

Протоколи и протоколни архитектури

Протокол (1)

- Набор от правила
- Управляващи комуникацията
- Определящи:
 - *Какво* се комуникира
 - *Как* се комуникира
 - *Кога* се комуникира

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*)

Протоколи: Основни елементи

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

Протоколи: Характеристики

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

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 (интернети)
 - Обменът на данни зависи от други (междинни) обекти

Характеристики на протоколите: Монолитност / структурираност

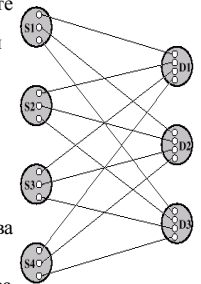
- Комуникацията е комплексна задача
- Твърде сложна за да бъде изпълнена от една единствена единица
- Структурираният дизайн позволява раздробяването на проблема на по-малки проблеми за по-лесно решаване
- Слоеста структура се предпочита
 - В този случай са необходими няколко протокола – поне един за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

Характеристики на протоколите: Симетричност / асиметричност

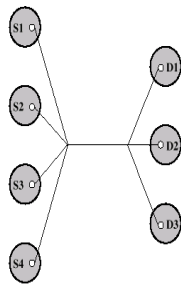
- Симетричност
 - Комуникация между равностойни обекти
 - Например, интерфейсни карти за локални мрежи (*LAN NIC*)
- Асиметричност
 - Комуникация тип `господар/роб` (*master/slave*): например, Bluetooth.
 - Комуникация тип `клиент/сервър` (например, протоколи на приложния слой)

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.



(a) Without standards: 12 different protocols; 24 protocol implementations



(a) With standards: 1 protocol; 7 implementations

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

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 документирани с всички детайли

Стандарти: Организации (1)

- За патентовани стандарти / затворени системи
 - **ЕСМА** (European Computers Manufacturers Association)
 - **EIA** (Electronic Industries 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.

Стандарти: Организации (2)

- Консорциуми/форуми: смес от фирми (*промоция на продукти*) и стандартизиращи органи (*стандартизация в прогрес*)
 - IEEE 802.x – формална стандартизираща група
 - 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

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.

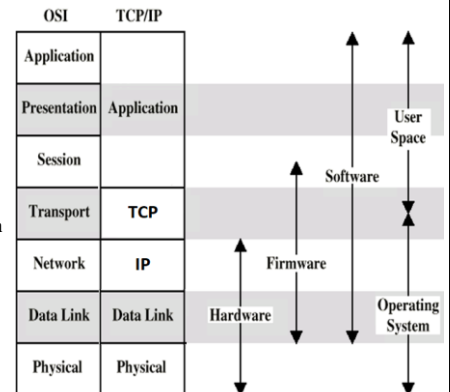


Протоколна архитектура

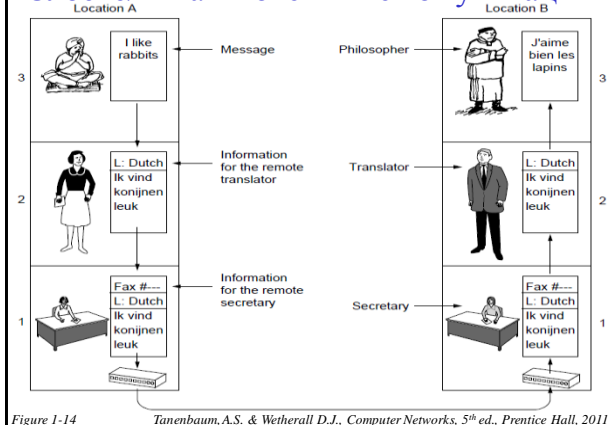
- Комуникационна задача, разделена на слоеве.
- Всяка комуникационна система използва своя собствена слоеста протоколна архитектура
- За комуникация между обекти от един и същ слой се използват **протоколи**

