

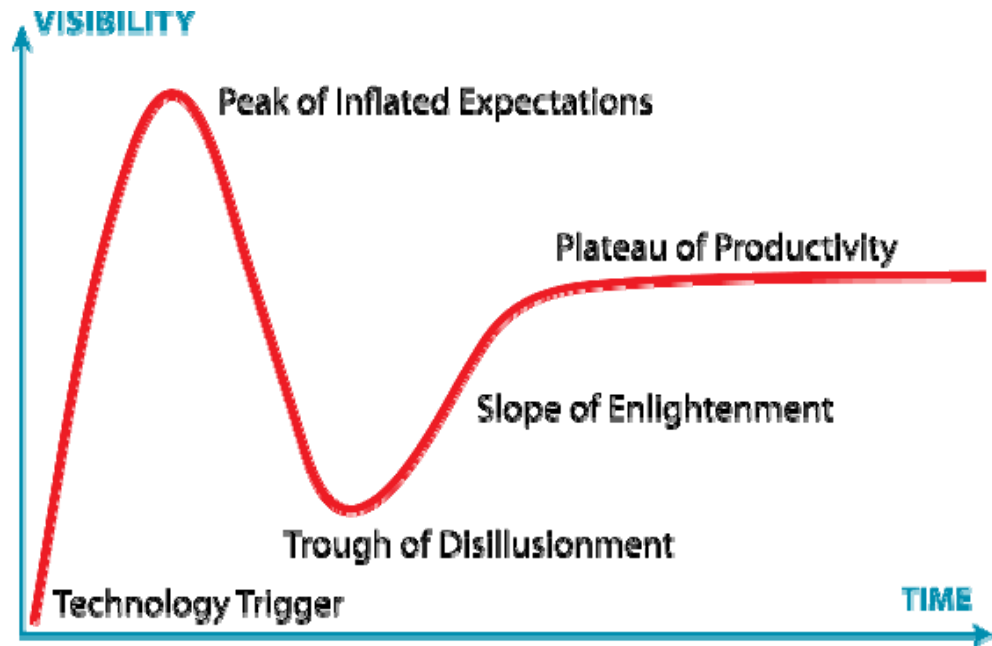
THSZ

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Technológiai, fizikai, gazdasági háttérismeretek

dr. Henk Tamás
BME TMIT
2012. szept. 24. és 26.

**A technológiai
fejlődés várakozás
görbéje**



A tantárgy felépítése



1. Bevezetés

- **Bemutakozás, 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:

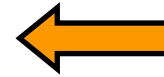
- **Analízis 2:** Differenleletek, Komplex függvénytan,
- **Fizika,**
- **Digitális technika,**
- **Jelek és rendszerek:** Fourier-sor &-transzformáció,
- **Számítógép - hálózatok,**
- **Mérés laboratórium 3. (5. félév):**
 - Jelátviteli csatornák vizsgálata
 - A/D & D/A

A feldolgozás irányultsága:

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

Áttekintés

1. Spektrális szemlélet



2. Technológiai hajtóerő:

- Mikroelektronika fejlődése
- Optika fejlődése
- Rádiós hozzáférés fejlődése

3. Gazdasági háttérismeretek:

- Szabványosítás jelentősége
- Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata
- A technológiai fejlődés várakozás görbéje

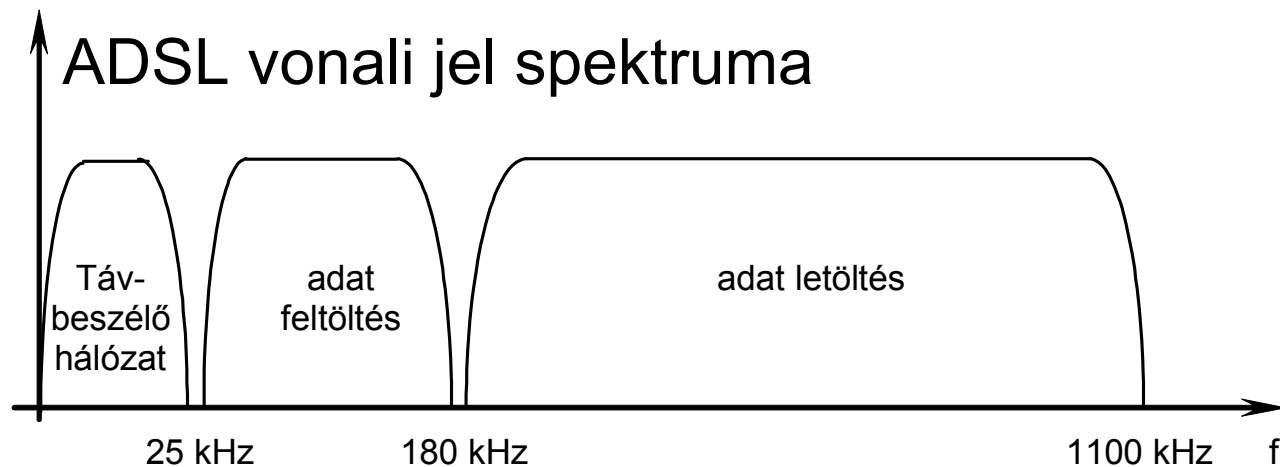
4. Fizikai alapok:

- Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői

1. Spektrális szemlélet

Jelek spektruma a frekvenciatartományban

THSZ-ben ezzel dolgozunk, pl.:



Ráadásul mérjük is a spektrumot a laborban!

Mérésvezetők kérése:

szeretessem meg a spektrumot!



1. Spektrális szemlélet

Joseph Fourier

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

sin(ωt) jelentősége

Mérnöki:

- forgó generátorok
- rezgőkör
- oszcillátor

Matematikai:

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



1. Spektrális szemlélet

Fourier-transzformáció: FT

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

- $i = \sqrt{-1}$ vagy $j = \sqrt{-1}$

Inverz Fourier-transzformáció: IFT

- 2π bárhol lehet

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

Főbb jellemzők:

- szimmetrikus transzformáció: ω és t felcserélhetőek
- $F[f(t)] = F(\omega) = R(\omega) + j \times I(\omega)$
- pl.: $F(\omega) = A(\omega) \times e^{-j\omega T}$, ahol T a késleltetés

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

1. Spektrális szemlélet

DFT: Digitális Fourier Transzformáció

- **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!

1. 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

1. 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

1. Alkalmazás

Analízis (matematikusok):

- lineáris differenciálegyenlet megoldása

Infokom. technológiák működése (vill+inf mérnökök):

- pl. mintavételezés, nyálábolás, moduláció

Specifikálás, mérés (vill+inf mérnökök):

