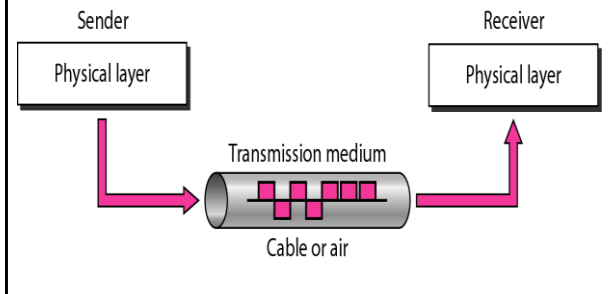


## Физически слой: Преносна среда



## Преносна среда: Общ преглед

- Физически път между предавателя и приемника
  - Кабелна/жична среда**
    - Твърда среда (кабел, жица)
    - Средата е по-важна!
  - Безжична среда**
    - Атмосфера, космическо пространство, вода, плазма.
    - Честотната лента, осигурена от антената е по-важна!
- Основният акцент е върху осигурената скорост на предаване и покриваното разстояние
  - В реципрочна зависимост

## Фактори, оказващи влияние върху скоростта на предаване и разстоянието

### Честотна лента

- По-широка честотна лента е предпоставка за по-висока скорост на предаване

### Увреждане на сигнала при предаване

- Уврежданията на сигнала ограничават разстоянието

### Смущения

- Припокриващите се честотни ленти (канални) могат да доведат до сериозно увреждане или дори изчезване на сигнала

### Брой на приемниците

- Ако се използва споделена кабелна среда, по-големият брой приемници води до по-голямо отслабване на сигнала.

## Преносна среда: Типове

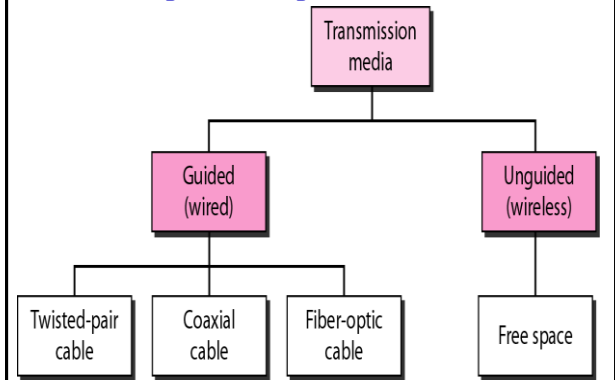
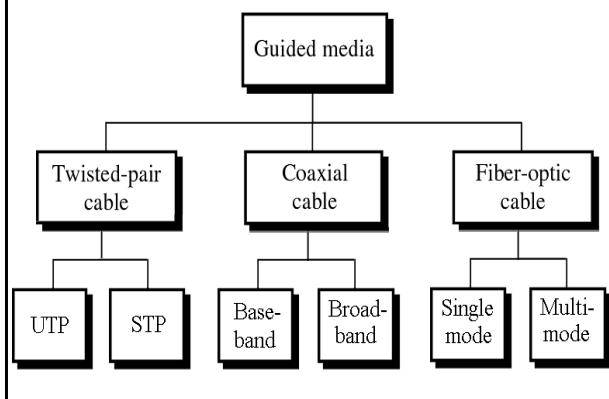


Figure 7.2

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

## Кабелна среда: Видове



## Кабелна среда: Усукана двойка проводници



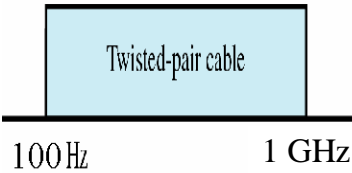
Figure 7-5

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

### Кабел с усукани двойки проводници

Най-използван в:

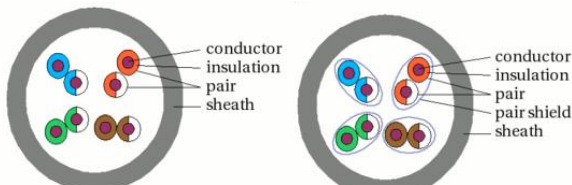
- Телефонни мрежи
  - По абонатната линия между дом/офис и АТЦ
  - В сгради (напр. за свързване към УТЦ)
- Локални компютърни мрежи (LANs)
  - 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, 10 Gb/s, ...



