

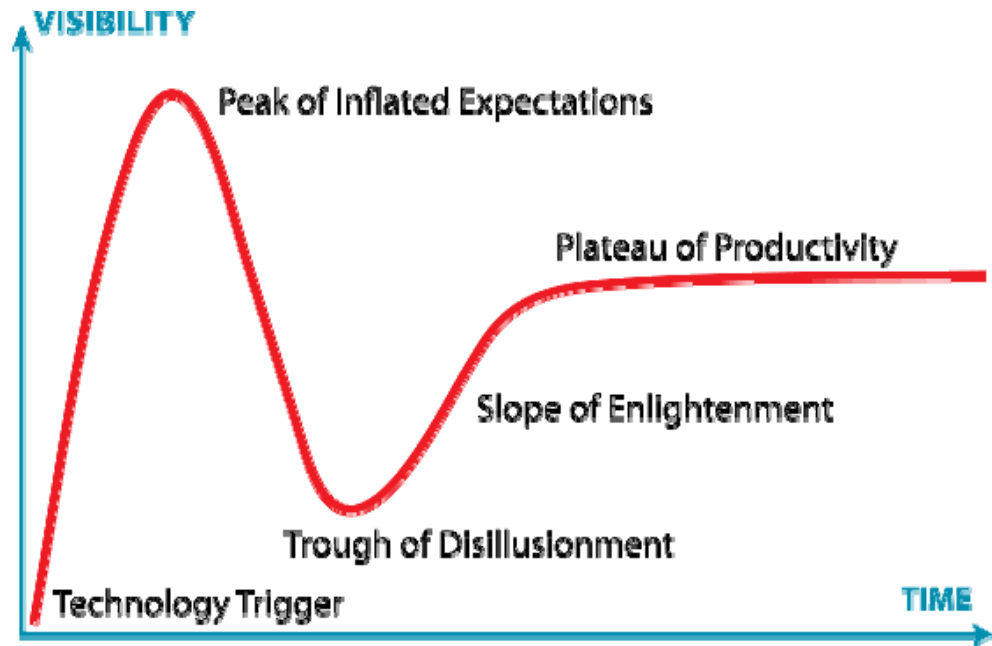
THSZ

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Technológiai, fizikai, gazdasági háttérismeretek

*dr. Henk Tamás
BME TMIT
2011. szept. 19.*

**A technológiai
fejlődés várakozás
görbéje**



A tantárgy felépítése



1. Bevezetés

- Bemutatkozás, játékszabályok, stb.
- Történelmi áttekintés
- Mai távközlő rendszerek architektúrája
- **Technológiai, fizikai, gazdasági háttérismeretek**



2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon

3. VoIP

4. Kapcsolástechnika

5. Mobiltelefon-hálózatok

6. Jelátviteli követelmények, kodekek

7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés

8. Jelzésátvitel

9. Hálózati szolgáltatások

10. Gerinchálózati technikák

11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése

A mai előadás jellemzői

Már elhangzott tananyag feldolgozása:

- **Analízis 2:** Differenciálegyenletek, Komplex függvénytan,
- **Fizika,**
- **Digitális technika,**
- **Jelek és rendszerek:** Fourier-sor &-transzformáció,
- **Számítógép - hálózatok,**
- **Mérés laboratórium 3. (5. félév):**
 - Jelátviteli csatornák vizsgálata
 - A/D & D/A

A feldolgozás irányultsága:

- **Mérnöki szemlélet: számszerűsítések**
- **Gazdasági szemlélet**
- **Gyakorlati szemlélet**

Áttekintés

- **Spektrális szemlélet** 
- **Technológiai hajtóerő:**
 - Mikroelektronika fejlődése
 - Optika fejlődése
 - Rádiós hozzáférés fejlődése
- **Gazdasági háttérismeretek:**
 - Szabványosítás jelentősége
 - Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata
 - **A technológiai fejlődés várakozás görbéje**
- **Fizikai alapok:**
 - Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői

Spektrális szemlélet

Joseph Fourier

- 1768–1830
- Fourier sor
- alk. a hőáramlásban
- üvegházhatás

***sin(ωt)* jelentősége**

Mérnöki:

- forgó generátorok
- rezgőkör
- oszcillátor

Matematikai:

- $2 \times \cos x = e^{jx} + e^{-jx}$
- $(e^x)' = e^x$



Spektrális szemlélet

□ Fourier-transzformáció: FT

- $i = \sqrt{-1}$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

□ Inverz Fourier-transzformáció: IFT

- 2π bárhol lehet

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega,$$

□ spektrum: $abs(F(\omega))$ [dB], $f > 0$

□ periódikus jel \Leftrightarrow diszkrét spektrum

Fourier-sor, pl. $\sin(\omega t)$ spektruma

□ diszkrét jel \Leftrightarrow periódikus spektrum

pl. mintavett jel spektruma & rekonstrukció!

□ periódikus és diszkrét jel

\Leftrightarrow periódikus és diszkrét spektrum

Ha így modellezzük a jeleket: ez a DFT alapja!

Spektrális szemlélet

□ Diszkrét Fourier transzformáció: DFT

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N}kn} \quad k = 0, \dots, N-1$$

□ Inverz diszkrét Fourier transzformáció: IDFT

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{\frac{2\pi i}{N}kn} \quad n = 0, \dots, N-1.$$

□ Gyors Fourier transzformáció:

Fast Fourier transform: FFT

A DFT és az IDFT számításának hatékony algoritmus

Tulajdonságok

Linearitás:

- FT, IFT, DFT, IDFT: lineáris transzformációk
- szuperpozíció eleve érvényes

Spektrum:

- nem lineáris!
- szuperpozíció csak speciális esetekben érvényes

További transzformációk:

- analóg: Laplace transzformáció
- digitális: z-transzformáció

Alkalmazás

Analízis (matematikusok):

- lineáris differenciálegyenlet megoldása

Infokom. technológiák működése (vill+inf mérnökök):

- pl. mintavételezés, nyálábolás, moduláció

Specifikálás, mérés (vill+inf mérnökök):