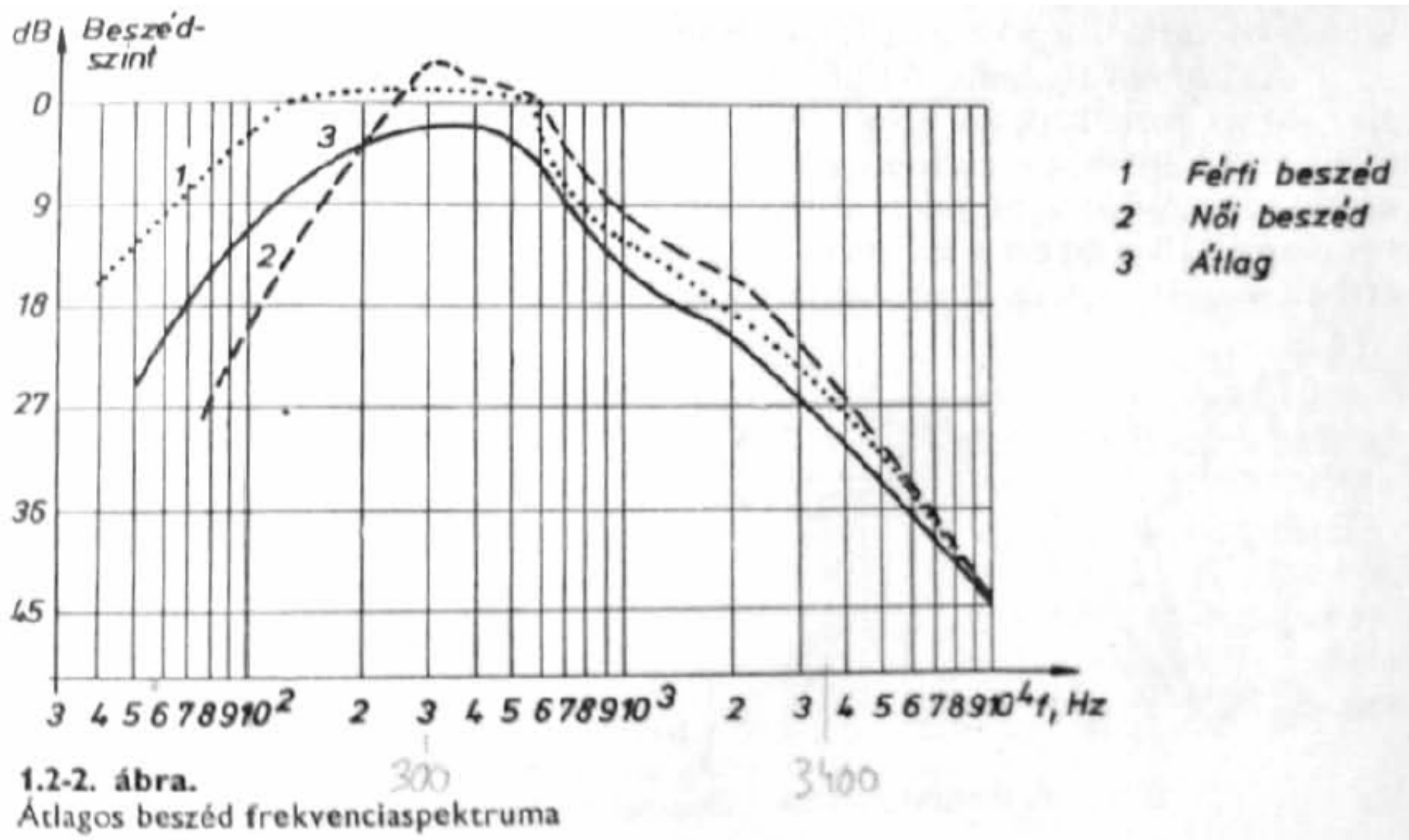
- FT, IFT, DFT, IDFT

Lineáris áramkörök tervezése (villamosmérnökök):

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

1. Spektrális szemlélet: beszédhang

Beszédhang hosszú időre átlagolt spektruma: **THSZ03/4**



1.2-2. ábra.
Átlagos beszéd frekvenciaspektruma

1. Spektrális szemlélet: DTMF jelek

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.:

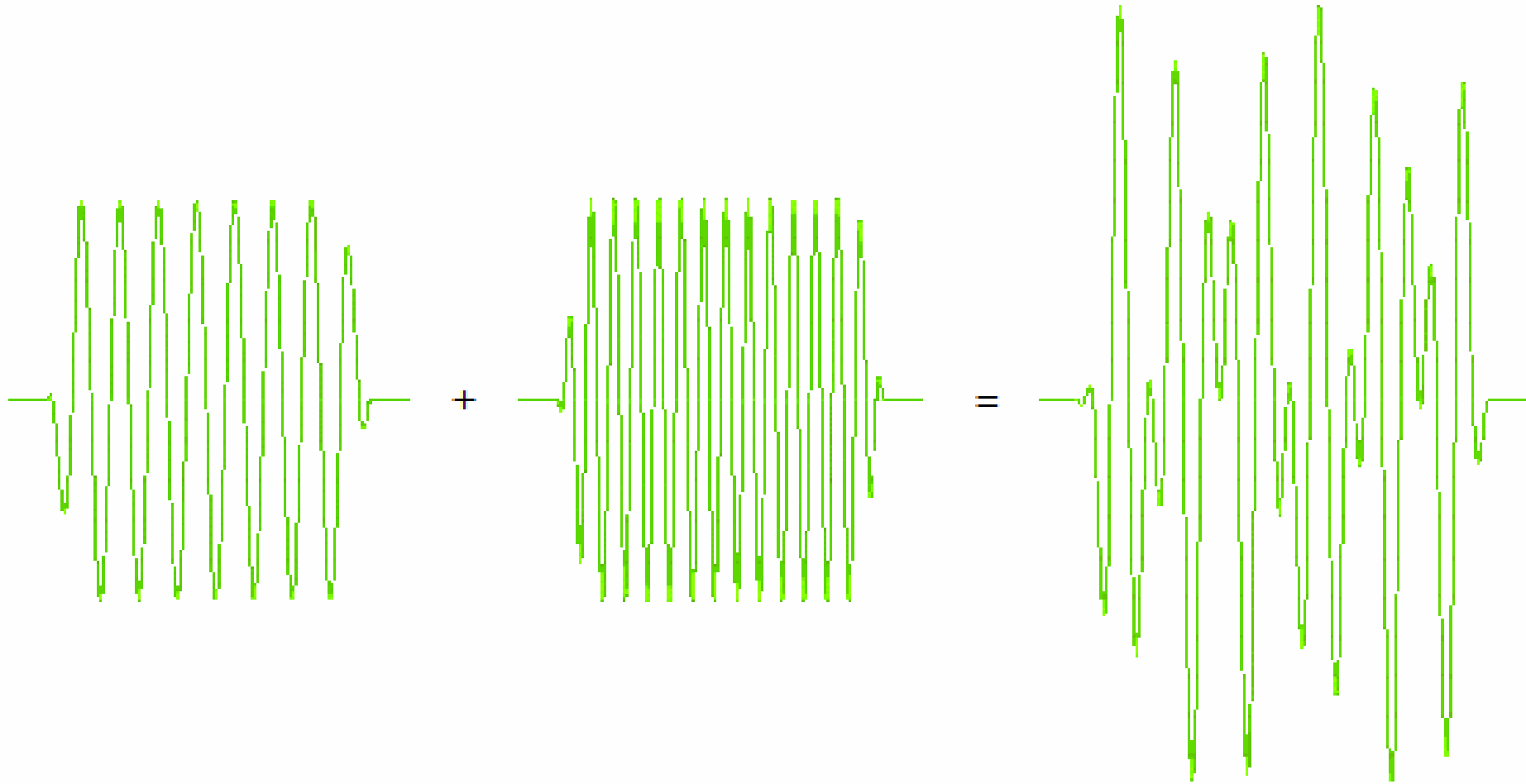
Precise Tone Plan:

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

1. „1” az időtartományban



697 Hz Sine Wave

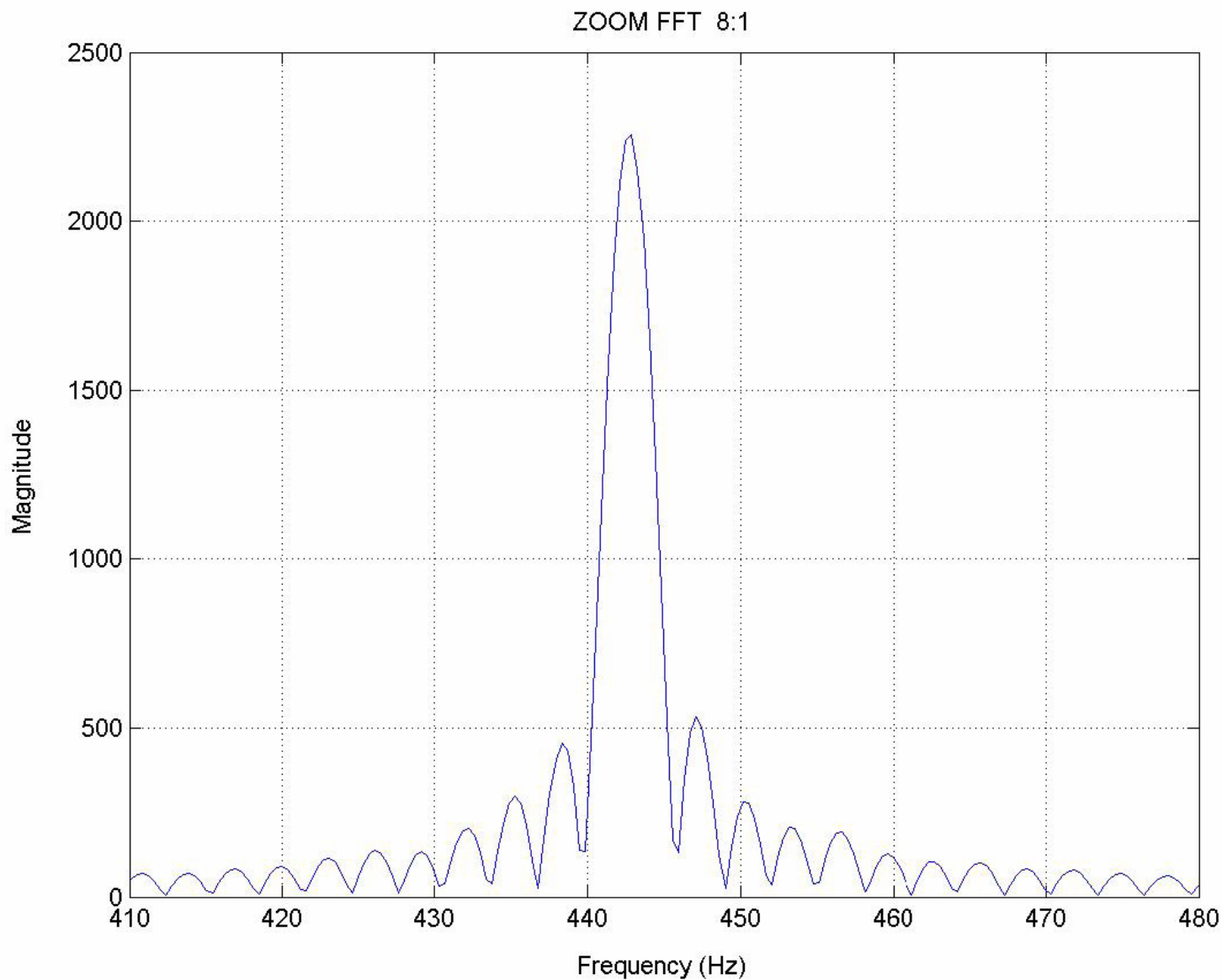
+

1209 Hz Sine Wave

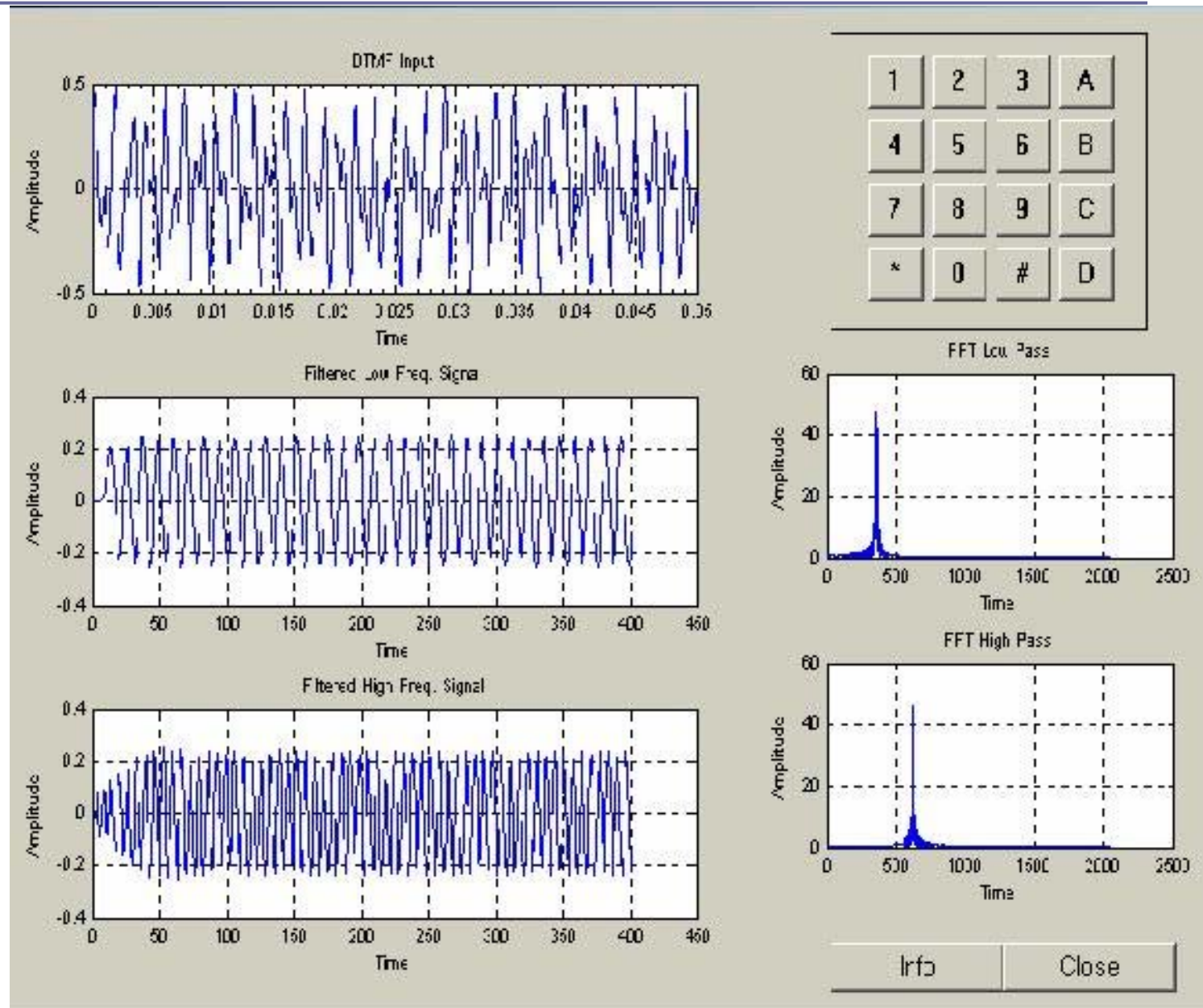
=

DTMF Tone "1"

1. 442,5 Hz-es $\sin(\omega t)$ csomag spektruma



1. DTMF típusú jel: „Foglalt jel”



Áttekintés

1. Spektrális szemlélet

2. Technológiai hajtóerő:



- **Mikroelektronika fejlődése**
- **Optika fejlődése**
- **Rádiós hozzáférés fejlődése**

3. Gazdasági háttérismeretek:

- **Szabványosítás jelentősége**
- **Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata**
- **A technológiai fejlődés túllövés-görbéje**

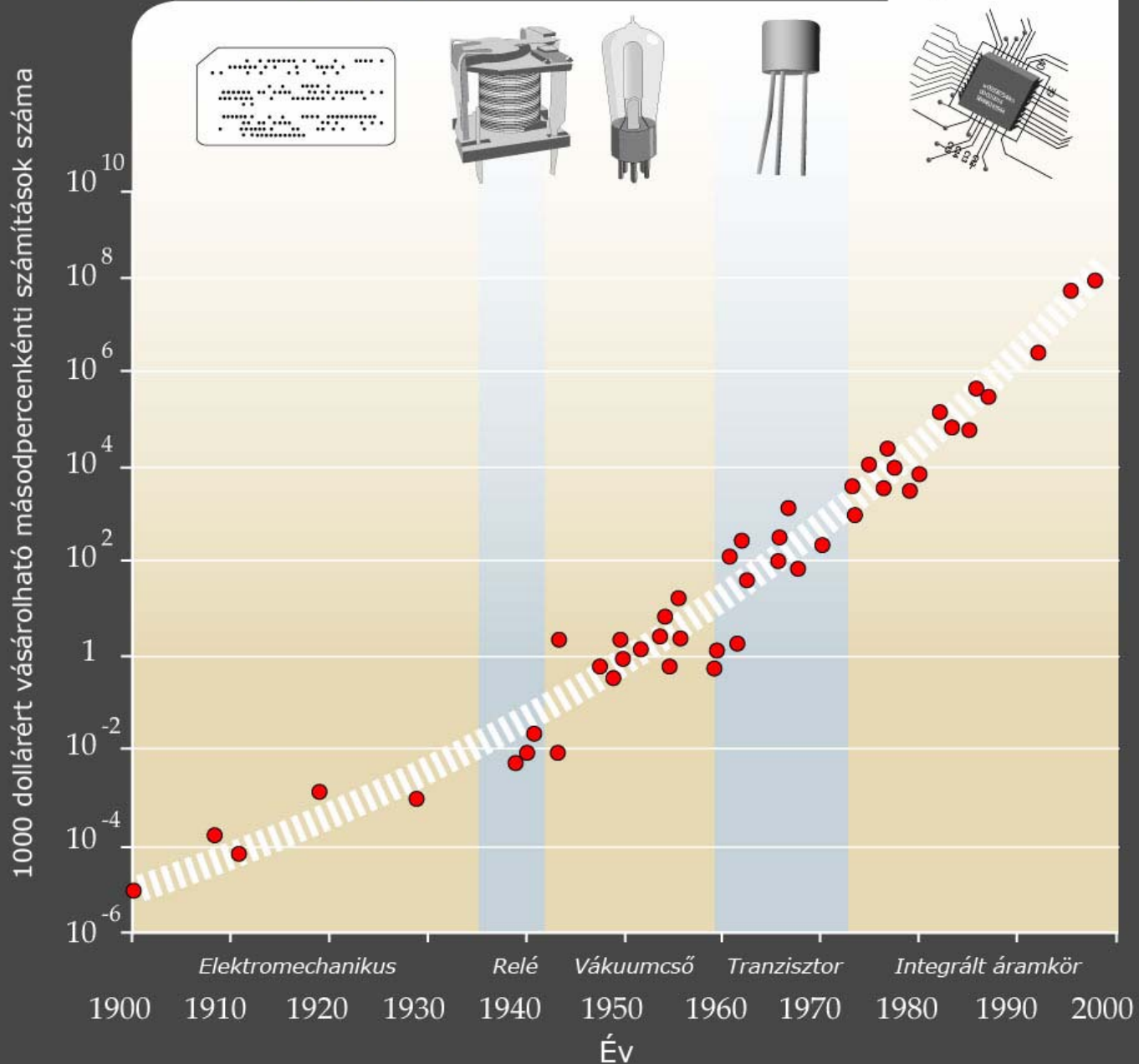
4. Fizikai alapok:

- **Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői**

A Moore-törvény

Az ötödik paradigma

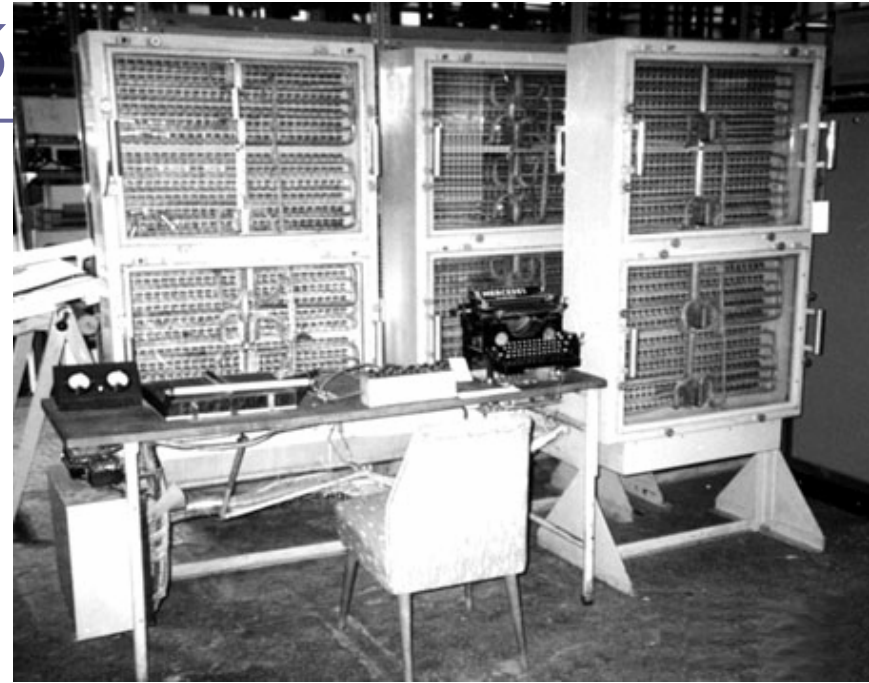
Logaritmus ábra



2. Technológiai hajtóerő

Boole-algebra és memória jelfogó-logikával:

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



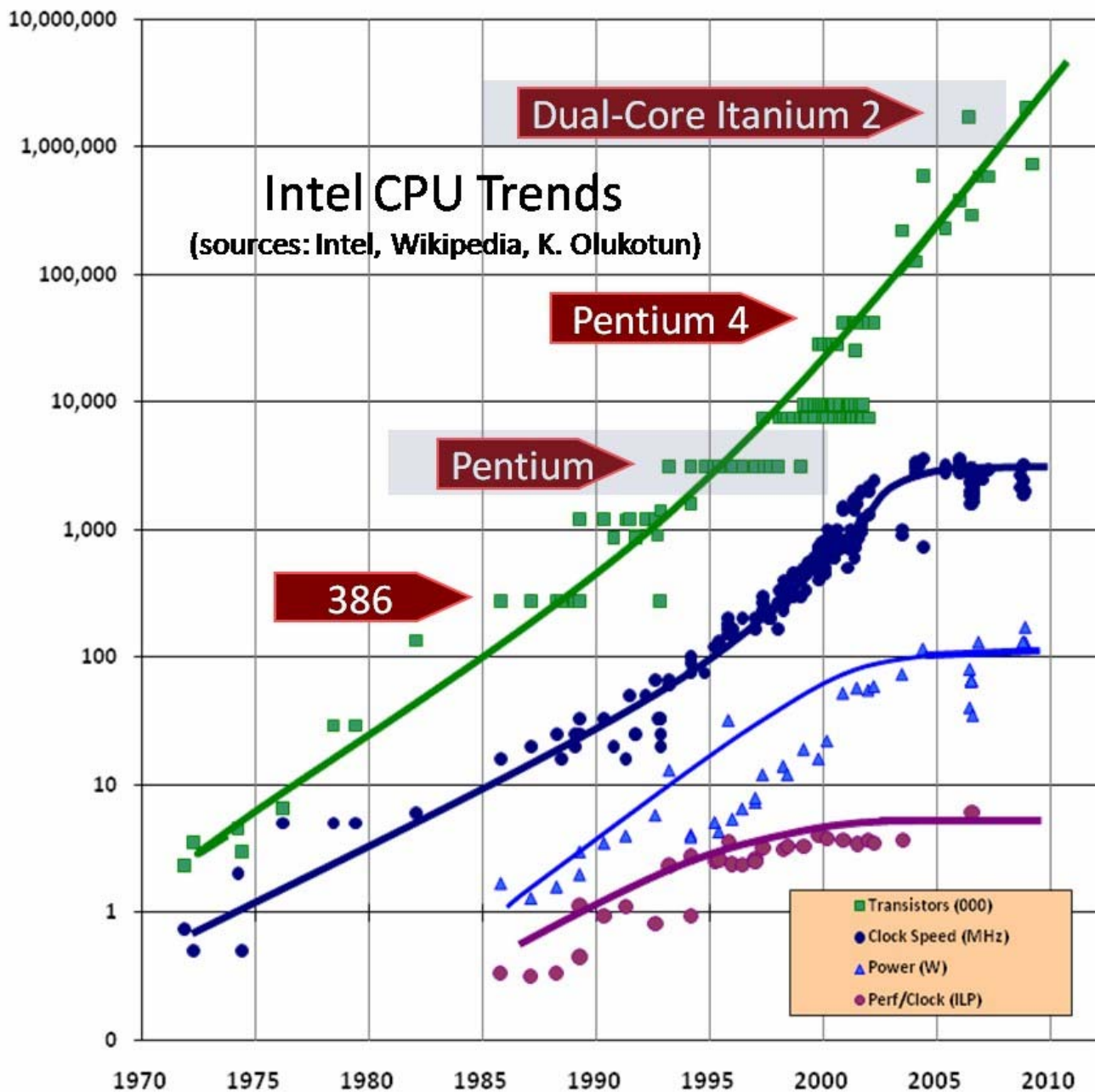
Magyarországon:
Kozma László professzor,
Standard és BME
IEEE Computer Society:
Computer Pioneer Award, 1996



2. Technológiai hajtóerő

**Moore-törvény,
Moore's Law, 1965:**
tranzisztorok száma
egy integrált ák-ben
18 hónaponként
megduplázódik

**Gordon E. Moore
Intel Corporation**



2. Technológiai hajtóerő

Mikroelektronika fejlődése!

Nanotechnológia: csíkszélesség < 100 nm

Intel Tick-Tock gyártósorok, processzorok neve:

- 2005-06: 65 nm, Yonah & Conroe,
- 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 & ?
- 2018-19: 7 nm, ? & ?
- 2020-21: 5 nm, ? & ?