### Кабел с усукани двойки проводници: Предимства и недостатъци

- **Предимства**
  - Евтин
  - Гъвкав
  - Удобен за работа
- **Недостатъци**
  - Ниска скорост на предаване (поради ограничената честотна лента)
  - Малък обем (покрытие)
  - Податлив на смущения и шум

### Кабел с усукани двойки проводници: Типове (1)



#### Unshielded Twisted Pair (UTP)

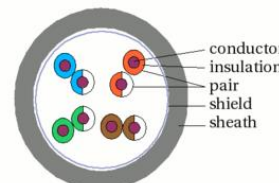
- Lack of shielding results in high degree of **flexibility**
- Used in many Ethernet LANs and telephone systems
  - **Cheaper; easier to install**
  - **Suffer from external EMI (electromagnetic interferences) and crosstalk**

#### Shielded Twisted Pair (STP)

- Metal shielding over each individual pair of copper wires, which **protects it from external EMI and crosstalk**
- E.g. the 150  $\Omega$  STP cables defined by IBM used with Token Ring LANs
  - **More expensive**
  - **Harder to handle (thick, heavy)**
  - **Better quality**

### Кабел с усукани двойки проводници: Типове (2)

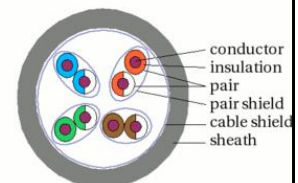
#### S/UTP - FTP - S/FTP



#### Screened Unshielded Twisted Pair (S/UTP) AKA:

- Fully-shielded (or Foiled) Twisted Pair (FTP)
- Screened Fully-shielded Twisted Pair (S/FTP)
- **Protection** from external EMI

#### S/STP



#### Screened Shielded Twisted Pair (S/STP)

- STP cabling with metal shielding also covering the group of shielded copper pairs
- **Improved protection** from crosstalk

### UTP категории

- **Cat. 5e (5+)**
  - Enhanced cat. 5
  - **Improvements: 35% in resistance; 5% in attenuation; 6dB in NEXT.**
  - Currently defined in TIA/EIA-568-B
  - Provides performance of up to 125 MHz
  - Frequently used for both 100Mbps and Gigabit Ethernet LANs
- **Cat. 6**
  - Currently defined in TIA/EIA-568-B
  - Provides performance of up to 250 MHz (more than double category 5 and 5e)
  - Cat. 6A goes up to 500 MHz
- **Cat. 7**
  - Informal name applied to ISO/IEC 11801 Class F cabling
  - Attempt close to Foil TP (FTP)
  - Designed for transmission at frequencies up to 600 MHz
  - Cat. 7A goes up to 1 GHz
- **Неизползвани категории: Cat. 1, 2, 3, 4, 5**

