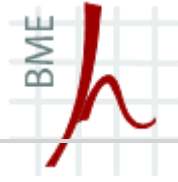


# UWB ÁTTEKINTÉS

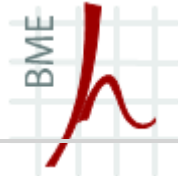
2011. május 19.,  
Budapest



# Mi az UWB?

---

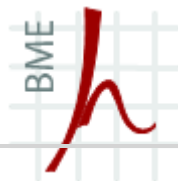
- „Hot new topic”.
  - Más elnevezések: impulzus rádió, alapsávi rádió, vivőmentes rádió.
  - Az USA védelmi minisztériuma használta először az UWB elnevezést 1989-ben.
  - FCC definíciója:
    - Olyan rádiós technológia, amely a sávközép frekvencia 20%-ánál nagyobb sávszélességet használ
- VAGY
- Sávszélesség nagyobb, mint 500 MHz.



# Mi az UWB?

---

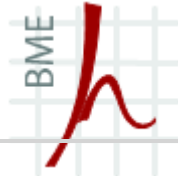
- Eredetileg az UWB-t katonai célokra fejlesztették ki (radar rendszerek).
- Mára előtérbe került az UWB távközlésben történő felhasználása,
- Széleskörű elterjedésétől azonban még évekre vagyunk
- Az UWB igen rövid impulzusokat használ az információ átvitelére
- Időtartományban keskeny = frekvenciatartományban széles
- UWB = Ultra Wideband



# Az UWB kommunikációs rendszerek főbb előnyei

---

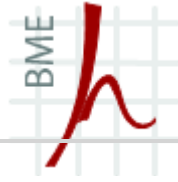
- A széles frekvenciasáv, amit az UWB használ, nagy adatátviteli-sebességet tesz lehetővé.
- Mivel az UWB impulzusokat használ a kommunikáció megvalósítására, amelyeket közvetlenül az antennára lehet vezetni, ezért az UWB készülékek egyszerűek, és így olcsón előállíthatók.



# Az UWB kommunikációs rendszerek főbb előnyei

---

- Mivel az UWB által használt impulzusok nagyon keskenyek – ez okozza egyébként a nagy sávszélességet is – ezért a vevő nagy pontossággal szét tudja választani az egyes impulzusokat, így a többutas terjedésből fakadó problémák nem jelentkeznek.
- Az UWB egyaránt alkalmas precíz helymeghatározásra és nagysebességű adatátvitelre



# Nagy sáv szélesség vs. SNR

---

- Shannon csatorna-kapacitással összefüggő egyenlete

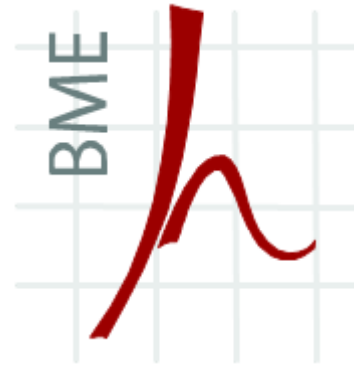
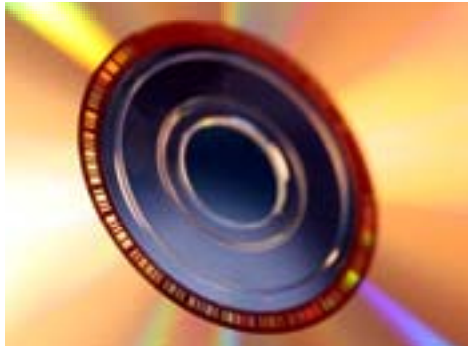
$$C = B \cdot \log(1 + S/N)$$

- Látható, hogy a sáv szélesség növelésével az adatátviteli sebesség lineárisan, míg a jel-zaj viszony növelésével csak logaritmikusan növekszik.
- Konklúzió: „jobban megéri” a sáv szélességet növelni, mint az SNR-t.

# Az UWB és más rendszerek

- A hagyományos távközlési rendszerek kis sáv szélességet használnak, az UWB nagy sáv szélességet használ.