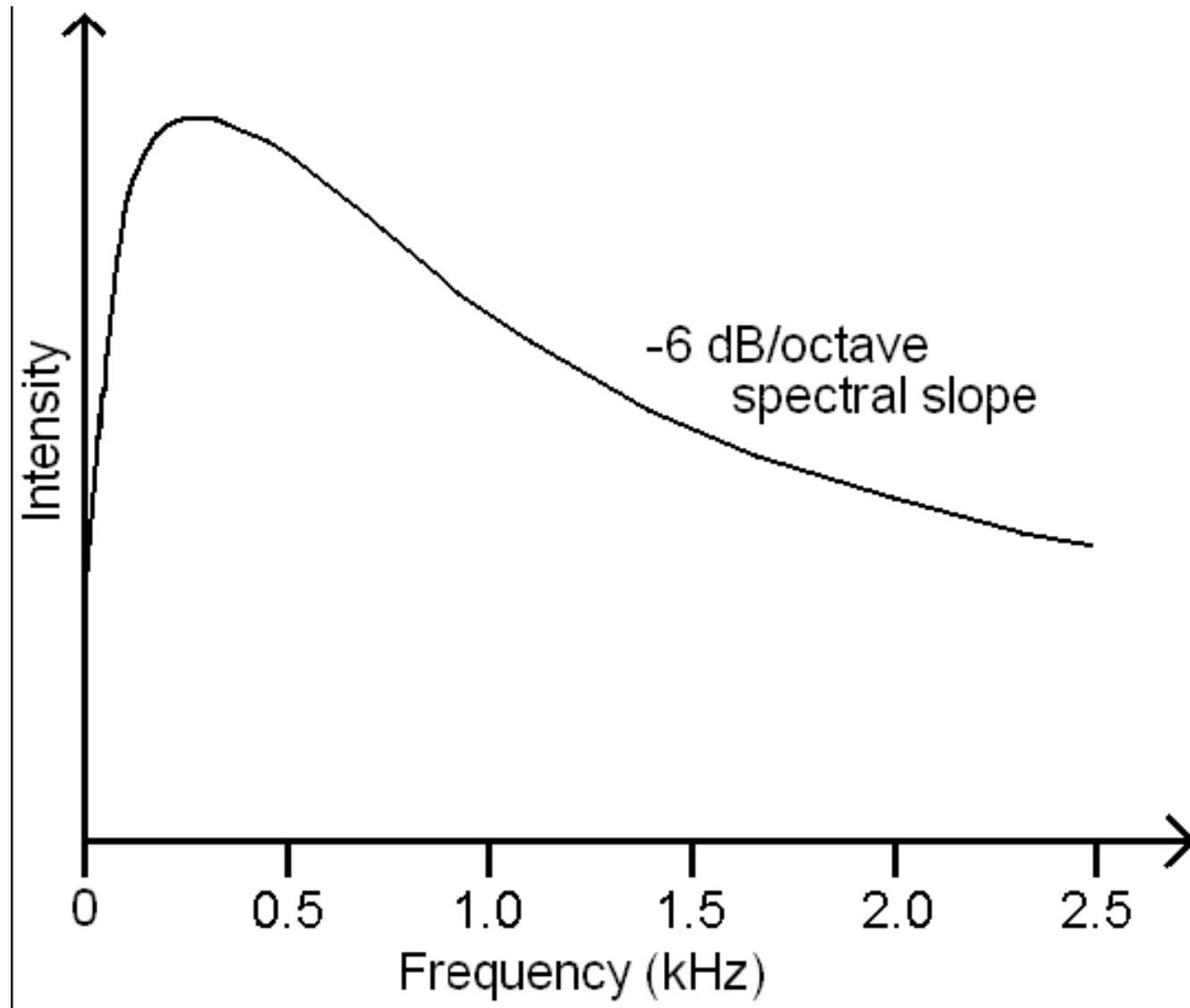
- FT, IFT, DFT, IDFT

Lineáris áramkörök tervezése (villamosmérnökök):

- szűrők, váltószűrők, csatolók,
- transzformátorok, hibridáramkör
- szimmetrikus-aszimmetrikus ák. átalakítók
- erősítők

Spektrális szemlélet

Beszédhang hosszú időre átlagolt spektruma



Spektrális szemlélet

DTMF jelek: két szinuszos jel összege

Dual Tone Multi Frequency,

kéthangú többfrekvenciás jelzésátviteli rendszer

□ előfiz. → központ:

Vétel:

DSP Goertzel algo

F (Hz)	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

□ központ → előfiz.:

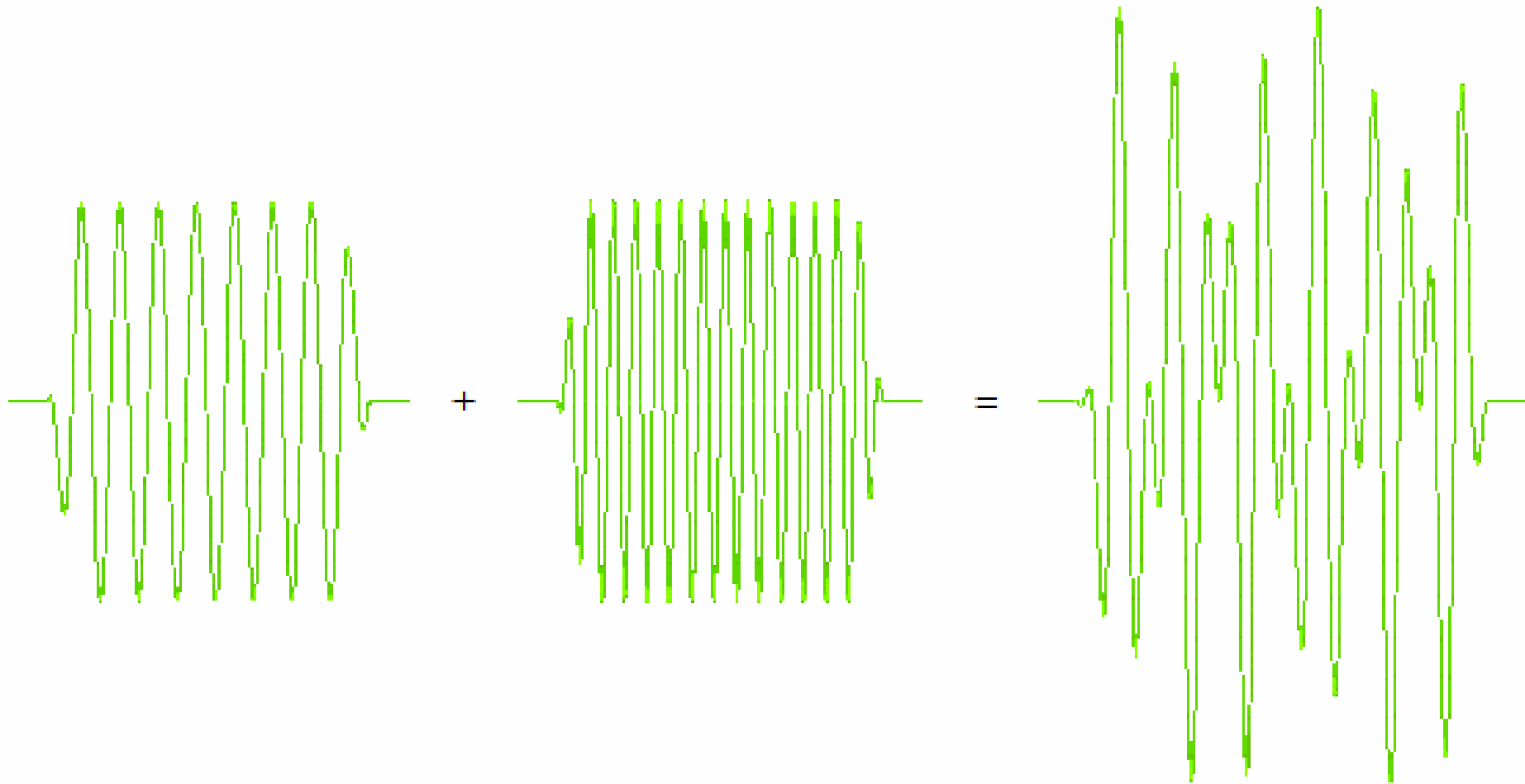
Precise Tone Plan:

legújabb US

EU: egy hang

Esemény	Alsó frekv.	Felső frekv.
Foglalt jel	480 Hz	620 Hz
Tárcsahang	350 Hz	440 Hz
Csengetési visszhang	440 Hz	480 Hz