### UTP конектори

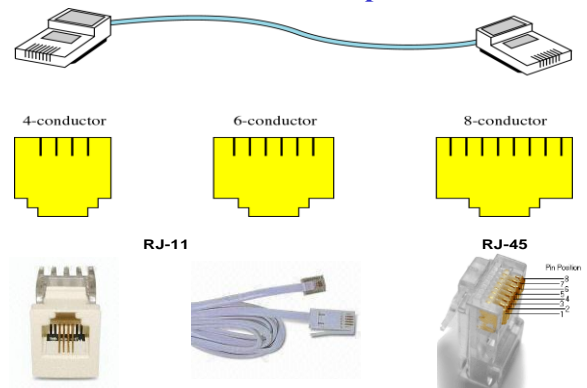
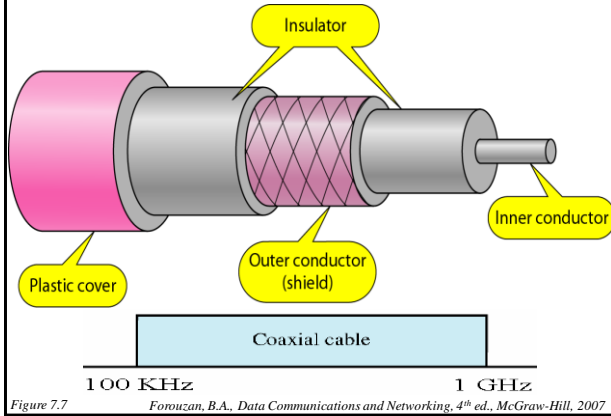


Figure 7-9

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

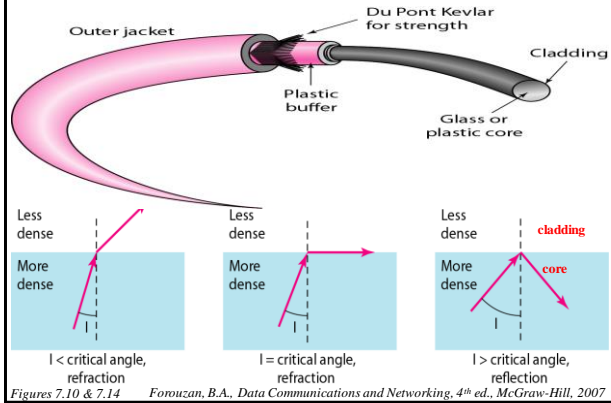
### Кабелна среда: Коаксиален кабел



### Коаксиален кабел: Приложения

- ТВ разпространение
  - Кабелна телевизия (CATV)
- Междуселищни телефонни трасета
  - Може да пренася десетки хиляди телефонни разговори едновременно
  - Повсеместно заместване с оптичен кабел
- Комуникационни линии между компютърни системи на къси разстояния
- LANs
  - 10 Mb/s Ethernet (10 Base 2/5)

