization)
    - Създадена през 1947 г.
    - Многонационална организация, посветена на постигането на световно споразумение за международни стандарти.
    - Почти 3/4 от страните са представени в ISO
    - ISO стандарт, който покрива всички аспекти на мрежовите комуникации е референтният модел за взаимно свързване на отворени системи (**OSI**) – въведен в края на 1970.

12

## Стандарти: IEEE (2)



13

## Стандарти: Организации (3)

- **Консорциуми/форуми:** съставени от фирми (промоция на продукти) и стандартизиращи органи (стандартизация в процес)
  - Frame Relay Forum
  - ATM Forum
  - Universal Plug and Play (UPnP) Forum
  - Wireless World Research Forum (WWRF)
- За патентовани мрежи (на големите компании)
  - IBM/SNA, Digital/DECNET, Novell/Netware

14

## Интернет стандарти

- **RFCs (Requests For Comments)** - <http://www.rfc-editor.org>
- Старателно тествани спецификации, полезни за и спазвани от тези, които работят с Интернет.
- Формализирани правила, които трябва да бъдат следвани.
- Строга процедура, по която спецификациите получават статут на Интернет стандарт.
  - Спецификацията започва като Интернет проект (чернова) – Internet draft
  - Интернет проектът е работен документ без официален статут и 6 месеца живот
  - И т.н. ... (по диаграмата)



15

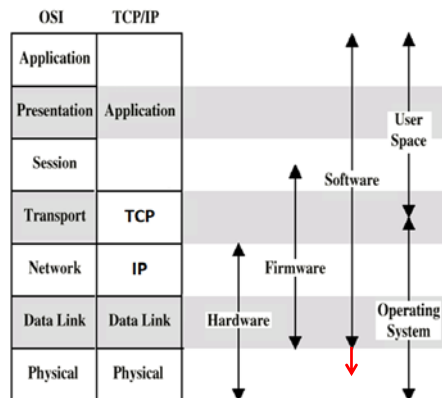
## Протоколна архитектура

- Комуникационна задача, разделена на слоеве.
- Всяка комуникационна система използва своя собствена слоева протоколна архитектура
- За комуникация между обекти от един и същ слой се използват **протоколи**

17

## Референтни комуникационни модели

- **OSI**
  - Open Systems Inter-connection
- **TCP/IP**
  - Transmission Control Protocol / Internet Protocol



18

## Слое/нива в човешките комуникации

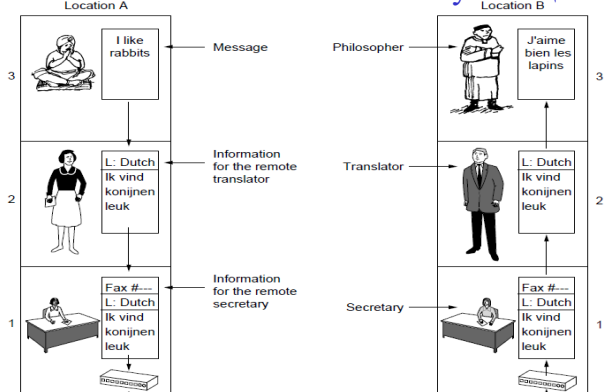


Figure 1-14 Tanenbaum, A.S. & Wetherall D.J., Computer Networks, 5th ed., Prentice Hall, 2011

19

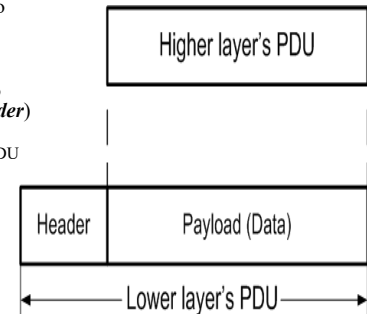
## Протоколи: Функции

- Капсулация и декапсулация (на протоколни единици за данни, PDUs)
- Сегментация и десегментация (на PDUs)
- Контрол на съединението
- Доставка в правилен ред
- Контрол на потока данни
- Контрол на грешките
- Адресация
- Мултиплексиране
- Услуги на пренасянето

