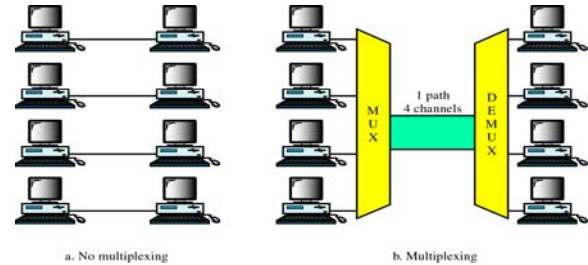


Физически слой: Мультиплексиране

- Много канали по 1 комуникационна линия
- Няколко предавателя/приемника споделят голям преносен капацитет (на 1 комуникационна линия)
- Ефективното използване на високоскоростни далекосъобщителни линии

1

Мультиплексиране



- Използва се когато по комуникационната линия са създадени няколко комуникационни канала.
 - Каналите се мультиплексират за по-ефективно използване на линията (преносната среда)
- Особено полезно при комуникация на големи разстояния

Figure 8-1

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

2

Мультиплексиране: Категории

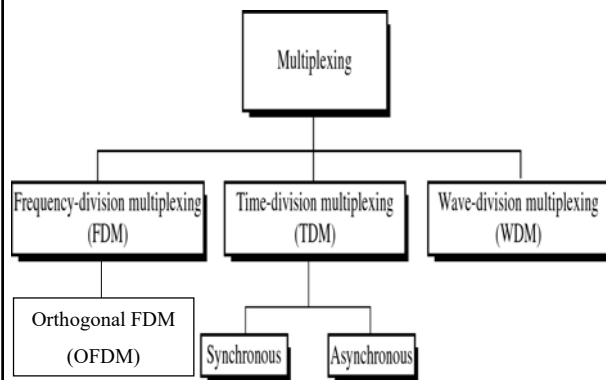


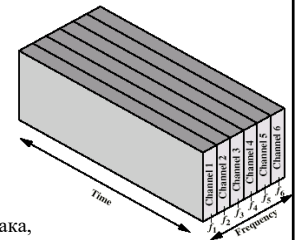
Figure 8-2

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

3

Честотно мультиплексиране (FDM)

- Входящи сигнали
 - Аналогови (или цифрови, преобразувани в аналогови)
 - Пренасяни едновременно
 - Мультиплексирани в композитен **аналогов** сигнал
- Всеки сигнал модулира различна **носеща честота**
- Носещите честоти са разделени така, че сигналите да НЕ се припокриват.
 - Защитни честотни ленти м/у съседните канали
- Например ТВ/радиоизлъчване
 - Различни честоти са предоставени за използване на различни ТВ/радиостанции
- **Недостатък:** Каналите са предоставени и заети, дори и да няма никакви данни за предаване!



4

FDM: Мультиплексиране

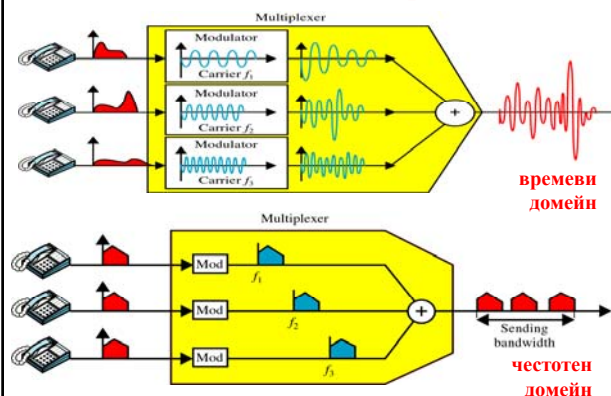


Figure 8-4

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

5

FDM: Демултиплексиране

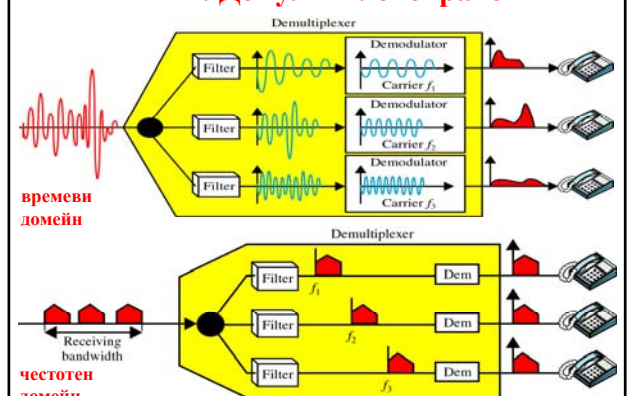


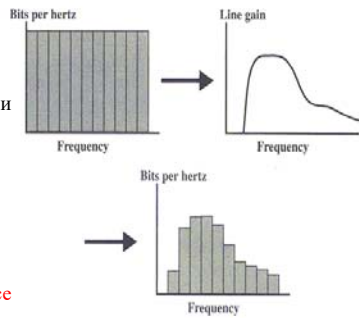
Figure 8-6

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

6

Ортогонално честотно мултиплексиране (OFDM)

- Базира се на модулация с много носещи честоти (*multicarrier modulation*)
- Прилага се за 1 сигнал
- Наличният спектър е разделен на няколко подканални
- Предаваният поток от битове е разделен на няколко паралелни битови потоци (от десетки до хиляди на брой)
- Всеки поток се предава по отделен подканал (чрез стандартно модулиране, напр. PSK, QAM)
- Основно предимство:** Скоростта на предаване по различните подканални може да е различна и да се променя динамично в зависимост от качеството на отделните подканални!