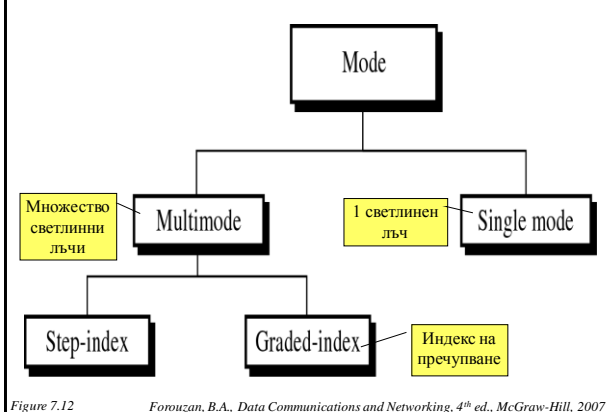
### Кабелна среда: Оптичен кабел



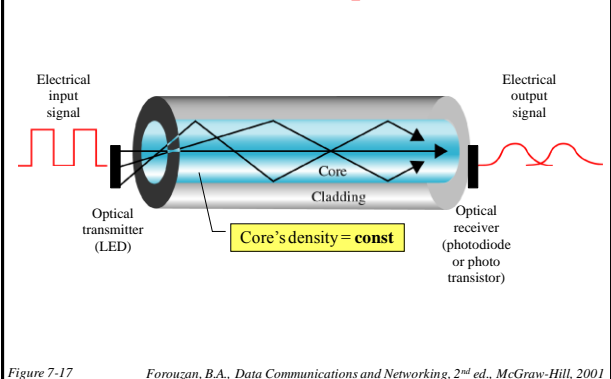
### Оптичен кабел: Характеристики

- Използва пълно вътрешно отражение за предаване на светлинни сигнали
  - Честотна лента:  $10^{14} \div 10^{15}$  Hz
  - Части от инфрачервения и видимия спектри
- Използвани източници на светлина:
  - Светодиоди (LED)
    - Евтини
    - Широк температурен диапазон на работа
    - Висока толерантност към влажност
    - Ниска консумация на ел. енергия
    - Минимално топлинно излъчване
    - Дълъг живот
  - Инжекционни лазерни диоди (ILD)
    - По-ефективни
    - По-голяма скорост на предаване

### Оптичен кабел: Типове



### Оптичен кабел: Multimode Step-Index



### Оптический кабель: Multimode Graded-Index

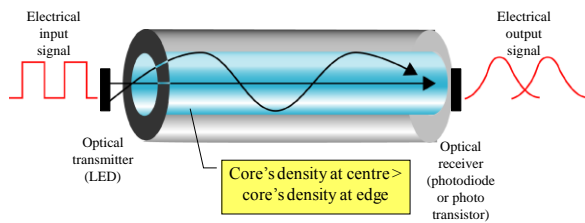


Figure 7-18

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

### Оптический кабель: Single Mode Fiber

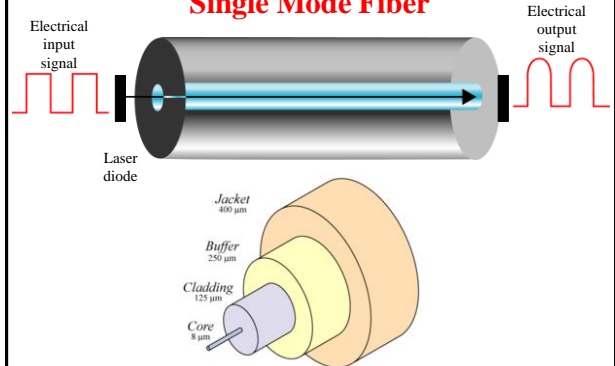
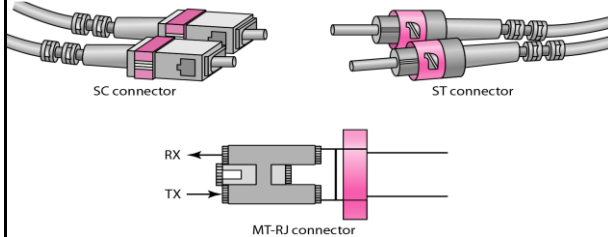


Figure 7-19

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

### Оптический кабель: Конекторы

Type	Core (μm)	Cladding (μm)	Mode
50/125	50.0	125	Multimode, graded index
62.5/125	62.5	125	Multimode, graded index
100/125	100.0	125	Multimode, graded index
7/125	7.0	125	Single mode

Table 7.3 & Figure 7.15 Forouzan, B.A., Data Communications and Networking, 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, 2007

### Оптический кабель: Предимства и недостатъци

#### Предимства:

- Широка честотна лента
- Висока скорост на предаване – стотици Gb/s
- Малки размер и тегло
  - Намалява изискванията за структурно окабеляване
- Слабо затихване на сигнала
- Електромагнитна изолация
  - Неуязвим към смущения, импулсен шум и прослушване.
  - Висока степен на защита от подслушване
- Голямо разстояние м/у регенераторите/повторителите
  - Десетки километри (и повече)
  - По-ниска себестойност и по-малко източници на грешки

#### Недостатъци:

- Висока цена
  - Особено на терминаторите и мрежовите карти
- Сравнително трудна инсталация и поддръжка
- Чупливост!