Spektrális szemlélet



697 Hz Sine Wave

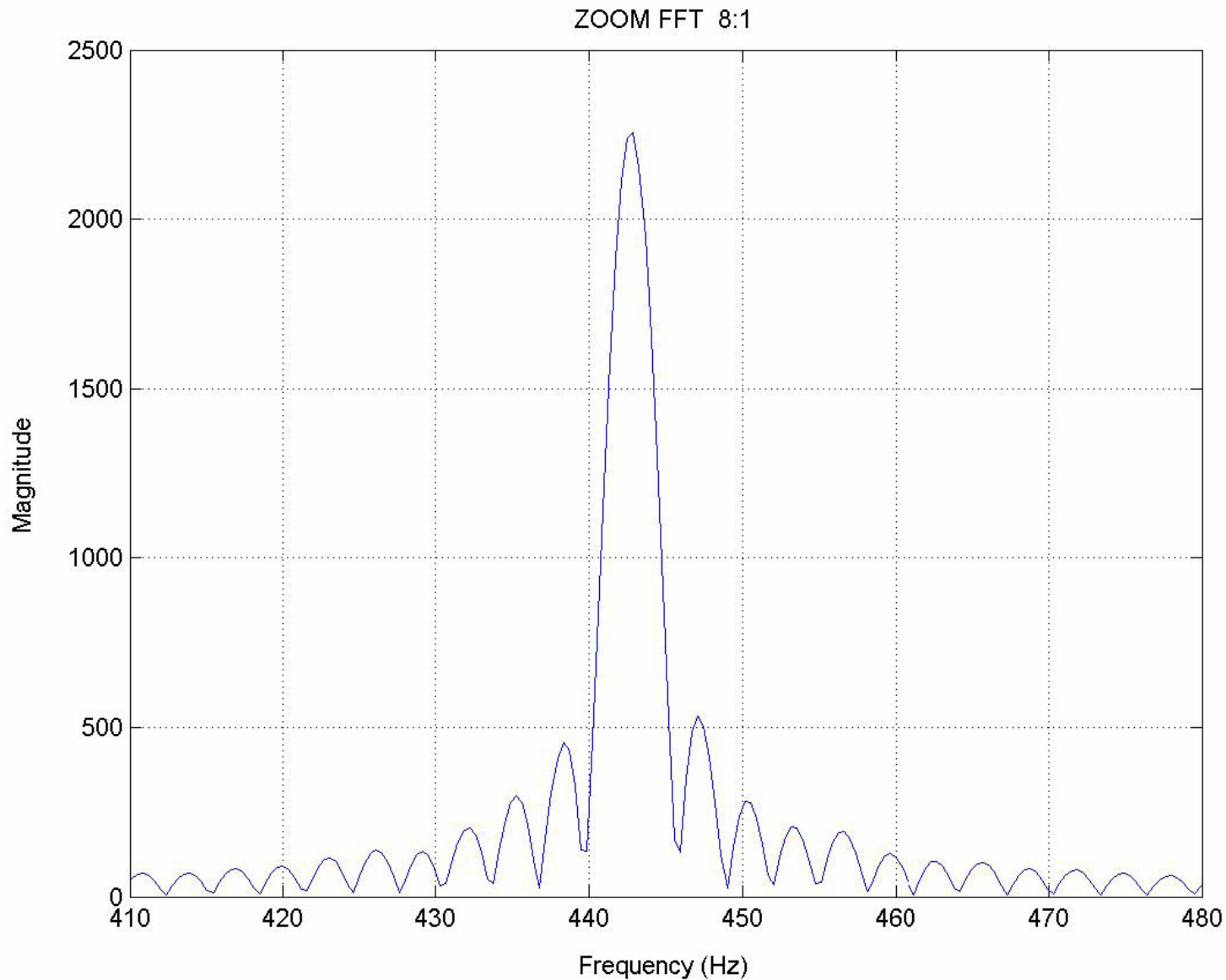
+

1209 Hz Sine Wave

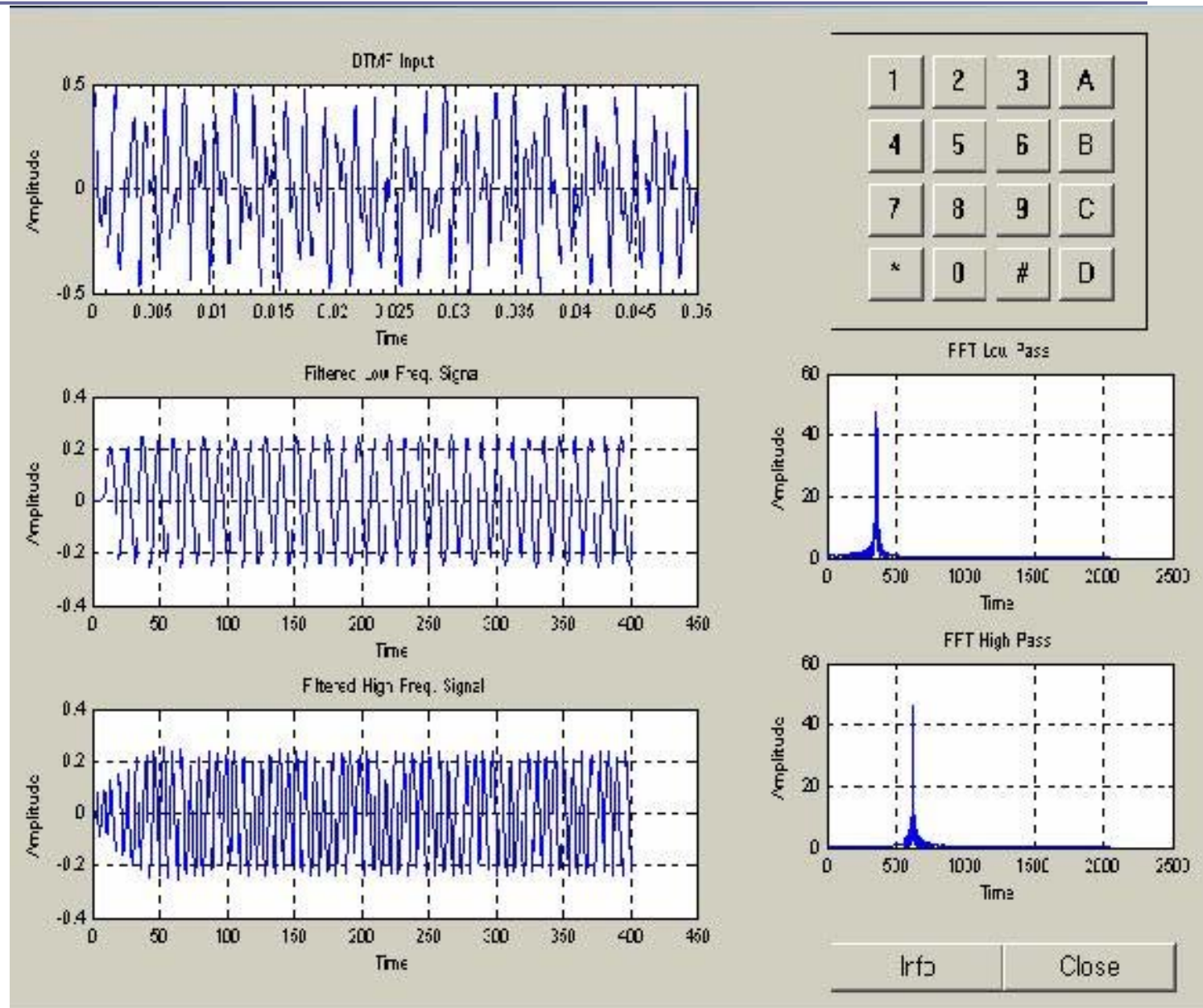
=

DTMF Tone "1"