2. Technológiai hajtóerő

- Fizikai határa: ha közelítik az atomi méreteket, ~ 5 nm
- Elévülése: mindig tovább tolódik, ma ~2022

És akkor megállna a fejlődés?

a/ Összetett megoldások:

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

Intel Developer Forum 2012: Sept. 11-13, SF:
„Haswell” mikroarchitektúra részleteinek bemutatása

b/ Jövőben:

- nano-elektronika

2. 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**

Nanologikák, memóriák, szenzorok és aktuátorok

Kutatási fázis, egyetemeken is (USA)

Mikor lesz ipari méretekben gazdaságos?

Kvantum-számítógép:

□ **mélyhűtött és teljesen árnyékolt szobában**

□ **10 millió \$**

□ **kb. 15 év múlva lesz jobban elérhető**

2. Technológiai hajtóerő: **Optika fejlődése**

Elektronikus csomópontokkal (THSZ03/12):

- **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
- **400 & 1000 Gigabit Ethernet:** K+F!

Első technológiai burjánzás a fejlődés elején: 1984 – 2000

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

nem skálázhatók jól

ATM: csak részleges alkalmazás (THSZ04/31)

jól skálázható, bonyolult, garantált QoS!

TCP/IP: széleskörű alkalmazás

jól skálázható, egyszerű, de: QoS garancia??

2. 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!

2. Technológiai hajtóerő

Optika további fejlődése:

Optikai csomópontokkal (részben):

második burjánzás

■ Optikai hálózatok

- ma: max 10 Tbit/s iparban, 100 Tbit/s laborban
- max. elérhető sáv szélesség:
 - ~ 200 THz,
 - ~ 200 Tbit/s, van még hova fejlődni!

Ez a burjánzás még nem tisztult le!

Remek kérdés: optikai kábel ⇔ optikai hálózat

2. Technológiai hajtóerő

Egy magú optikai szál:

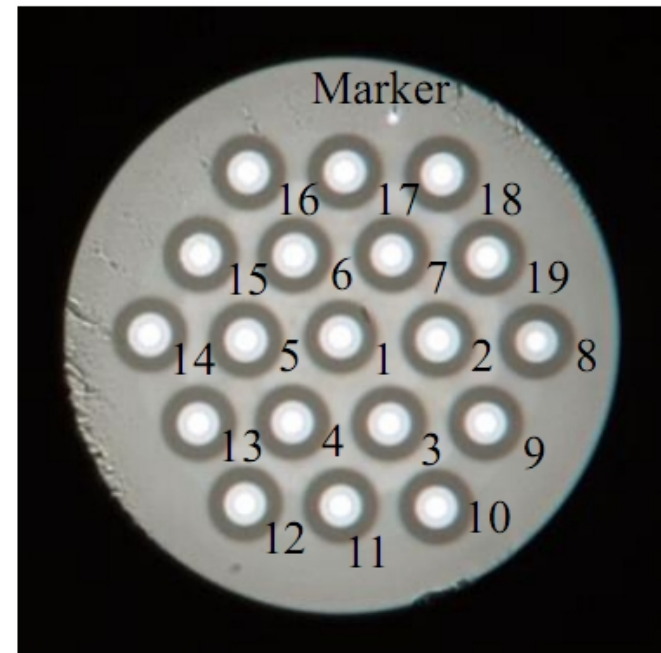


1 mW / 10 μm ϕ

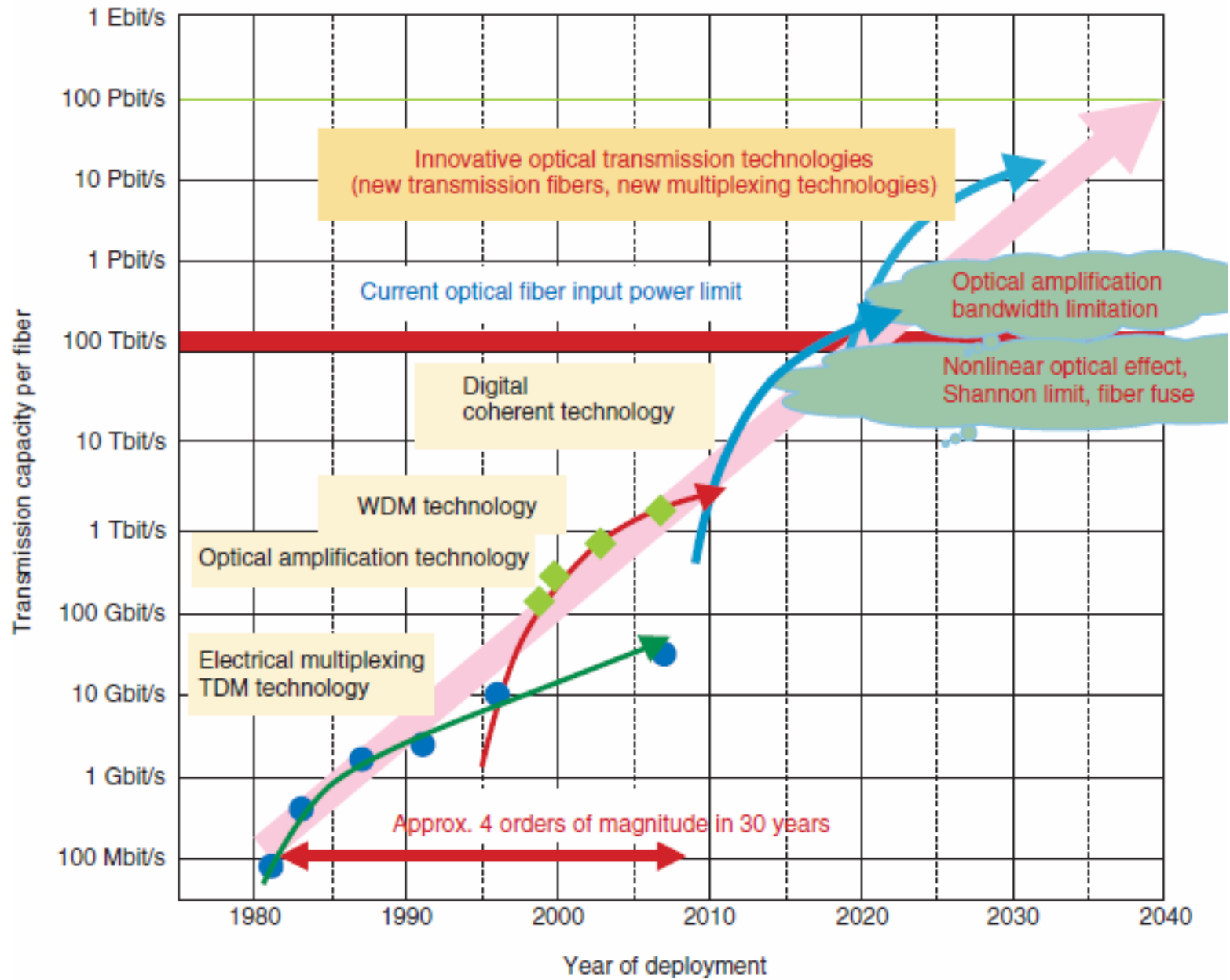
Több magú optikai szál:

Részletek:

Cinkler Tibor
előadásaiban



2. Technológiai hajtóerő



2. 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 (Motorola) Iridium [77] rendszer,

□ 1 évig lőtték fel a $66 + 6 = 72$ műholdat,

□ 1998 -ban kezdett működni,

□ 1999 -ben csődöt jelentett.