### Оптический кабель: Приложения

- Комуникационни трасета на дълги разстояния
- Абонатни линии (FTTx)
- LANs

Wave length (in vacuum) range (nm)	Frequency Range (THz)	Band Label	Fiber Type	Application
820 to 900	366 to 333		Multimode	LAN
1280 to 1350	234 to 222	S	Single mode	Various
1528 to 1561	196 to 192	C	Single mode	WDM
1561 to 1620	192 to 185	L	Single mode	WDM

Table 4.3

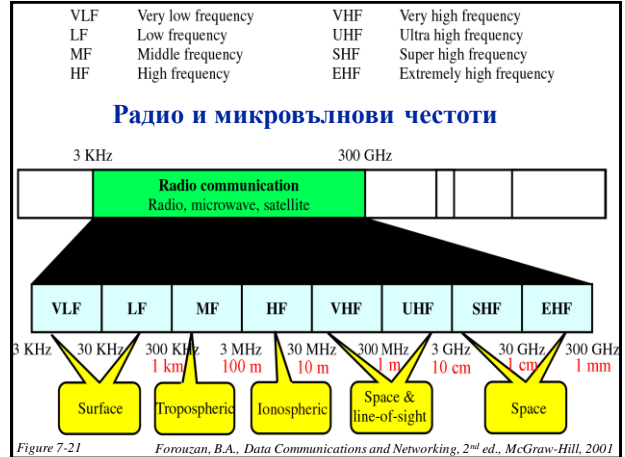
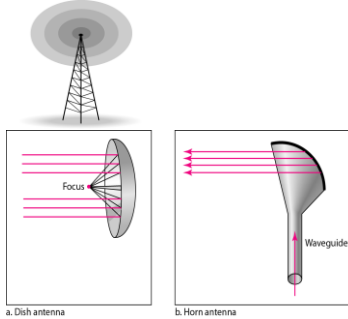
Stallings, W., Data and Computer Communications, 9<sup>th</sup> ed., Prentice Hall, 2011

### Безжична среда

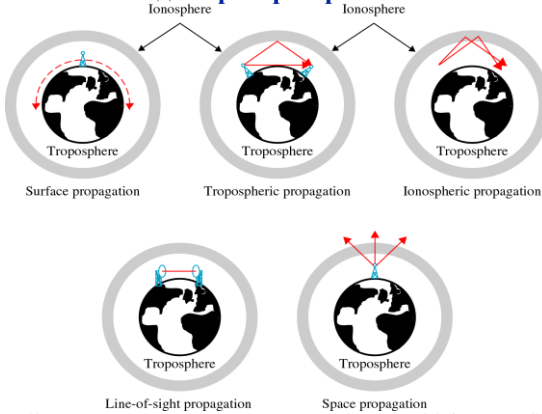
- Безжично предаване
  - Предаване и приемане чрез антена
- 2 вида
  - Насочено
    - Фокусиран лъч
    - Изисква внимателно насочване/подравняване
  - Многопосочно (*omnidirectional*)
    - Сигналът се разпространява във всички посоки
    - Може да бъде приет от много антени

## Безжично предаване: Честоти

- 30 MHz ÷ 1 GHz
  - Честоти за радиоразпръскване (broadcast radio)
  - Многопосочно предаване
- 1 GHz ÷ 40 GHz
  - Микровълнови честоти
  - Силно насочен лъч
  - Предаване тип „от точка до точка“ (point-to-point)
  - Сателитни комуникации
  - Теснолентови микровълнови WLAN
- $3 \times 10^{11} \div 2 \times 10^{14}$  Hz
  - Инфракчервени честоти
  - Локални предавания тип „от точка до точка“ и към много точки в рамките на ограничени зони
  - LAN в рамките на 1 стая