12

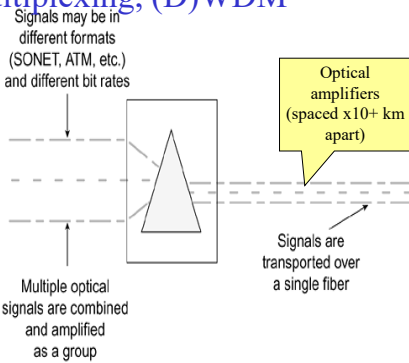
OFDM: Приложения

- ADSL and VDSL broadband access via telephone network copper wires.
- IEEE 802.11a and 802.11g (WiFi) WLANs
- DAB systems
 - EUREKA 147, Digital Radio Mondiale,
- Terrestrial digital TV systems
 - DVB-T, DVB-H, T-DMB and BST-OFDM.
- IEEE 802.16 (WiMax) WMANs
- IEEE 802.20 (Mobile Broadband Wireless Access, MBWA)
- Flash-OFDM cellular system
- Some UWB systems
- Power Line Communications (PLC)

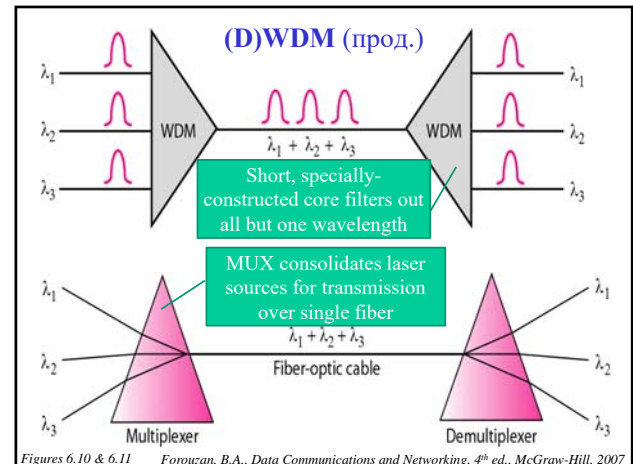
13

Вълново мултиплексиране - (Dense) Wavelength Division Multiplexing, (D)WDM

- FDM вариант за оптични сигнали
- Комбинира множество светлинни лъчи с различни дължини на вълната по 1 оптично влакно
- НЕ зависи от изп. протокол
- НЕ зависи от скоростта
- Може да пренася различни типове трафик – всеки с различна скорост
 - Напр. IP, ATM, SDH/SONET, Ethernet.



14



15

WDM пример 1: LAN Ethernet (10GBaseLX4)



16

WDM пример 2: LAN Ethernet (40GbE/100GbE)

	40 Gbps	100 Gbps
1m backplane	40GBASE-KR4	
10 m copper	40GBASE-CR4	100GBASE-CR10
100 m multimode fiber	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
10 km single mode fiber	40GBASE-LR4	100GBASE-LR4
40 km single mode fiber		100GBASE-ER4

Naming nomenclature:

Copper: K = backplane; C = cable assembly

Optical: S = short reach (100m); L = long reach (10 km); E = extended long reach (40 km)

Coding scheme: R = 64B/66B block coding

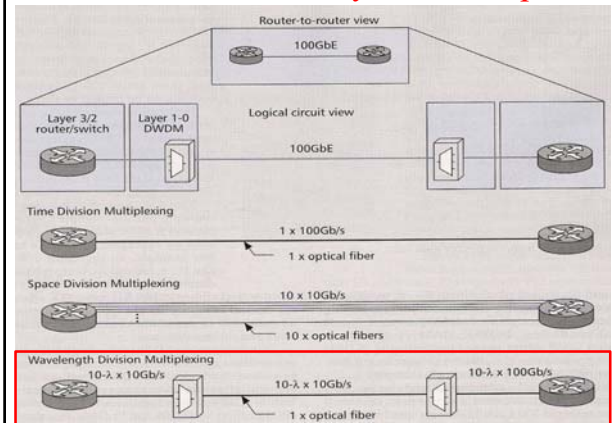
Final number: number of lanes (copper wires or fiber wavelengths)

Table 16.4

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

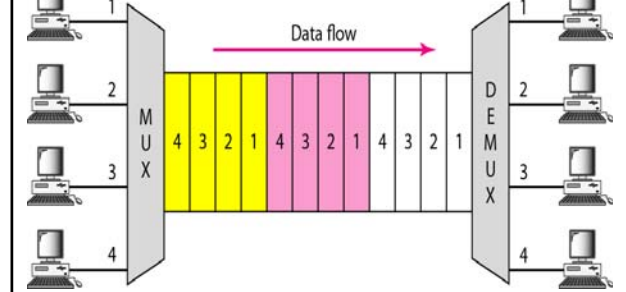
17

100GbE: Начини за мултиплексиране



18

Времево мултиплексиране (TDM)