Spektrális szemlélet: 442,5 Hz spektruma



Spektrális szemlélet: DTMF típusú jel



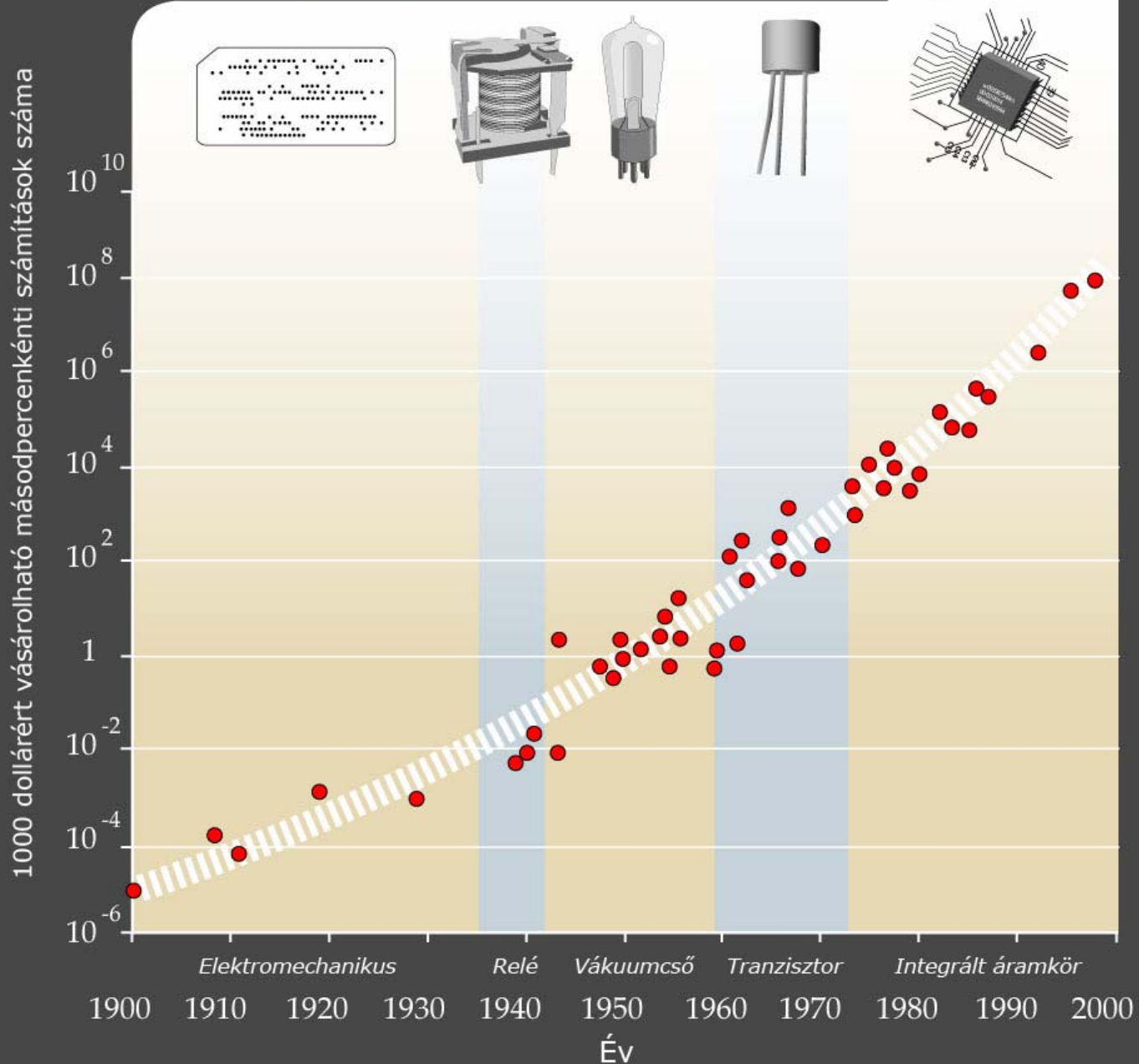
Áttekintés

- **Spektrális szemlélet**
- **Technológiai hajtóerő:** 
 - **Mikroelektronika fejlődése**
 - **Optika fejlődése**
 - **Rádiós hozzáférés fejlődése**
- **Gazdasági háttérismeretek:**
 - **Szabványosítás jelentősége**
 - **Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata**
 - **A technológiai fejlődés túllövés-görbéje**
- **Fizikai alapok:**
 - **Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői**

A Moore-törvény

Az ötödik paradigma

Logaritmus ábra



Technológiai hajtóerő

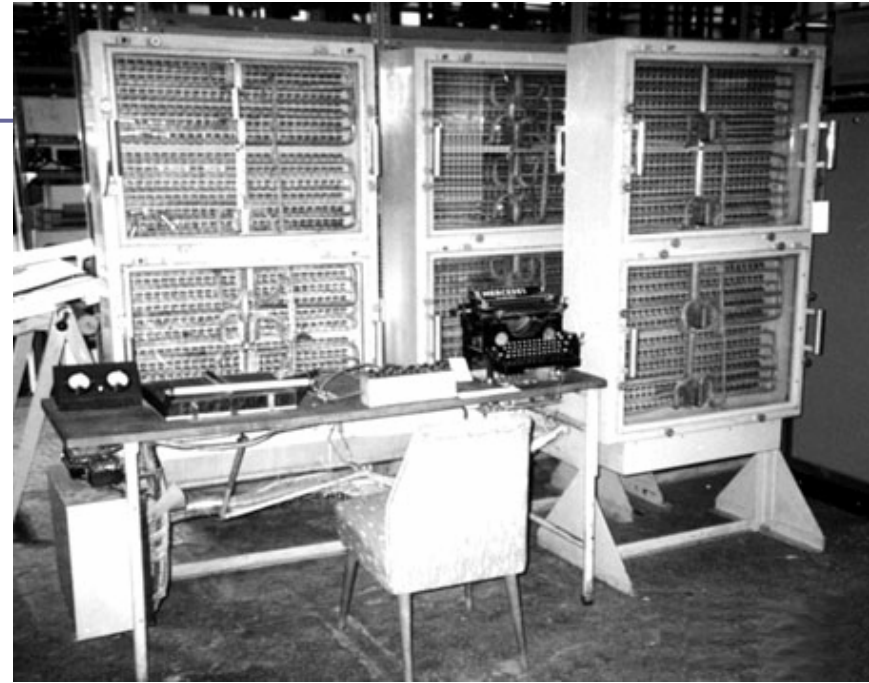
Boole-algebra és memória jelfogó-logikával:

- jelfogó \Leftrightarrow relé
- kapcsolóközpontokban
 - távgépíró
 - távbeszélő: 10×kapacitás db,
a kapacitás max. 40 000 volt
- számítógépekben

Magyarországon:

- Kozma László professzor,
Standard és BME

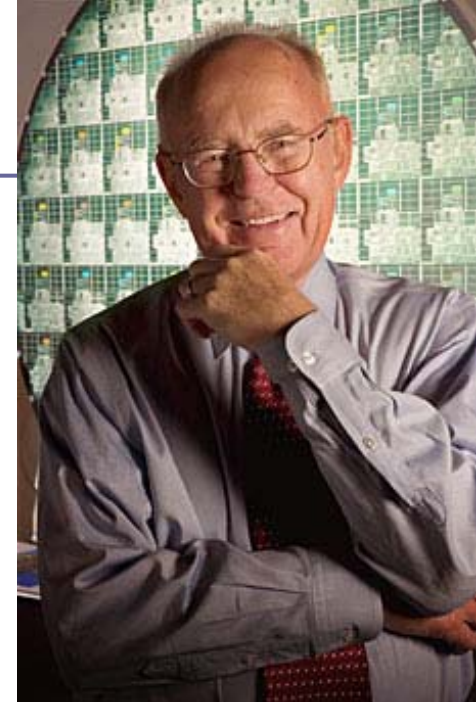
<http://www.tmit.bme.hu/ProfKozmaLaszlo>



Technológiai hajtóerő

Mikroelektronika fejlődése:

- **Gordon E. Moore, Intel Corporation, 1965**
Moore-törvény, Moore's Law:
a tranzisztorok száma egy integrált ák-ben 18 hónaponként megduplázódik
- **Tapasztalat + önmagát beteljesítő jóslat**
- **Nanotechnológia: csíkszélesség < 100 nm**
- **Intel Tick-Tock gyártósorok, processzorok neve:**
- **2005-06: 65 nm, Yonah & Core,**
- **2007-08: 45 nm, Penryn & Nehalem,**
- **2010-11: 32 nm, Westmere & Sandy Bridge,**
- **2012-13: 22 nm, Ivy Bridge & Haswell,**
- **2014-15: 14 nm, Broadwell & Skylake**
- **2016-17: 10 nm, Skymont & ?**
- **Fizikai határa: ha közelítik az atomi méreteket, ~10 nm**
- **Elévülése: mindig tovább tolódik, ma ~2020**



Technológiai hajtóerő

És akkor megállna a fejlődés?