## Видове разпространение

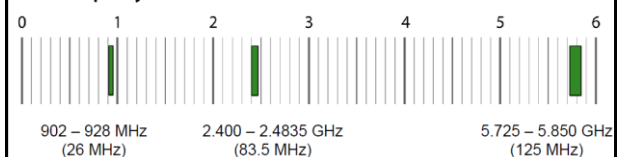


## Честоти за свободно използване за промишлени, научни и медицински цели (ISM bands)

### Idea behind ISM bands:

- Set aside some frequency bands for industrial or scientific processes or medical equipment
- Allow operation without having a license from the government, provided the devices comply with (low-)power constraints
- Decision made by FCC in 1985 to open these bands

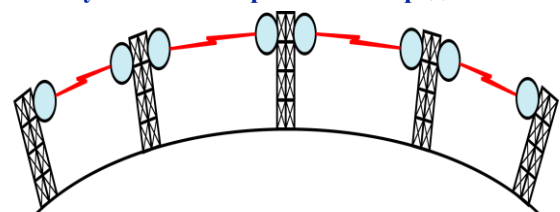
### Carrier frequency in GHz



## Радиоразпръскване (broadcast radio)

- Например:
  - FM радио
  - UHF and VHF телевизия
- 30 MHz ÷ 1 GHz
- Многопосочно предаване
- Ограничено предаване – до обсега на „пряко виждане“ (line of sight)
- Страда от **многолъчеви смущения** (multipath interference)
  - Отразяване от земни или водни повърхности, изкуствени обекти и пр.

## Сухоzemно микровълново предаване

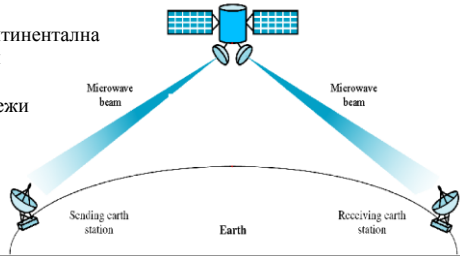


- Параболични антени (с фокусиран **тесен лъч** върху приемната антена)
- Разположени на **значителна височина над земята** с цел увеличаване на обхвата и преодоляване на препятствия
- „**Пряко виждане**“ (line of sight)
- За по-големи разстояния са нужни множество релейни кули, изп. съединения тип „от точка до точка“, напр. за предаване на глас или ТВ.
- По-високите честоти са предпоставка за по-големи скорости

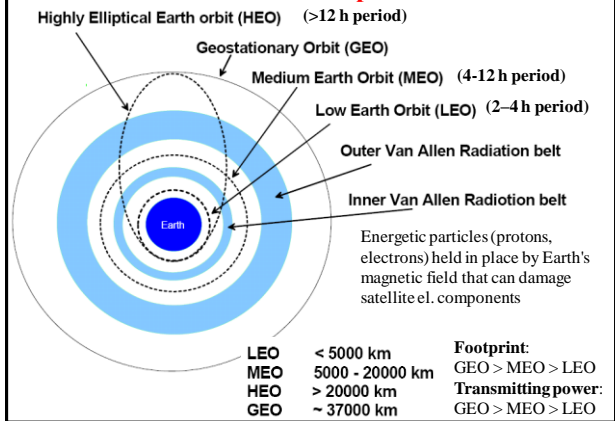
Figure 7-31 Forouzan, B.A., Data Communications and Networking, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, 2001

## Сателитно микровълново предаване

- Сателитът е релейна станция
- Съдържа няколко транспондера
  - Транспондерът приема сигнал на една честота, възстановява го, усилва го и го предава на друга честота.
- Лъчът надолу към Земята може да е широк!
- Приложения
  - SAT TV
  - Междуконтинентална телефония
  - Частни бизнес мрежи
  - GPS