2. 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

2. 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: országos: egyik szolgáltató 2012, bíróság!
 - autóban: 3G antenna + WiFi router 2009-

2. Technológiai hajtóerő

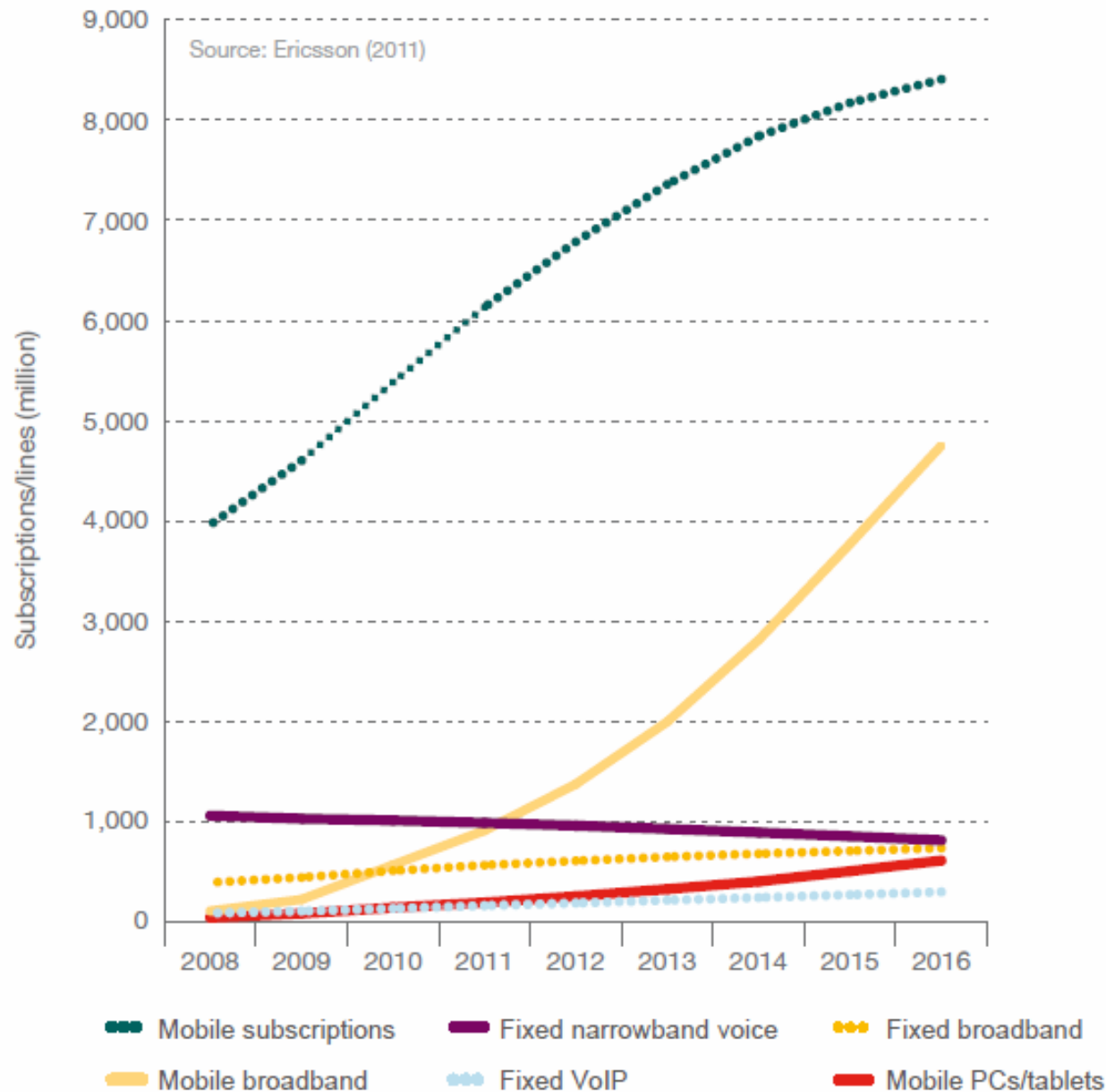
Rádiós hozzáférés további fejlődése:

második burjánzás: sebesség ↑, késleltetés ↓

- **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, **Magyarországon is**
- **LTE-A, 2011** - **LTE-Advanced**
- **WiMAX-A, 2011** - WiMAX-Advanced, IEEE 802.16m

2. Technológiai hajtóerő

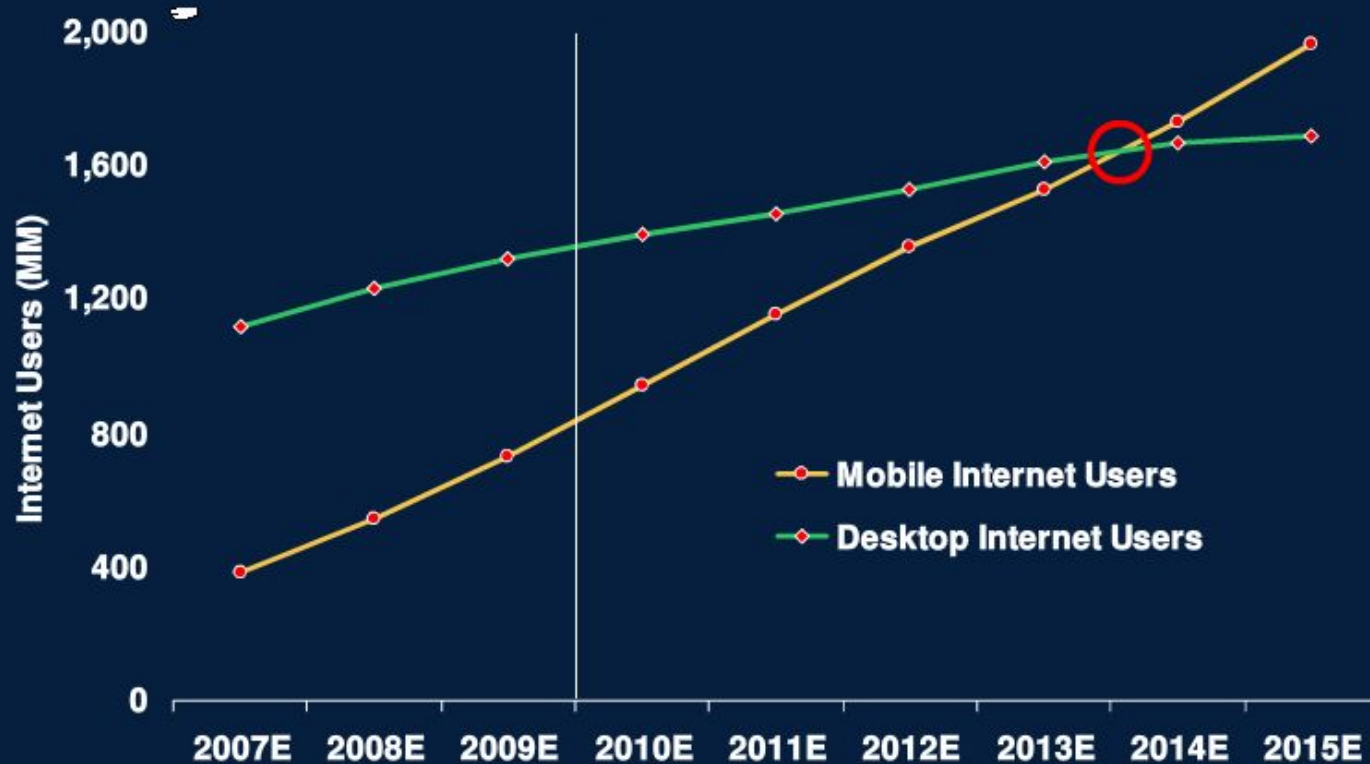
Trendek:



2. Technológiai hajtóerő

Mobile Users > Desktop Internet Users Within 5 Years

Global Mobile vs. Desktop Internet User Projection, 2007 – 2015E



2. 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

1. Spektrális szemlélet

2. Technológiai hajtóerő:

- Mikroelektronika fejlődése
- Optika fejlődése
- Rádiós hozzáférés fejlődése

3. Gazdasági háttérismeretek:

- Szabványosítás jelentősége
- Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata
- A technológiai fejlődés várakozás görbéje



4. Fizikai alapok:

- Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői

3. Gazdasági háttérismeretek

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**

3. 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!”
PDH/ANSI ↔ PDH/CCITT csak teljes lebontással!
 - **pl. SONET ANSI 1984, SDH ITU-T 1988,**
SONET módosítás ANSI 1988:
SONET ↔ SDH átalakítás teljes lebontás nélkül

3. Gazdasági háttérismeretek

Egy megoldás szabványának születésekor:

Tanulság:



3. Gazdasági háttérismeretek

Egy megoldás szabványának túléérésekor:

- 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

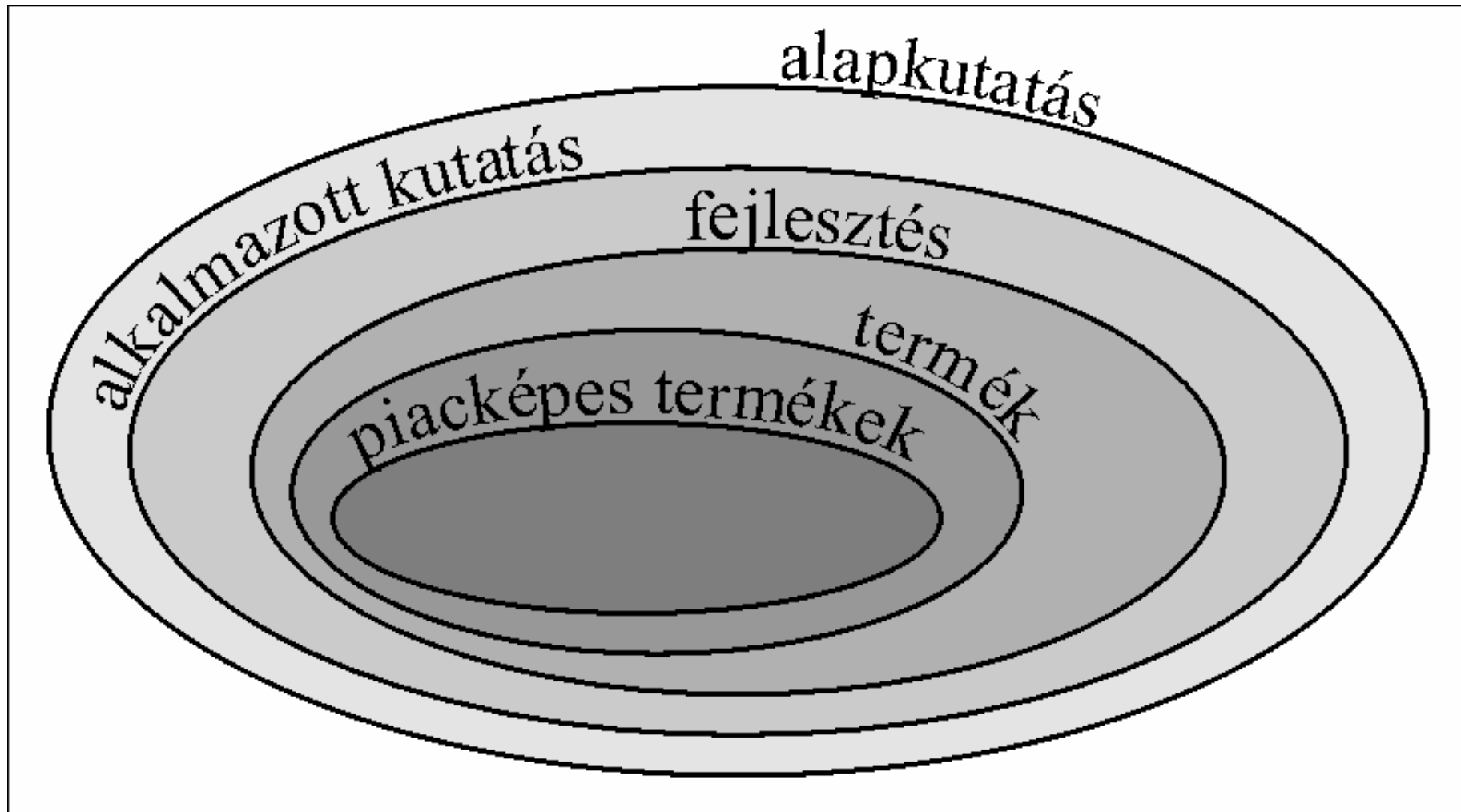
3. Gazdasági háttérismeretek

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

3. Gazdasági háttérismeretek

□ **Az ipari innováció lépései:**



3. 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,
védjegy
ipari berendezések vásárlása
- **piacképes termékek szolgáltatása:**
szolgáltató egységekben => haszon

3. Gazdasági háttérismeretek

- **Innovációs átfedések: időben és témában**
 - alapkutatás – 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