Összetett megoldások:

	„Sandy Bridge” CPU
□ több végrehajtási szál	16
□ több processzormag	8
□ μ -elektornika, n-techn.	32 nm

Intel Developer Forum 2011: Sept. 13-15, SF:

„Ivy Bridge” mikroarchitektúra bemutatása

Jövőben:

- nano-elektronika.

Technológiai hajtóerő

Nanoelektronika:

- Néhány nm méretű eszközök, pl. nanocsövek
- Atomi méretek =>
 - kvantumjelenségek figyelembe vétele
 - Schrödinger egyenlet, a Maxwell egyenletek helyett
 - Elektromágneses tér és az atomok kölcsönhatása
- Kutatási fázis, egyetemeken is (USA)
- Nanologikák, memóriák, szenzorok és aktuátorok

Mikor lesz ipari méretekben gazdaságos?

Remek vizsgakérdés: mi a különbség a

- nanotechnológia és a
- nanoelektronika

között?

Technológiai hajtóerő: **Optika fejlődése**

Elektronikus csomópontokkal:

- PDH + optikai kábel: 1980 –, 45 Mbit/s
- SONET optikai kábelen: 1984 –
- SDH optikai kábelen: 1988 –, ma 40 Gbit/s
- 10 Gigabit Ethernet: 2002 –, 10 Gbit/s
- 40 & 100 Gigabit Ethernet: 2010 –, 100 Gbit/s
- 1000 Gigabit Ethernet: elkezdődött a kutatás!

Első technológiai burjánzás a fejlődés elején: 1984 – 2000

FDDI-I, FDDI-II, DQDB, SMDS, FR, DTM: elhalt

nem skálázhatók jól

ATM: csak részleges alkalmazás

jól skálázható, de bonyolult, QoS!

TCP/IP: széleskörű alkalmazás

jól skálázható, egyszerű, QoS?

Technológiai hajtóerő

Jól skálázható hálózat (Scaleable):

az adott hálózati technológia egyaránt alkalmas:

1. Földrajzi kiterjedés, csomópontok száma szerint:

- kis kiterjedésű (pl. hozzáférői) és
- nagy kiterjedésű (pl. globális gerinc)

hálózat hatékony építésére is alkalmas.

Kötött hálózati topológiával nincs jó skálázhatóság!

2. Adatsebesség szerint:

- kis sebességű
(pl. 64 kbit/s - 140 Mbit/s vezetékes hálózat)
- és nagy sebességű
(pl. 155 Mbit/s - 40 Gbits/s vezetékes hálózat)

hálózat hatékony építésére is alkalmas.

Kötött hálózati sebességgel nincs jó skálázhatóság!

Technológiai hajtóerő

Optika további fejlődése:

Optikai csomópontokkal (részben):

második burjánzás

■ Optikai hálózatok

- ma: max 10 Tbit/s iparban, 100 Tbit/s laborban

- max sávszélesség, mint elvi határ:

 - ~ 200 THz,

 - ~ 200 Tbit/s, van még hova fejlődni!

- Részletek: Cinkler Tibor majdani előadásai

Ez a burjánzás még nem tisztult le!

Remek kérdés: optikai kábel ↔ optikai hálózat

Technológiai hajtóerő

Rádiós hozzáférés fejlődése:

□ ~ 1990 - 2000:

az első burjánzás első nagy csatája

verseny a μ -proc-k fejlődésének köszönhetően

1. Földfelszíni hozzáférés:

■ az európai GSM rendszer, 1991 -

2. Műholdas hozzáférés:

■ amerikai Iridium rendszer,

□ évekig lőtték fel a 66 + 11 műholdat,

□ 1998 -ban kezdett működni,

□ 1999 -ben csődöt jelentett.

Technológiai hajtóerő

Rádiós hozzáférés fejlődése:

□ ~ 1991 - 2002:

az első burjánzás második nagy csatája

1. WiFi LAN hálózat:

- amerikai kezdeményezés,
- 1991- , **jól skálázható**

2. Bluetooth hálózat:

- EU kezdeményezés, 1997 - 2002
- **rosszul skálázható:**
 - csomópontok száma: max 8
 - sebesség: max 1 Mb/s
 - hatótávolság: 10 m
- maradt mint összeköttetés

Technológiai hajtóerő

Rádiós hozzáférés további fejlődése:

- **2G GSM HSCSD: max 64 kbit/s 1990 -**
High Speed Circuit Switched Data
 - TDMA
 - országos lefedés

- **2,5G.....**

- **3G HSDPA: 2005 –**
High Speed Download Packet Access
 - WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
 - max 7,2 Mbit/s, garantált: 2 Mb/s ↓ & 800 kb/s ↑
 - lefedés: 469 településen (Mao. egyik szolgáltatója)
 - autóban: 3G antenna + WiFi router 2009-

Technológiai hajtóerő

Rádiós hozzáférés további fejlődése: második burjánzás:

- **UMTS, 2002** - Universal Mobile Telecommunications System
- **HSDPA, 2005** - High Speed Download Packet Access
- **WiMAX, 2006** - Worldwide Interoperability for Microwave Access
- **HSUPA, 2007** - High Speed Uplink Packet Access
- **HSPA+, 2008** - Evolved High Speed Packet Access
- **HSOPA, 2009** - High Speed OFDM Packet Access
- **LTE, 2010** - Long Term Evolution
- **LTE-A, 2011** - **LTE-Advanced**
- **WiMAX-A, 2011** - WiMAX-Advanced, IEEE 802.16m

Technológiai hajtóerő

Összegzés:

Hálózatok (csomópontok + átviteli utak)
átviteli képessége



versenyfutás!

Végberendezések és felhasználók igénye

□ kb. 1990-ig:


gondosan méretezett és jól kihasznált hálózatok

□ 1990 -: túlméretezett hálózatok

- lehetőségek és igények gyors fejlődése,
- QoS biztosítása ?

□ Mikor fordul vissza? Amikor a techn. hajtóerő ↓

Áttekintés

- **Spektrális szemlélet**
- **Technológiai hajtóerő:**
 - Mikroelektronika fejlődése
 - Optika fejlődése
 - Rádiós hozzáférés fejlődése
- **Gazdasági háttérismeretek:** 
 - Szabványosítás jelentősége
 - Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata
 - A technológiai fejlődés várakozás görbéje
- **Fizikai alapok:**
 - Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői

A szabványosítás jelentősége

1. ajánlás ⇔ recommendation, pl. ITU-T
2. szabvány ⇔ standard, pl. ETSI, ANSI
pl. ITU-T több változatot is **megenged**,
majd az ETSI vagy az ANSI ezt **szűkíti**
3. de jure ⇔ **de facto**

Gazdasági háttérismeretek

Egy megoldás szabványának születésekor:

- hajtóerő az iparban és a szolgáltatásban,
 - pl. GSM ETSI ↔ **Eu előny**
De: nem lesz minden szabványból ipari / piaci termék!
- előnyt adhat annak, aki **előrébb** / **hátrább** jár,
 - **pl.** PDH: ANSI 1962 ↔ CCITT (ITU-T jogelődje) 1968
American National Standards Institute
De Gaulle: „Európa legyen az európaiaké!”
 - **pl.** SONET ANSI 1984, SDH ITU-T 1988,
SONET módosítás ANSI 1988:
SONET ↔ SDH átalakítás teljes lebontás nélkül

Gazdasági háttérismeretek

Egy megoldás szabványának születésekor:

Tanulság:



Egy megoldás szabványának túlértékekor:

- akadályozza a modernebb technika elterjedését vagy optimalizálását
 - pl. IPv4 ↔ IPv6
 - pl. távíró ↔ távbeszélő
 - „többet ér egy idejében elküldött távirat, mint a Bell-féle telefonnal való minden próbálkozás”
 - pl. PCM és PDH sebességek

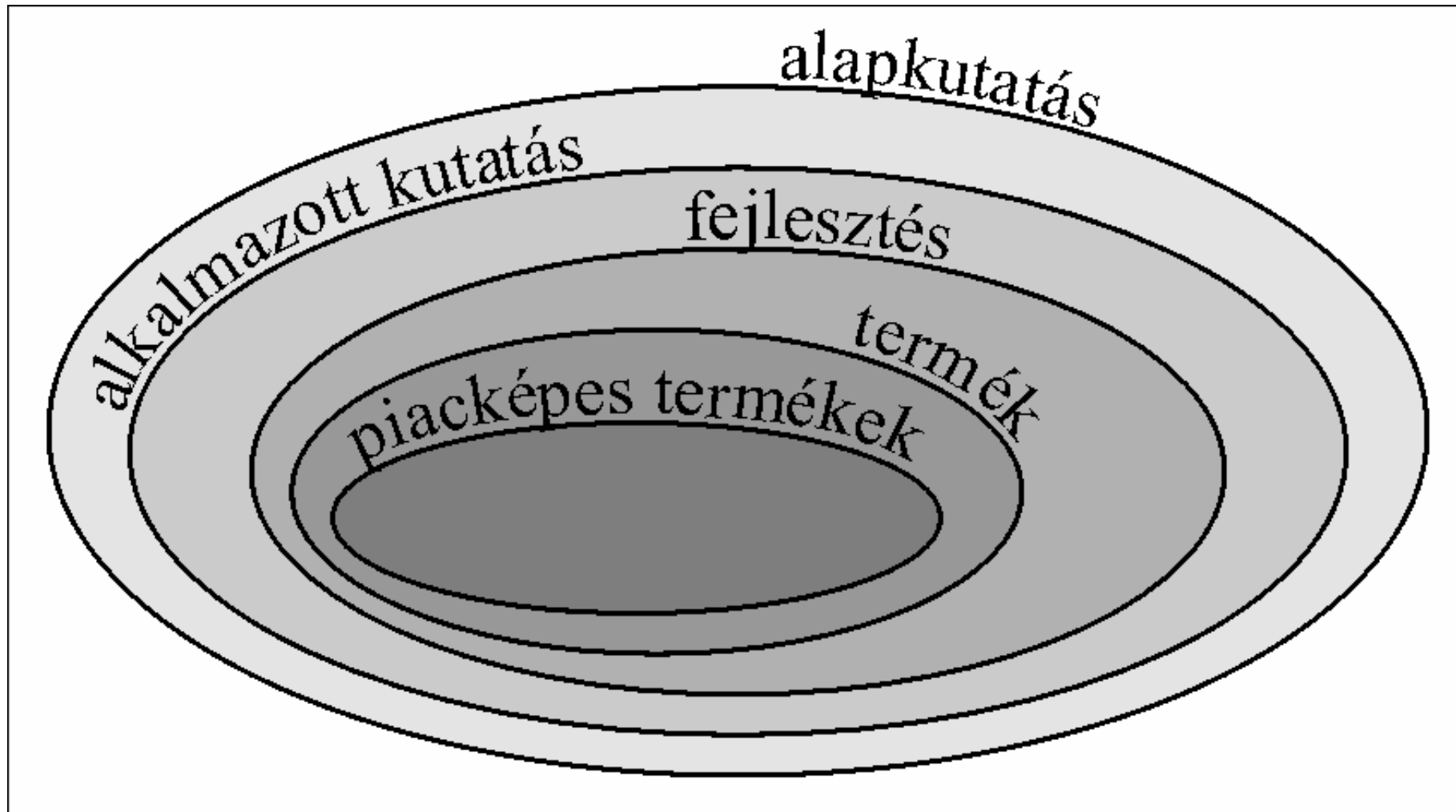
Gazdasági háttérismeretek

Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata

- 1,5 év múlva mérnökök lesznek: ideje olyan kifejezésekkel találkozniuk mint **ipar és szolgáltatás**
- **Az ipari innováció lépései:**
 - alapkutatás, basic research: => publikációk
főleg egyetemeken
 - alkalmazott kutatás, applied research: => szabványok
főleg ipari kutatóhelyeken
 - fejlesztés, development: => szabadalmak
főleg ipari fejlesztő egységekben
 - termékek gyártása, production: => termékek,
védjegy
ipari termelőhelyeken
 - piacképes termékek: kereskedő helyeken => haszon

Gazdasági háttérismeretek

□ Az ipari innováció lépései:



Gazdasági háttérismeretek

□ A szolgáltatói innováció lépései:

- **alapkutatás: főleg egyetemeken** => publikációk
- **alkalmazott kutatás:**
főleg szolgáltatók kutatóhelyein => szabványok
- **fejlesztés:**
főleg szolgáltatói fejlesztő egységekben => szabadalmak
ipari berendezések vásárlása
- **szolgáltatási jog megvétele** => oligopol
koncesszió
- **termékek szolgáltatása:**
szolgáltató egységekben => termékek,
ipari berendezések vásárlása védjegy
- **piacképes termékek szolgáltatása:**
szolgáltató egységekben => haszon

Gazdasági háttérismeretek

- **Innovációs átfedések: időben és témában**
 - alap kutatás – alkalmazott kutatás
 - alkalmazott kutatás – fejlesztés: K+F
 - fejlesztés – kis sorozatú gyártás (null széria)
- **Innovációs együttműködések:**
 - ipar – szolgáltatás
 - egyetemek – ipar és/vagy szolgáltatás
- **Innovációs visszacsatolás:**
 - piacképes termékek ==> K+F

Gazdasági háttérismeretek

Szolgáltatás-szabályozás, service regulation:

- a szolgáltatók és felhasználók érdekeit egyaránt védi
- versenyfeltételek szabályozása, pl. oligopol szolgáltatók
 - számának meghatározása,
 - szolgáltatási jog eladása,
 - műszaki feltételei, frekvenciagazdálkodása
 - díjszabási feltételei,
 - reklám feltételei,
 - bírságolása.
- Magyarországon:
 - Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság, NHH > NMHH
 - <http://www.nmhh.hu/>
 - BME TMIT: Sallai Gyula professzor