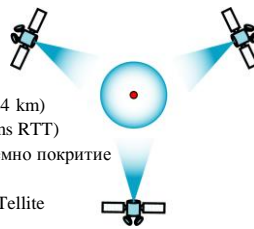


## Сателити: Орбити



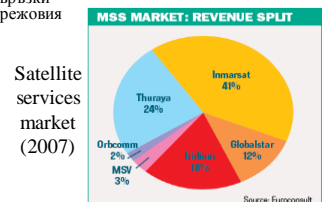
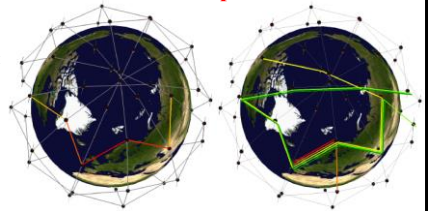
## Сателити: Видове

- GEO**
  - Геосинхронна орбита
  - Голяма височина (20,000 miles / 35,784 km)
  - Най-дълго забавяне на сигнала (250 ms RTT)
  - 3 сателита са необходими за пълно земно покритие
  - ~300 функциониращи спътника
  - Inmarsat** (International MARitime SATellite Organization) - 11 сателита (2005 г.)
  - Thuraya** – регионален сателитен телефонен доставчик, главно в Европа, Близкия изток, Африка (3 сателита)
- MEO**
  - Трябва да се проследяват, докато се движат по небето.
  - Необходима е мрежа от сателити за осигуряване на непрекъснато покритие
  - Навигационни сателити, напр. GPS (24 сателита)

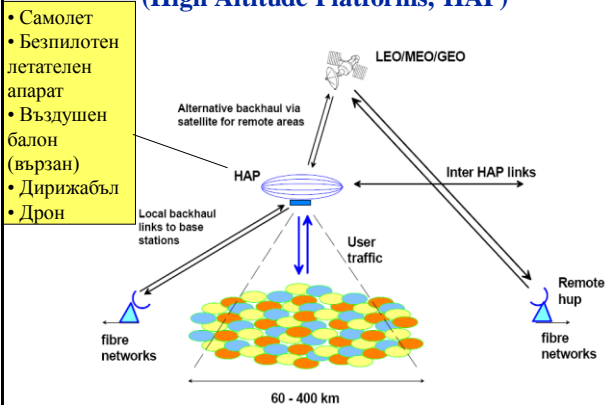


## Сателити: Видове (прод.)

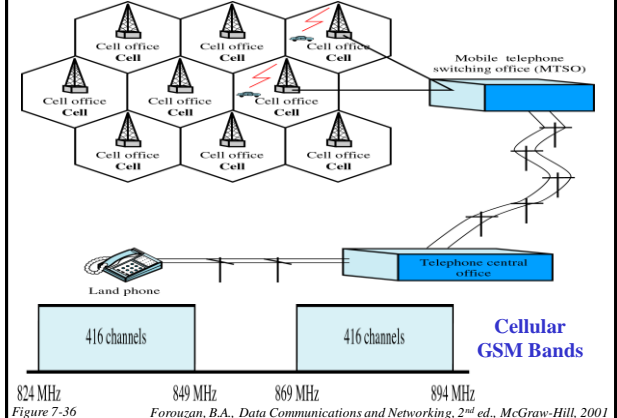
- LEO**
  - По-малко енергия за поставяне на сателита
  - Сателитната мрежа, въртяща се относително Земята.
  - Непрекъснато покритие
  - Използват се интерсателитни връзки (ISL) за маршрутизиране на мрежовия трафик
  - Iridium** (66 сателита, височина=750 km)
    - Телефония
  - Globalstar** (48 сателита)
  - Teledesic** (30 сателита)
    - Достъп до Интернет



## Платформи на голяма височина (High Altitude Platforms, HAP)



## Безжични клетъчни системи





## Инфракчервено предаване

- Постига се с помощта на приемо-предаватели, които модулират некохерентна инфрачервена светлина.
- „Пряко виждане“ (*line of sight*) или с отражение
- Блокира се от стени и плътни прегради
- **НЕ се изисква лиценз!**
- **НЯМА проблеми с разпределението на честотите!**
- Приложения
  - Дистанционно управление на прибори и устройства
  - IRD портове на PC
  - Инфрачервени WLAN