20

## Функции на протоколите: Капсулация

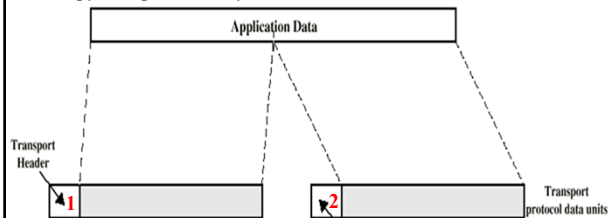
- Протоколната единица за данни (PDU) на по-горен слой се вмъква в полето за данни на PDU на по-долния слой
- Добавя се и служебна информация (най-често като заглавна част, **header**)
  - Контролна информация
    - Пореден номер на PDU
    - PDU приоритет
    - Номер на потвърждението
  - Адресна информация
    - Адрес на получателя
    - Адрес на подателя
  - Информация за борба с грешките
    - Например, код за откриване на грешки



21

## Функции на протоколите: Сегментация и десегментация (Фрагментация и дефрагментация)

- Протоколните единици имат ограничен размер
  - PDU на по-горния слой може да е по-голяма от PDU на по-долния слой
- Разделянето на по-голяма PDU на по-малки PDU се нарича **сегментация** (в TCP) или **фрагментация** (в IP)
- **Десегментация (дефрагментация)** е необходима в другия край на комуникацията



22

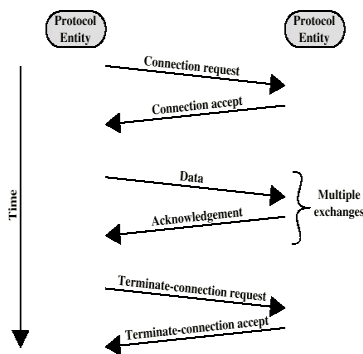
## Сегментация: предимства и недостатъци

- **Предимства**
  - По-ефективен контрол на грешките
  - По-справедлив достъп до мрежовата инфраструктура
  - По-кратки закъснения
  - По-малки буфери са необходими
  - Могат да се използват контролни точки и точки за рестартиране/възобновяване
- **Недостатъци**
  - Режимни разноски (*overhead*)
  - Увеличаване броя на прекъсванията в приемника
  - Увеличено време за обработка

23

## Функции на протоколите: Контрол на съединението

- 3/4 фази:
  - Изграждане на съединението
  - Трансфер на данни
  - Разпадане на съединението
  - Може да има също и прекъсване и възстановяване на съединението
- Поредни номера, използвани за:
  - Доставка в правилен ред
  - Контрол на потока
  - Контрол на грешките



24

## Функции на протоколите: Доставка в правилен ред

- Протоколните единици (PDU) могат да преминат през различни пътища през мрежата
- И, в резултат, да пристигнат в разбъркан ред
- Затова се номерират последователно по модул
  - $\text{modulo } 2^N$ 
    - $N$  е размера на полето **Seq. No.** (в заглавната част на PDU)
  - Номерата се повтарят циклично
    - Например, ако  $N=2$ , PDU се номерират **0, 1, 2, 3, 0, 1, ...**
    - По-късно изпратена PDU с номер (**0**) може да пристигне преди по-рано изпратена PDU със същия номер (**0**)
    - Ако не се приложат спец. мерки (напр. прозорец), НЕ е възможно да се отличи **новият номер 0** от **стария номер 0**

25

### Функции на протоколите: Контрол на потока

- Извършва се от получателя
- С цел да регулира постъпващия поток от данни
- 2 вида:
  - Старт-стопен (*stop-and-wait*)
  - Кредитен
    - Плъзгащ се прозорец (*sliding window*)

26

### Функции на протоколите: Контрол на грешките

- Защита срещу загубени или повредени PDU
  - Най-вече за откриване на грешки
- Подател
  - Добавя служебни битове за контрол на грешките
- Получател
  - Проверява тези битове
  - Ако са ОК, потвърждава с положителна квитанция ACK.
  - Ако има грешка, бракува PDU. (и може да изпрати обратно отрицателна квитанция NAK)
- Повторно предаване
  - Ако не се получи ACK в рамките на определен интервал от време (*неявно, implicit*)
  - Ако се получи NAK (*явно, explicit*)
- Извършва се от различни слоеве