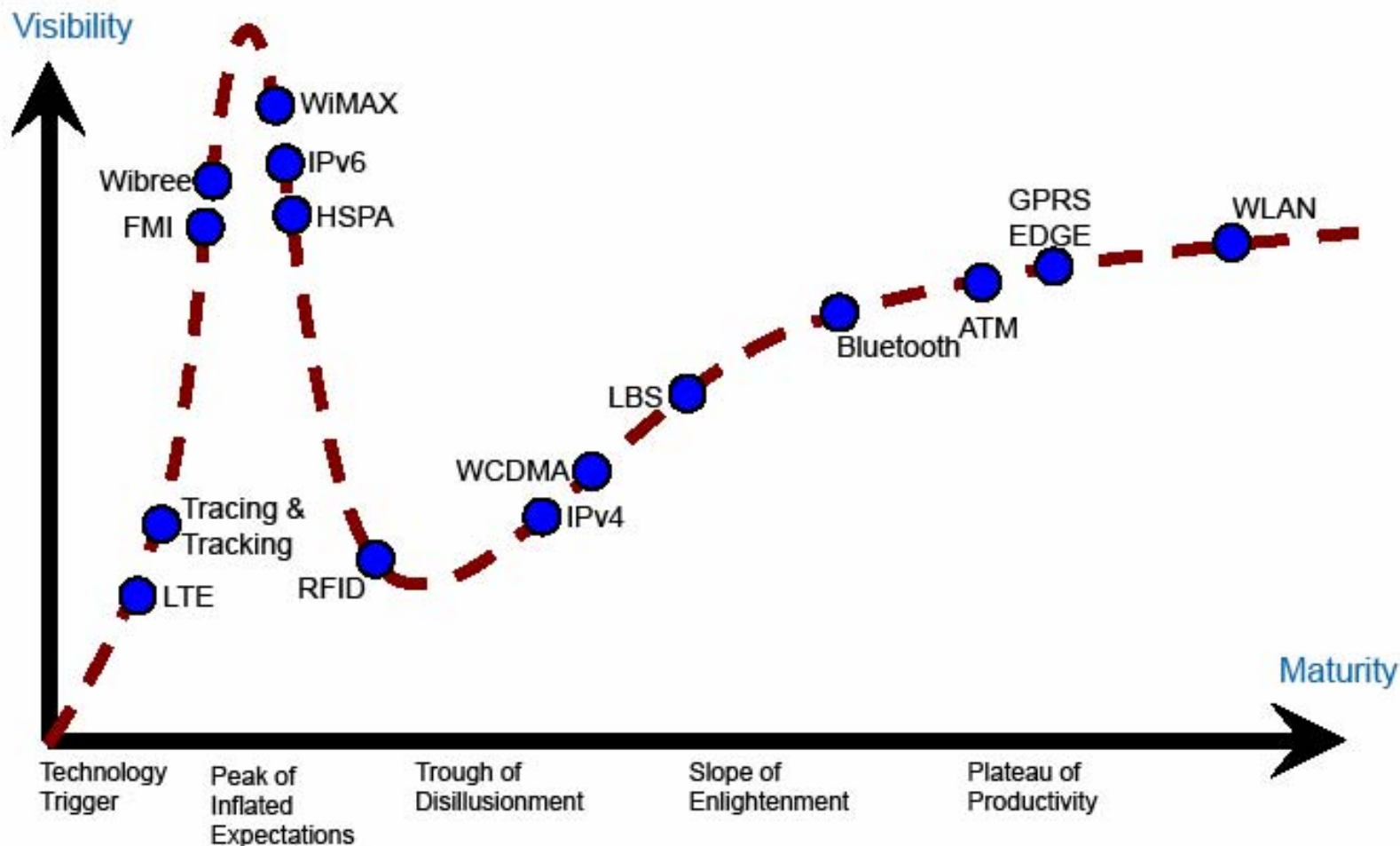
Gazdasági háttérismeretek

Technológiai fejlődés: a várakozás szemléltetése A túllövés-görbe (Hype cycle), 1995 -



Gazdasági háttérismeretek

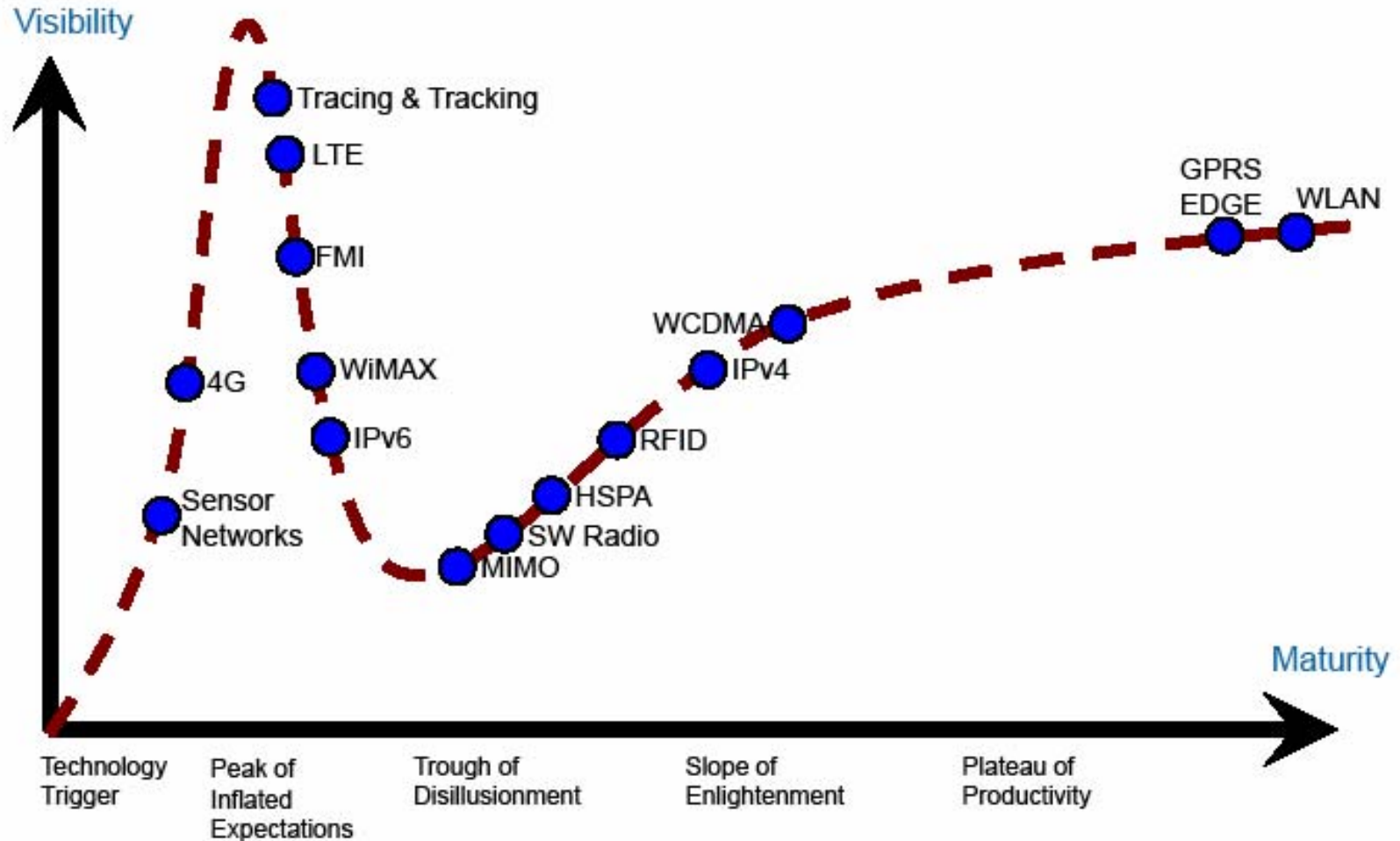
Hype Curve Concept, Results for Year 2007