## Инфрачервени WLAN

- Отделна клетка, ограничена до 1 стая.
  - Защото инфрачервените лъчи НЕ проникват през плътни стени
- **Предимства**
  - Инфрачервеният спектър е почти неограничен
    - Възможност за високи скорости
  - Инфрачервеният спектър е нерегулиран по света
  - Защитена комуникация срещу външно подслушване
  - Няма смущения между инфрачервени WLAN клетки в съседни помещения
  - Просто и евтино оборудване
- **Недостатъци**
  - Интензивни инфрачервени фонове излъчвания въздействат като шум
    - От слънчева светлина и вътрешно осветление
    - Ограничават обхвата
  - Изисква по-висока мощност на предаване
    - Проблеми с безопасността на очите
    - Прекомерна консумация на енергия

## Инфрачервени WLAN: Конфигурации

- Насочено излъчване (*direct-beam*)
  - За комуникации тип „от точка до точка“
  - Изисква фокусиране (тесен лъч от система от лещи)
  - Обхват от порядъка на километри
  - За свързване м/у сгради
- Многопосочно излъчване
  - Базова станция, монтирана на тавана.
    - Действа **активно** като многопортов повторител (ретранслатор)
    - Разпръсква сигнала към мобилните станции (*broadcast*)
  - Мобилни станции предават насочен лъч към базовата станция
- Дифузно излъчване
  - Всички инфрачервени предаватели са фокусирани и насочени към точка на дифузно отражение на тавана
  - Инфрачервените лъчи, достигайки до тази точка, се отразяват пасивно от нея във всички посоки и достигат до всички приемници в същата зона.



## Честотни ленти

Band	Frequency Range	Free-Space Wavelength Range	Propagation Characteristics	Typical Use
ELF (extremely low frequency)	30 to 300 Hz	10,000 to 1000 km	GW	Power line frequencies; used by some home control systems.
VF (voice frequency)	300 to 3000 Hz	1000 to 100 km	GW	Used by the telephone system for analog subscriber lines.
VLF (very low frequency)	3 to 30 kHz	100 to 10 km	GW; low attenuation day and night; high atmospheric noise level	Long-range navigation; submarine communication
LF (low frequency)	30 to 300 kHz	10 to 1 km	GW; slightly less reliable than VLF; absorption in daytime	Long-range navigation; marine communication radio beacons
MF (medium frequency)	300 to 3000 kHz	1,000 to 100 m	GW and night SW; attenuation low at night, high in day; atmospheric noise	Maritime radio; direction finding; AM broadcasting.
HF (high frequency)	3 to 30 MHz	100 to 10 m	SW; quality varies with time of day, season, and frequency	Amateur radio; military communication
VHF (very high frequency)	30 to 300 MHz	10 to 1 m	LOS; scattering because of temperature inversion; cosmic noise	VHF television; FM broadcast and two-way radio; AM aircraft communication; aircraft navigational aids
UHF (ultra high frequency)	300 to 3000 MHz	100 to 10 cm	LOS; cosmic noise	UHF television; cellular telephone; radar; microwave links; personal communications systems
SHF (super high frequency)	3 to 30 GHz	10 to 1 cm	LOS; rainfall attenuation above 10 GHz; atmospheric attenuation due to oxygen and water vapor	Satellite communication; radar; terrestrial microwave links; wireless local loop
EHF (extremely high frequency)	30 to 300 GHz	10 to 1 mm	LOS; atmospheric attenuation due to oxygen and water vapor	Experimental; wireless local loop; radio astronomy
Infrared	300 GHz to 400 THz	1 mm to 770 nm	LOS	Infrared LANs; consumer electronic applications
Visible light	400 THz to 900 THz	770 nm to 330 nm	LOS	Optical communication

Table 4.5 Stallings, W., Data and Computer Communications, 9th ed., Prentice Hall, 2011