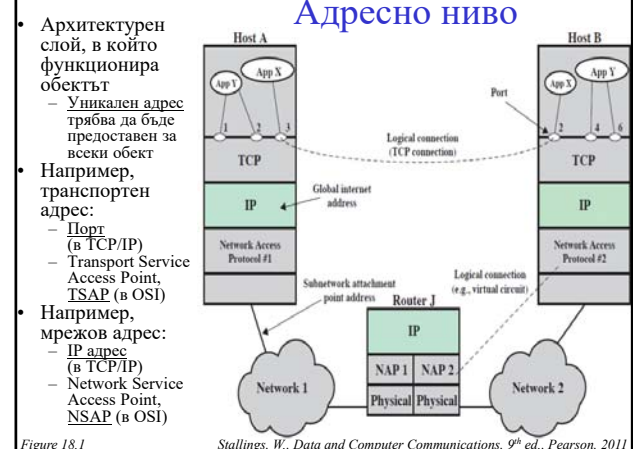
27

### Функции на протоколите: Адресация

- Ниво
- Обхват (*scope*)
- Тип
- Идентификатори на съединението (*connection identifiers*)
- Режим

28

### Адресно ниво



29

### Адресен обхват

- Глобален
  - Например, IPv4 публични адреси
  - Глобална недвусмисленост
    - Адрес X идентифицира уникална система
    - Има само една система с адрес X
  - Глобална приложимост
    - Една система може да идентифицира всяка друга система по нейния адрес
    - Адрес X идентифицира тази система отвсякъде в рамките на обхвата
- Локален
  - Например, IPv4 частни адреси
  - Локална недвусмисленост
  - Локална приложимост

30

### Адресен тип

- Йерархичен
  - Съдържа префикси, всеки от които се използва в различна фаза/степен на комуникацията
  - Напр. телефонните номера
  - Напр. IP адресите в Интернет
- Плосък
  - Без префикси
  - Напр. MAC адресите в локалните комп. мрежи (*LAN*).

31

### Идентификатори на съединението (етикети)

- Използват се при трансфер на данни по предварително изградено (логическо) съединение (*connection-oriented data transfer*)
- Назначават се при изграждане на съединението (комуникационна фаза 1)
  - Намаляват допълнителните/режийните разnosки (*overhead*), тъй като етикетите са по-къси от глобалните адреси.
  - Маршрутизацията може да бъде фиксирана и да се извършва по етикета на съединението
  - Обектите могат да участват едновременно в няколко съединения
    - Мултиплексиране
  - Информация за състоянието (*state information*) се пази в мрежата

32

### Адресен режим

- **Unicast**
  - Адресира се един обект
  - PDU се изпраща към един обект
  - Формат: 01...1 (напр. в LAN)
- **Broadcast**
  - Адресират се всички обекти в рамките на домейна
  - PDU се изпраща към всички обекти
  - Формат: 11...1
- **Multicast**
  - Адресира се подмножество от обекти в домейна
  - PDU се изпраща към група обекти
  - Формат: 1...0...1 (напр. в LAN)
- **Anycast**
  - Комуникация между подател и най-близкия от няколко получателя
    - Например, комуникация с най-близкия сървър.
  - Използва се в IPv6

33

### Функции на протоколите: Мултиплексиране

- Съответствие/нанасяне (*mapping*) на няколко съединения от един слой към едно съединение от друг слой
- Мултиплексиране нагоре (*upward multiplexing*)
  - Различни съединения от горен слой, мултиплексирани в едно съединение на по-долния слой.
    - Например, реализиране на няколко канала по една и съща комуникационна (физическа) линия.
  - **Рентабилност**
  - **Икономичност**
- Мултиплексиране надолу (*downward multiplexing*)
  - 1 съединение от горен слой, реализирано чрез разпределяне на трафика му по няколко съединения на по-долния слой.
    - Например, реализиране на 1 канал по няколко различни комуникационни линии.
  - **Подобрена производителност**
  - **Ускорена доставка**

34

### Функции на протоколите: Услуги на пренасянето

- **Приоритетност**
  - Идентифициране на по-важните PDU
- **Качество на обслужване** (*Quality of Service, QoS*)
  - Минимално-приемлива производителност (*throughput*)
    - Например, брой битове/съобщения, доставени за 1 секунда.
  - Максимално-приемливо закъснение (*delay, latency*)
  - Максимално-приемливо вариране на закъснението (*jitter*)
  - Максимално-приемливо ниво на грешките (*Bit Error Rate, BER*)
- **Сигурност**
  - Ограничения за достъп
  - Шифриране/дешифриране на данни
  - Потвърждаване автентичността на съобщенията (*message authentication*)
  - AAA (Authentication, Authorization and Accounting)

35