3. 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

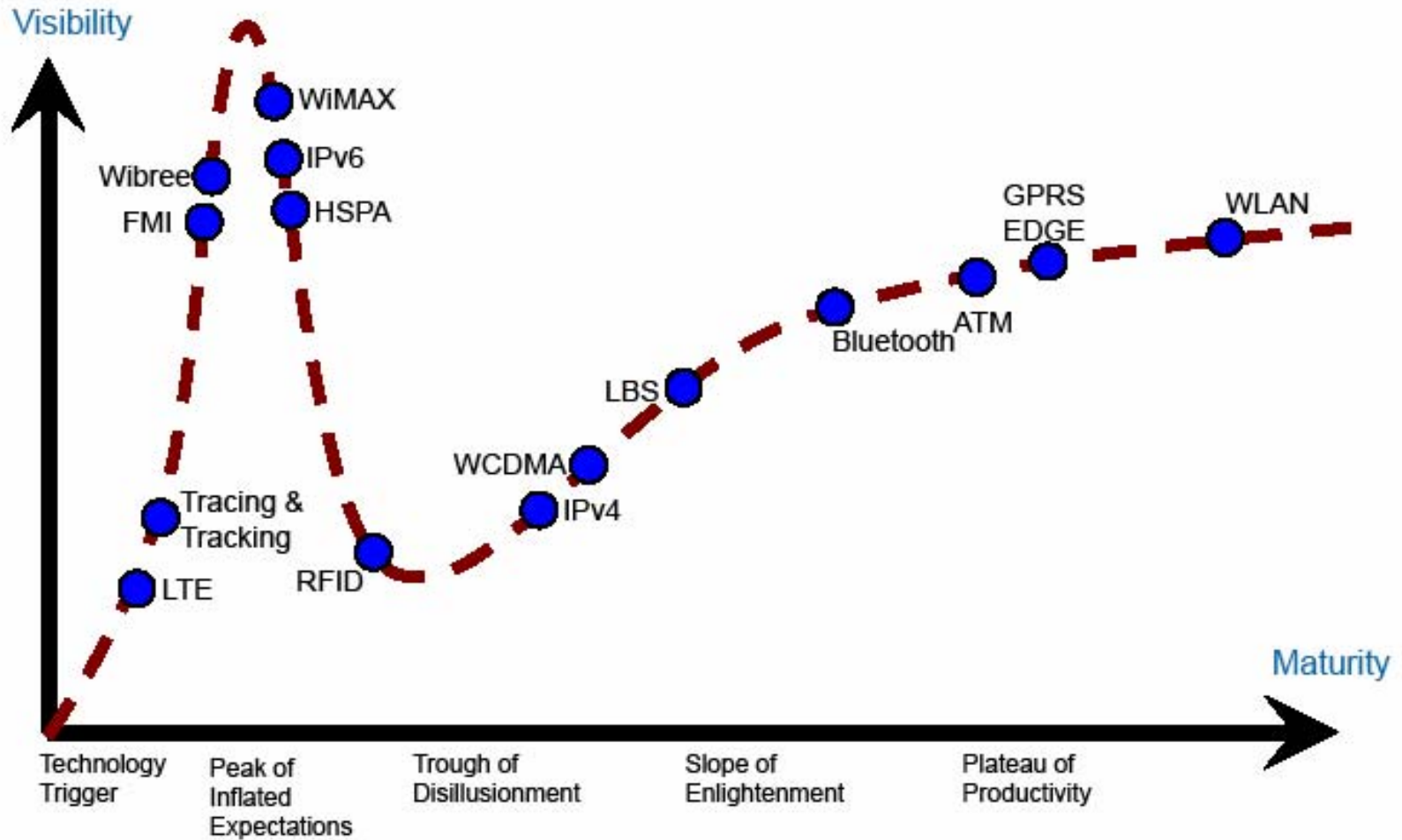
3. Gazdasági háttérismeretek

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



3. Gazdasági háttérismerek

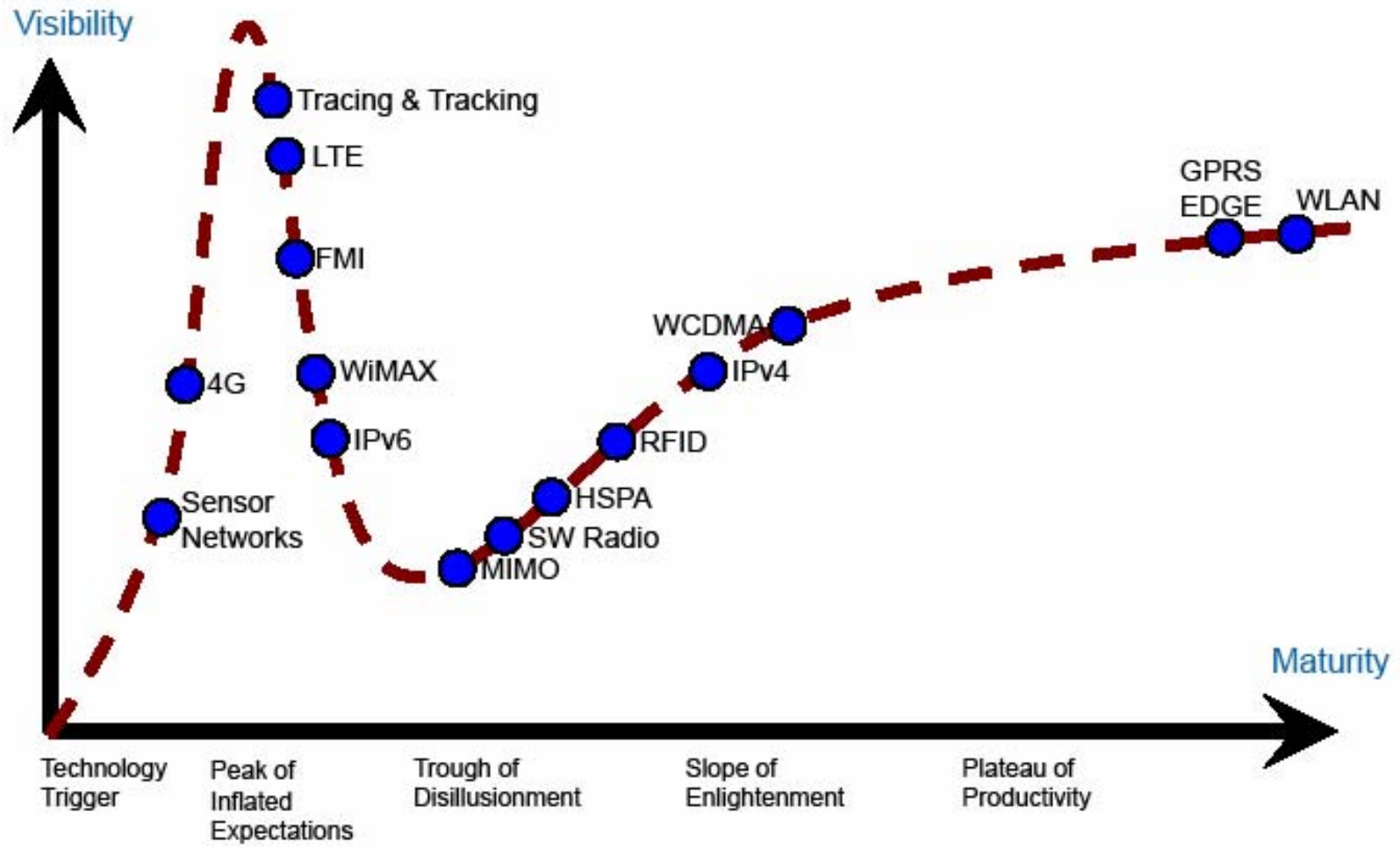
Hype Curve Concept, Results for Year 2007



Hype Curve Concept Originally by Gartner

3. Gazdasági háttérismeretek

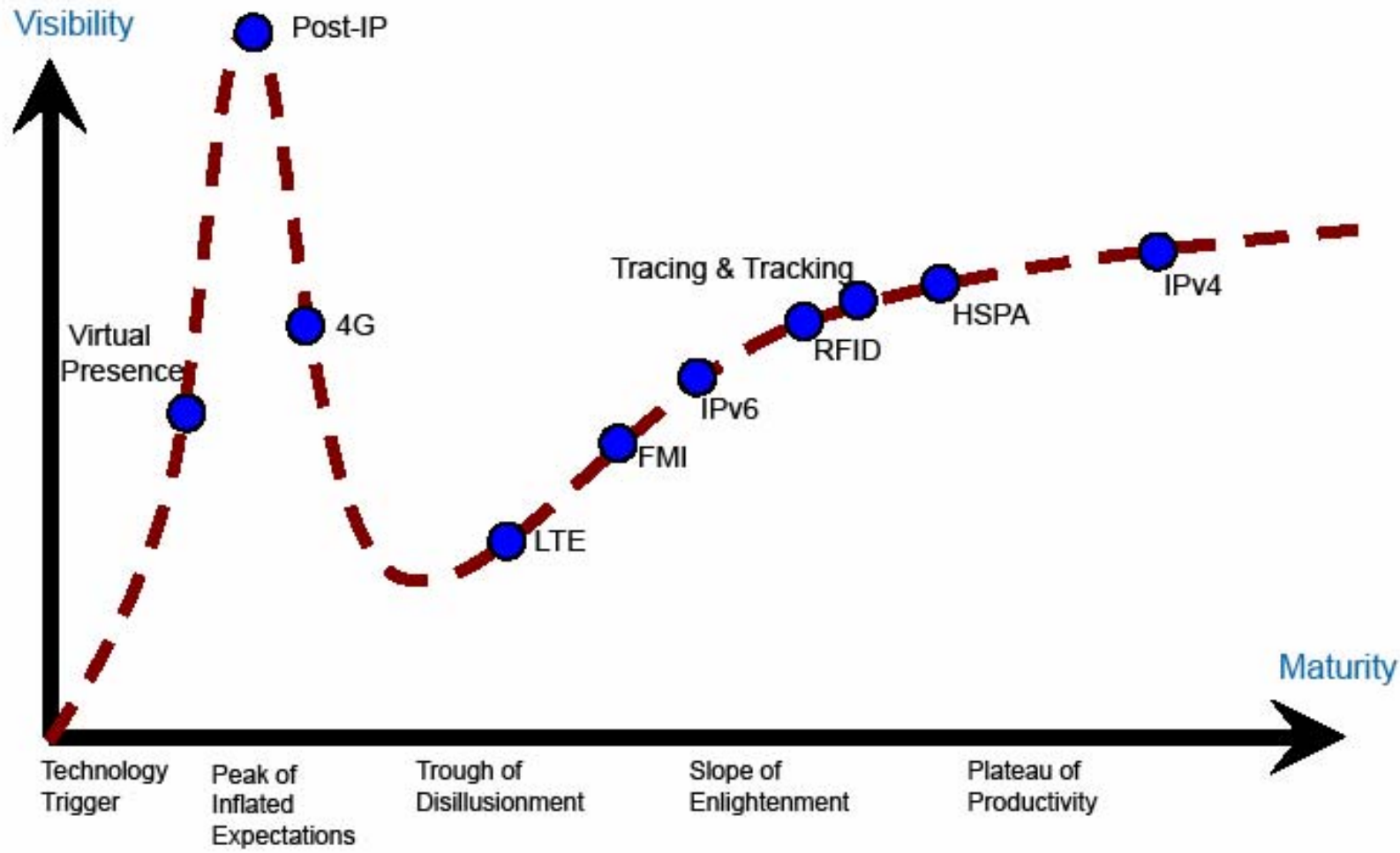
The Hype Cycle Concept, Results for Year 2010



Hype Curve Concept Originally by Gartner

3. Gazdasági háttérismertetek

The Hype Curve Concept, Results for Year 2015



Hype Curve Concept Originally by Gartner

Áttekintés

1. Spektrális szemlélet

2. Technológiai hajtóerő:

- Mikroelektronika fejlődése
- Optika fejlődése
- Rádiós hozzáférés fejlődése

3. Gazdasági háttérismeretek:

- Szabványosítás jelentősége
- Kutatás, fejlesztés, gyártás, szolgáltatás és a szolgáltatás-szabályozás folyamata
- A technológiai fejlődés várakozás görbéje

4. Fizikai alapok:

- Vezetékes és rádiós átviteli közegek jellemzői



4. Fizikai alapok

Átviteli közegek jellemzői:

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

- 1. Nagyfeszültségű védelem:
vonaltranszformátorok minden berendezésben.**
- 2. Berendezések távtáplálása, ld. 49. kép.**
- 3. 50 Hz és felharmónikusai zavarnak.**
- 4. Koaxiális kábel:
60 kHz alatt már nem véd a köpeny az áthallástól.**

4. 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

4. 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**

4. 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**

4. Fizikai alapok

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

4. Fizikai alapok

Átviteli közegek

Kábelek fajtái:

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

4. Fizikai alapok

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