Референтни комуникационни модели

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



Слое/нива в човешките комуникации

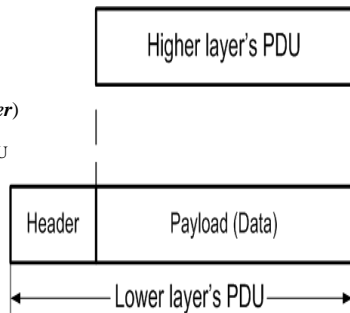


Протоколи: Функции

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

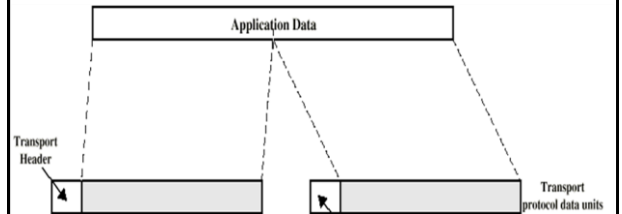
Функции на протоколите: Капсулация

- 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



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

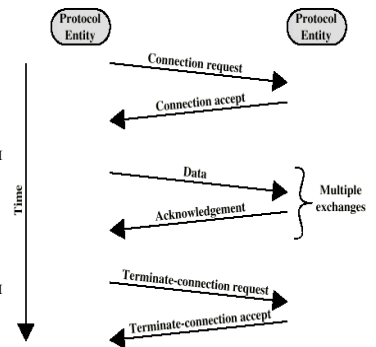


Сегментация: предимства и недостатъци

- 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**
 - Режийни разноски (*overhead*)
 - Увеличаване броя на прекъсванията в приемника
 - Увеличено време за обработка

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



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 (**1**) може да пристигне преди по-рано изпратена PDU със същия номер (**1**)
 - Не е възможно да се различат **стария номер 1** от **новия номер 1**

Функции на протоколите: Контрол на потока

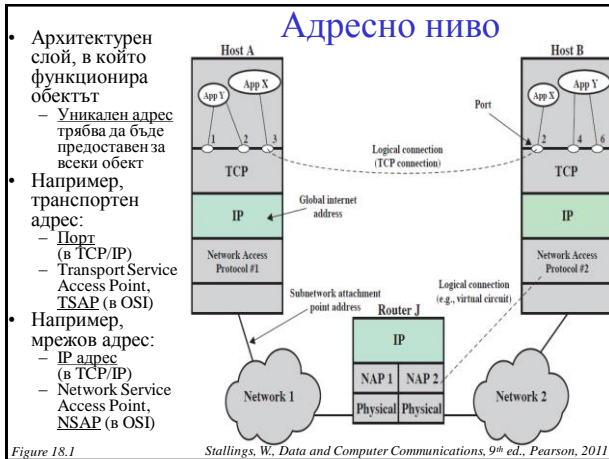
- Извършва се от получателя
- С цел да ограничи постъпващия поток от данни
- 2 вида:
 - Старт-стопен (*stop-and-wait*)
 - Кредитен
 - Плъзгач се прозорец (*sliding window*)

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

Функции на протоколите: Адресация

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



- Архитектурен слой, в който функционира обектът
 - Уникален адрес трябва да бъде предоставен за всеки обект
- Например, транспортен адрес:
 - Порт (в TCP/IP)
 - Transport Service Access Point, TSAP (в OSI)
- Например, мрежов адрес:
 - IP адрес (в TCP/IP)
 - Network Service Access Point, NSAP (в OSI)

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
 - Е.g. IPv4 частни адреси
 - Локална недвусмисленост
 - Локална приложимост

Адресен тип

- Йерархичен
 - Телефонните номера
 - IP адресите в Интернет
- Плосък
 - MAC адресите в локалните мрежи (*LAN*).

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 идентифицира по етикета на съединението
 - Обектите могат да участват едновременно в няколко съединения
 - Мултиплексиране
 - Информация за състоянието (*state information*) се пази в мрежата

Адресен режим

- **Unicast**
 - Адресира се един обект
 - PDU изпратена към един обект
- **Broadcast**
 - Адресират се всички обекти в рамките на домейна
 - PDU изпратена към всички обекти
- **Multicast**
 - Адресира се подмножество от обекти в домейна
 - PDU изпратена към група обекти
- **Anycast**
 - Комуникация между подател и най-близкия от няколко получателя в група
 - Например, комуникация с най-близкия сървър.
 - Използва се в IPv6

Функции на протоколите:

Мультиплексиране

- Съответствие/нанасяне (*mapping*) на няколко съединения от един слой към едно съединение от друг слой
- **Мультиплексиране нагоре** (*upward multiplexing*)
 - Различни съединения от горен слой, мультиплексирани в едно съединение на по-долния слой.
 - Например, реализиране на няколко канала по една и съща комуникационна (физическа) линия.
 - Рентабилност
- **Мультиплексиране 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

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)