- В един честотен спектър се предават чрез **редуване** импулси (битове) от различни (цифрови) сигнали
- Импулсите (битовете) на даден сигнал се предават в съответния за него **времеви слот** (канал)

Figure 6.12 Forouzan, B.A., Data Communications and Networking, 4th ed., McGraw-Hill, 2007

20

Синхронно времево мултиплексиране (Synchronous TDM)

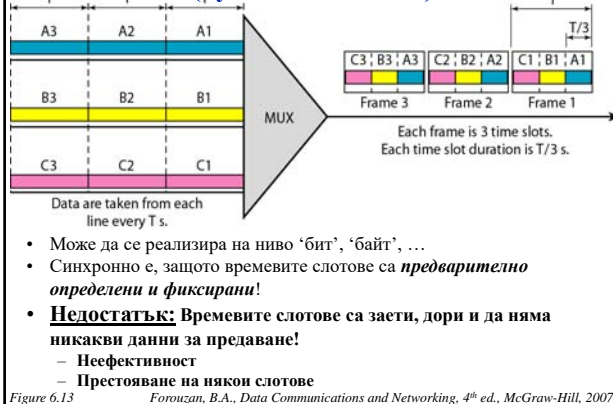


Figure 6.13 Forouzan, B.A., Data Communications and Networking, 4th ed., McGraw-Hill, 2007

21

Синхронно TDM: Мултиплексиране и демултиплексиране

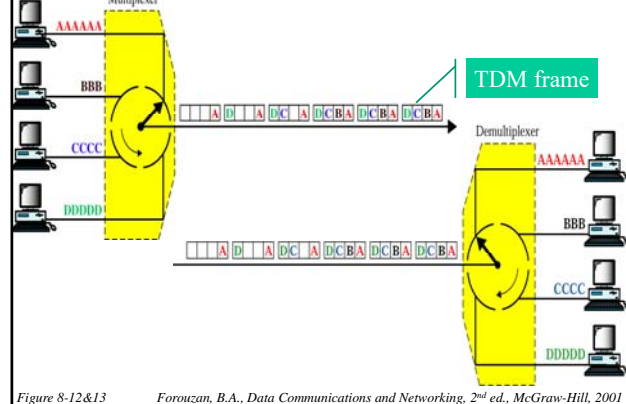
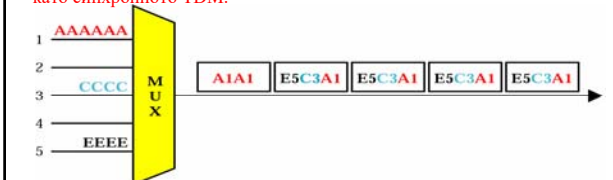


Figure 8-12&13 Forouzan, B.A., Data Communications and Networking, 2nd ed., McGraw-Hill, 2001

22

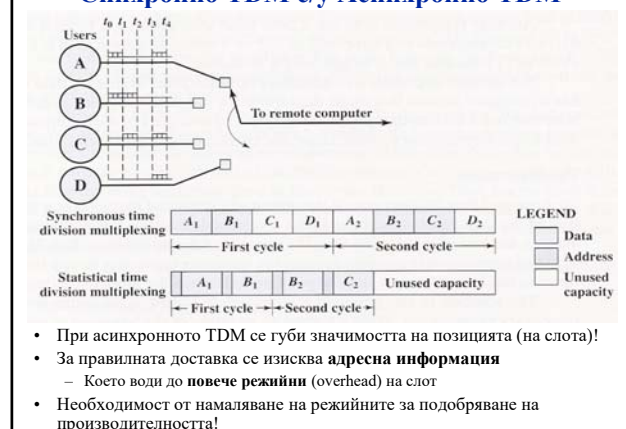
Асинхронно (статистическо) TDM

- При синхронното TDM много слотове се прехватат (ако няма данни)
- Асинхронното TDM **разпределя** слотове **динамично** и само **при нужда**
 - Мултиплексорът сканира вход. линии и колекционира необходимите данни за предаване, докато рамката се запълни.
- НЕ всички податели имат нужда да предават по едно и също време!
- Скорост на мултиплексираната линия $< \Sigma$ на скорости на вход. линии
- Може да използва **по-ниска скорост**, за да поддържа толкова податели, колкото поддържа синхронното TDM, или
- Може да поддържа **повече податели**, ако работи на същата скорост като синхронното TDM.



30

Синхронно TDM с/у Асинхронно TDM



- При асинхронното TDM се губи значимостта на позицията (на слота)!
- За правилната доставка се изисква **адресна информация**
 - Кое то води до **повече режимни** (overhead) на слот
- Необходимост от намаляване на режимните за подобряване на производителността!

31