Hype Curve Concept Originally by Gartner

Gazdasági háttérismeretek

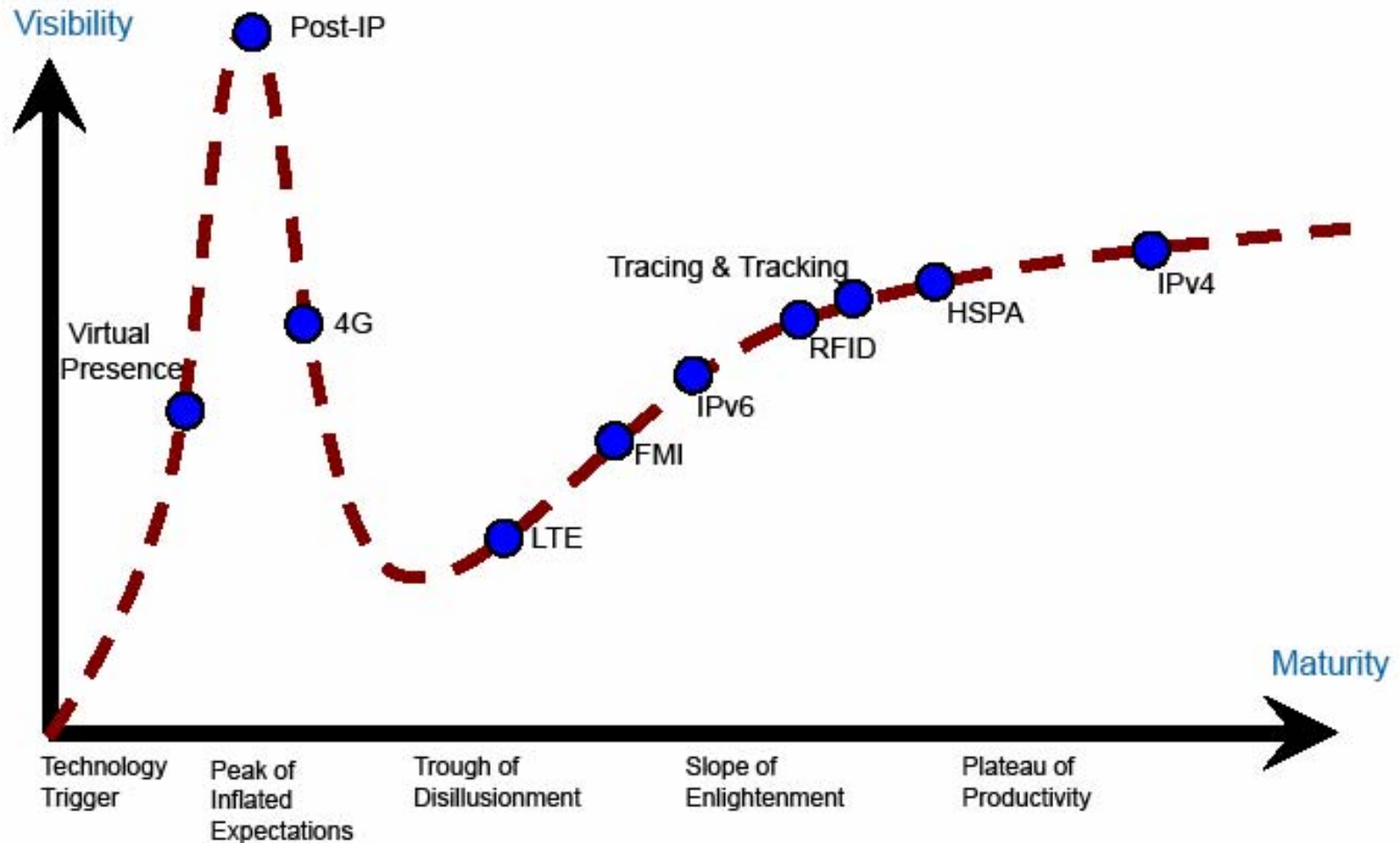
The Hype Cycle Concept, Results for Year 2010



Hype Curve Concept Originally by Gartner

Gazdasági háttérismeretek

The Hype Cycle Concept, Results for Year 2015



Hype Curve Concept Originally by Gartner

Áttekintés

- **Spektrális szemlélet**
- **Technológiai hajtóerő:**
 - Mikroelektronika fejlődése
 - Optika fejlődése
 - Rádiós hozzáférés fejlődése
- **Gazdasági háttérismeretek:**
 - Szabványosítás jelentősége
 - Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata
 - **A technológiai fejlődés várakozás görbéje**

Fizikai alapok:

- **Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői**
- **Néhány egyszerű modem szemléltetése**



Átviteli közegek jellemzői:

Miért nem lehet átvinni a nullfrekvenciás komponenst (DC) és környékét fémvezetőkön?

- 1. Nagyfeszültségű védelem:
vonaltranszformátorok minden berendezésben.**
- 2. Berendezések távtáplálása.**
- 3. 50 Hz és felharmónikusai zavarnak.**
- 4. Koaxiális kábel:
60 kHz alatt már nem véd a köpeny az áthallástól.**

Fizikai alapok

A réteges modellben (OSI, TCP/IP):

- mely rétegekben kell foglalkozni a QoS-el?
- mindegyikben, pl. a fizikai rétegben is!

Átviteli közegek jellemzői számszerűsítve:

Hibaarányok:

- Szimmetrikus kábel, pl. 100 km: 10^{-5} , áthallás
- Koaxiális kábel, pl. 100 km: 10^{-5} , áthallás
- Földfelszíni és műholdas rádió: 10^{-3} , rádiós zavarok
- Optikai kábel, pl. 40 - 100 km: 10^{-9}
- Optikai kábel, WDM: 10^{-4} , WDM áthallás

Fizikai alapok

Átviteli közegek jellemzői számszerűsítve:

Csillapítás ingadozás:

- Szimmetrikus kábel, pl. 100 km: **tűrhető**
- Koaxiális kábel, pl. 100 km: **tűrhető**
- Földfelszíni és műholdas rádió: **20-30 dB**, nagyon rossz több utas terjedés => lassú és gyors fading vagy elhalkulás
- Optikai kábel, pl. 40 - 100 km: **kicsi**
- Optikai kábel, WDM: **kicsi**

Fizikai alapok

Átviteli közegek jellemzői:

Késleltetés törzshálózati alkalmazásokban:

- műholdas rádió: **zavaró**, hosszú terjedési út
nem javítható felsőbb rétegekben:
nincs siettető protokoll!
- többi közeg: **elfogadható**

Késleltetés ingadozás törzshálózati alkalmazásokban:

- Szimmetrikus kábel, pl. 100 km: **zavaró** , hőmérs. ing.
- Koaxiális kábel, pl. 100 km: **zavaró** , hőmérs. ing.
- Földfelszíni és műholdas rádió: **zavaró** , időjárás vált.
- Optikai kábel, pl. 40 - 100 km: **elhanyagolható**
- Optikai kábel, WDM: **elhanyagolható**

Átviteli közegek

Kábelek konstruálásának lehetőségei:

- szimmetrikus vezetékekből
- koaxiális vezetékekből
- optikai vezetékekből
- távtáplálás kábelben:
 - törzshálózatban:
 - erősítők
 - jelfrissítők (regenerátorok)
 - kihelyezett nyalábolók
 - kihelyezett kapcsolóközpont fokozatok
 - hozzáférői hálózatban:
 - végberendezések

Fizikai alapok

Átviteli közegek

Kábelek fajtái:

- légekábel (nem légvezeték!)
- földkábel: fagyhatár alatt (-80 cm)
- behúzó kábel: fagyhatár alatt
- folyami kábel
- tenger alatti kábel

Átviteli közegek

**Rádiós átvitel nagy távolságra,
gerinchálózatokban:**

- **földfelszíni rádiós mikrohullámú ismétlő lánc**
 - 30-50 km hosszú szakaszokból áll
 - gerinchálózati kiegészítésként Magyarországon is

- **műholdas átvitel**
 - pl. Eu - műhold - USA, INTELSAT & INTERSZPUTNYIK
ma: inkább tenger alatti kábelek
 - pl. tengeri, INMARSAT
 - pl. mobil hálózat a Közel-Keleten, THURAYA