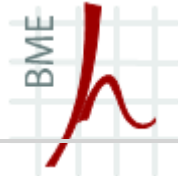
System	Transmission power [W]	Bandwidth [Hz]	Power spectral density [W/MHz]	Classification
Radio	50 kW	75 kHz	666,600	narrowband
Television	100 kW	6 MHz	16,700	narrowband
2G Cellular	10 mW	8.33 kHz	1.2	narrowband
802.11a	1 W	20 MHz	0.05	wideband
UWB	1 mW	7.5 GHz	0.013	ultra wideband



# AZ UWB ÁTTEKINTÉSE (ELMÉLETI ALAPOK)

2011. május 19.,  
Budapest

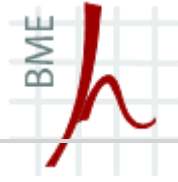




# UWB impulzus

---

- Nagyon rövid, nagyon széles spektrumú impulzusok
- Kis energiatartalom
- Teljesítmény sűrűség spektrum (def):  
$$\text{PSD} = P/B$$
- Ha adott a kisugározható teljesítmény nagysága, akkor két lehetőségünk van:
  - kis B, nagy P VAGY
  - nagy B, kis P.
- Az UWB az utóbbit használja.



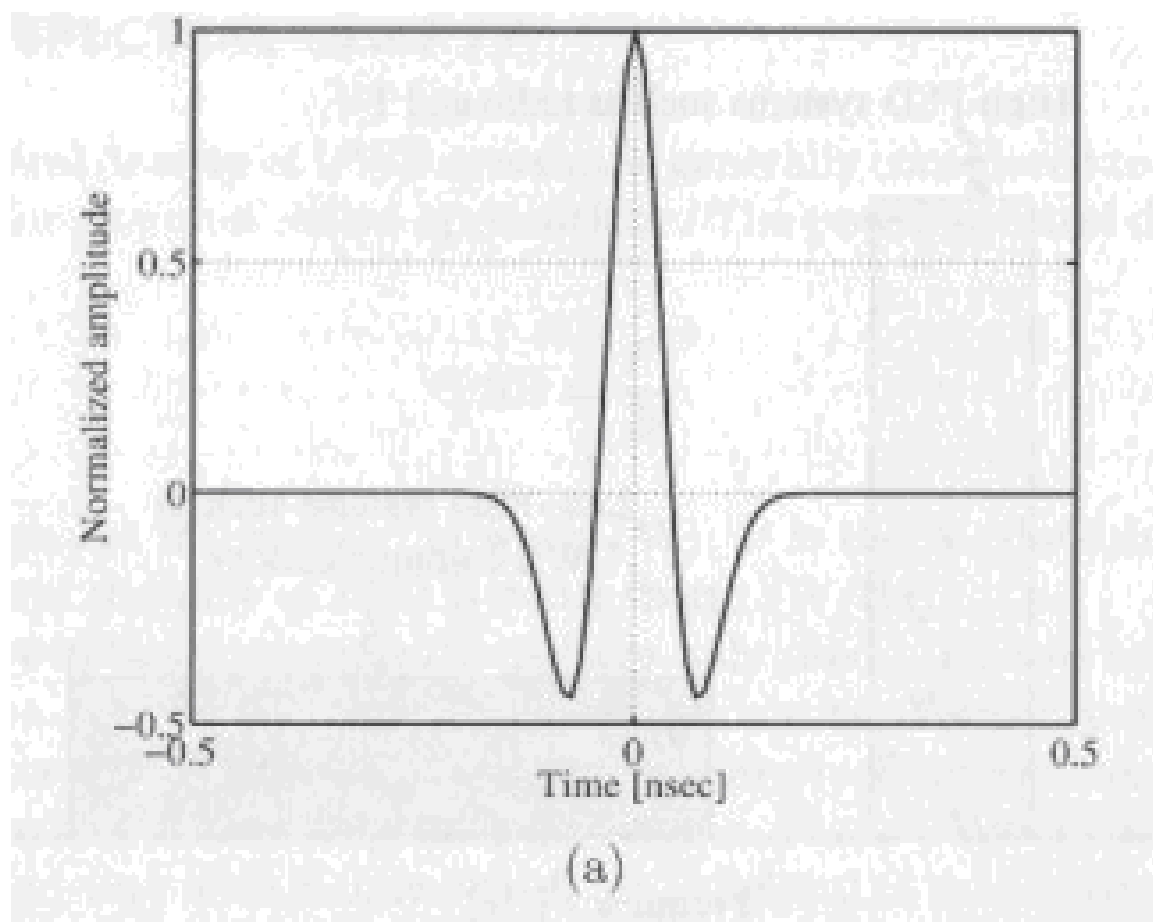
# UWB impulzus

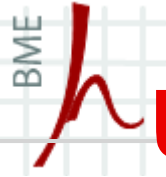
---

- Gyakori UWB impulzus fajta az egyszerű négyszög impulzus (egyszerű előállítani: pl. egy tranzisztort ki-be kapcsolgatunk).
- Az antenna, valamint az átviteli közeg aluláteresztő jellege miatt a vételi oldalon a következőre módosul:

# UWB impulzus

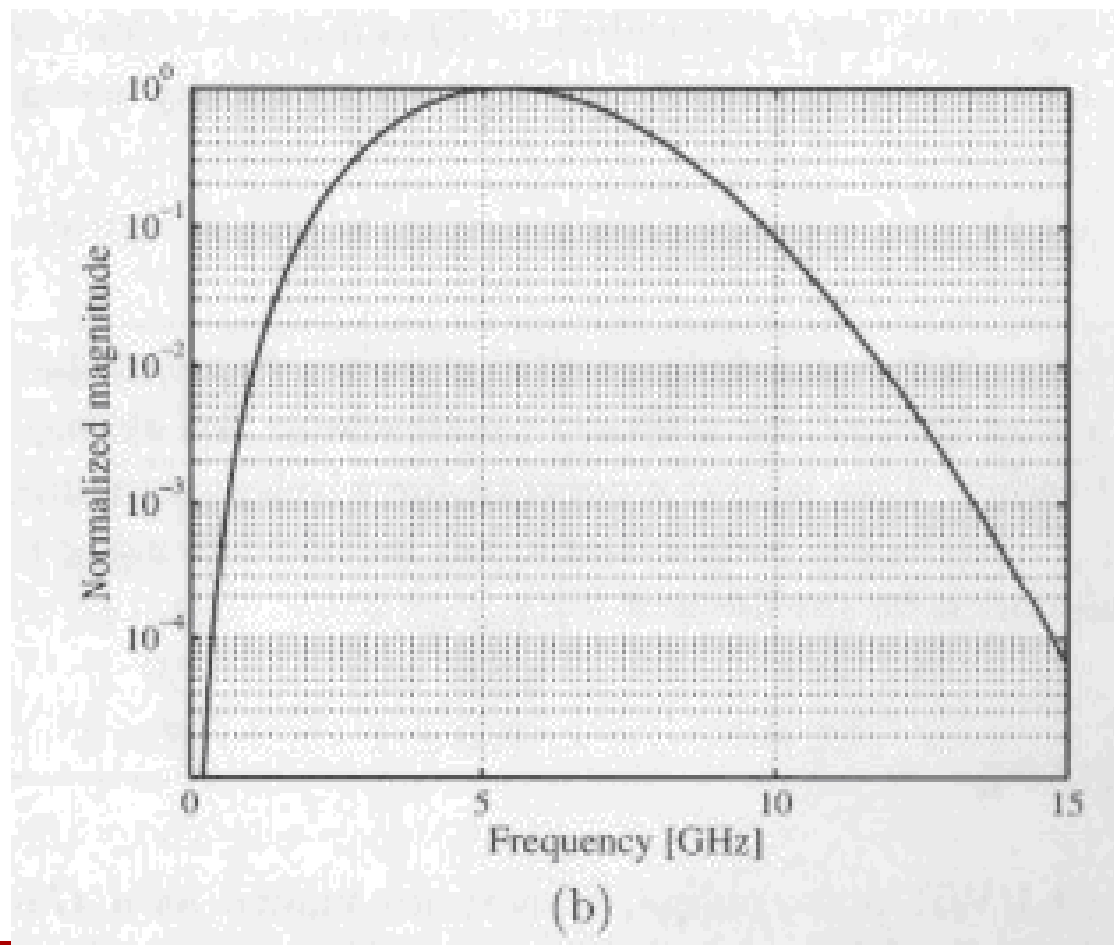
- UWB impulzus az időtartományban:





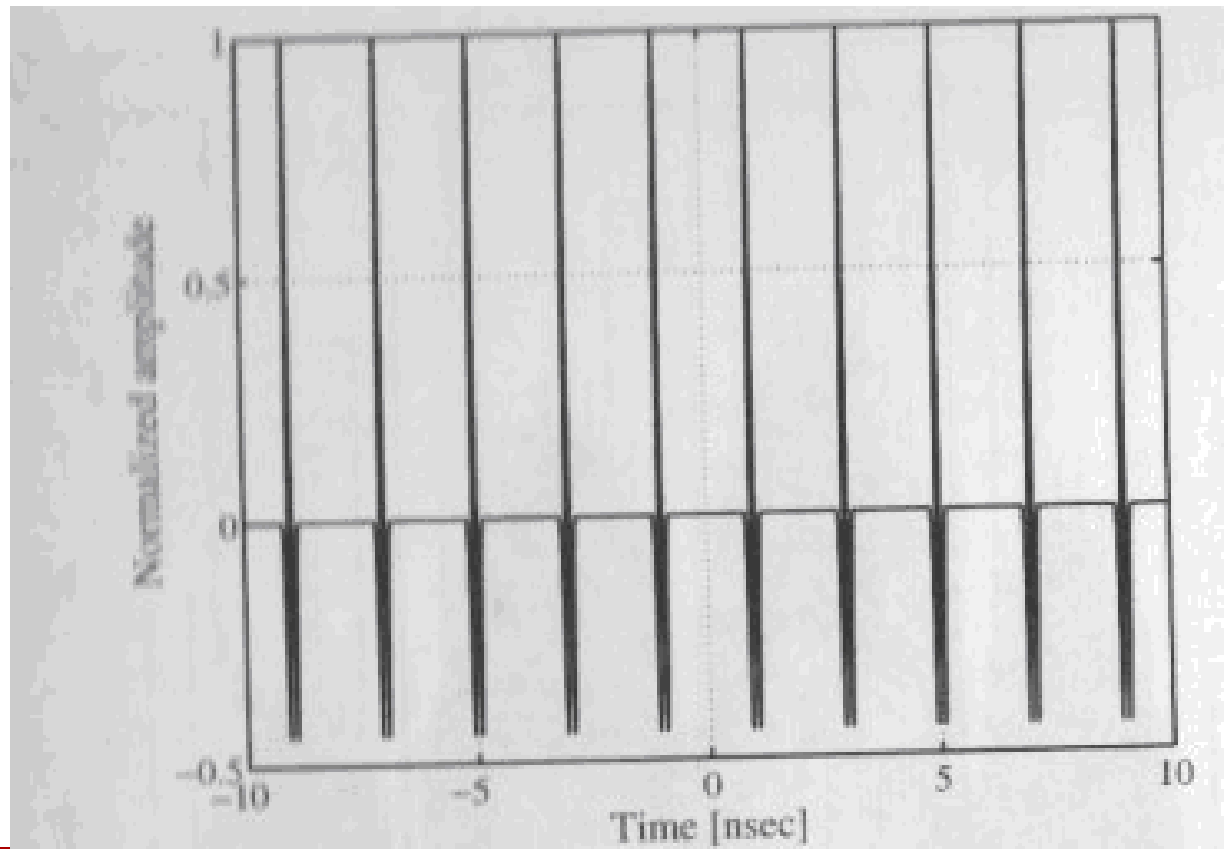
# UWB impulzus

- UWB impulzus a frekvenciatartományban:



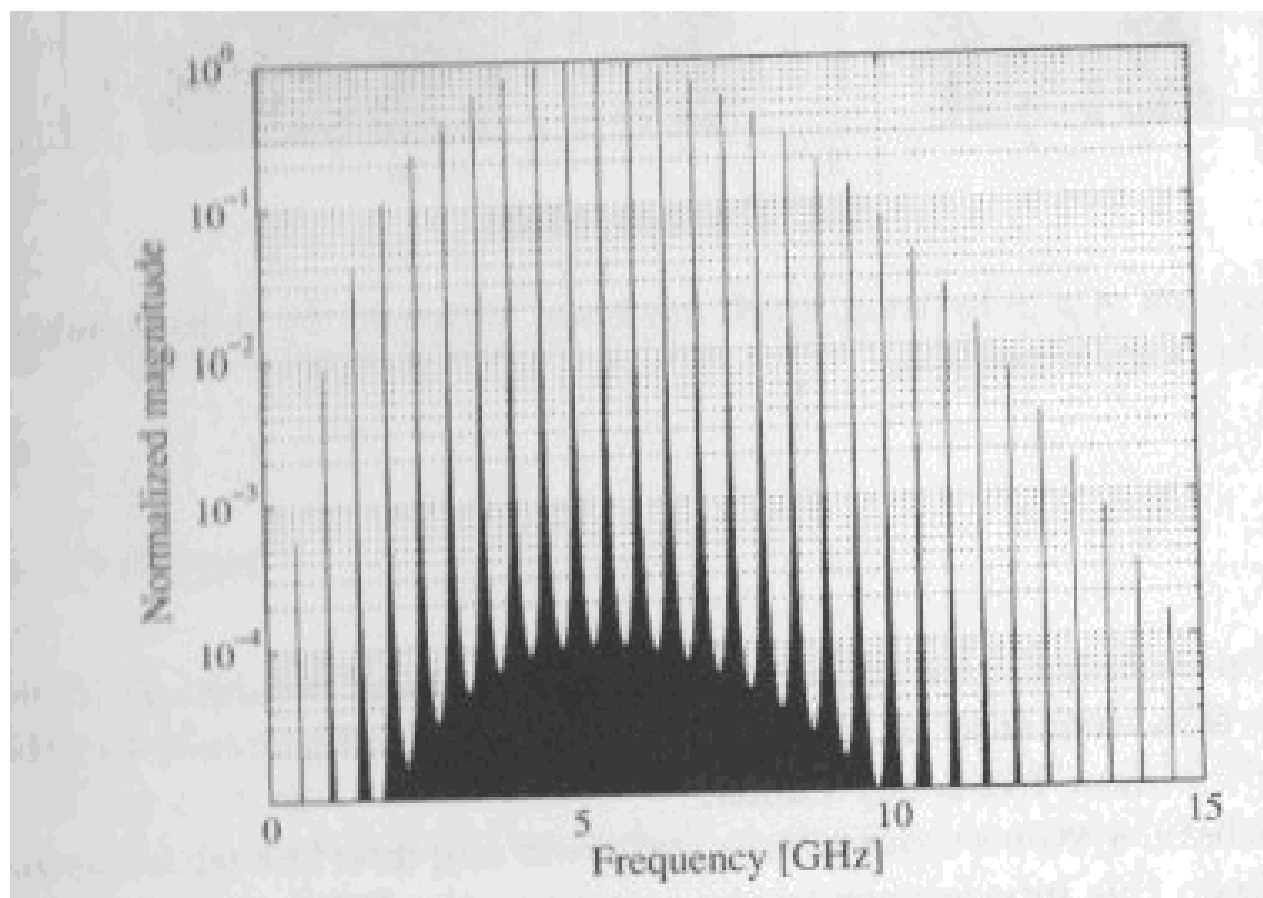
# UWB impulzus sorozat

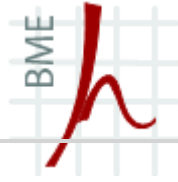
- Az UWB rendszerek ilyen impulzusokból álló sorozatokkal kommunikálnak:



# UWB impulzus sorozat

- UWB impulzus sorozat spektruma:





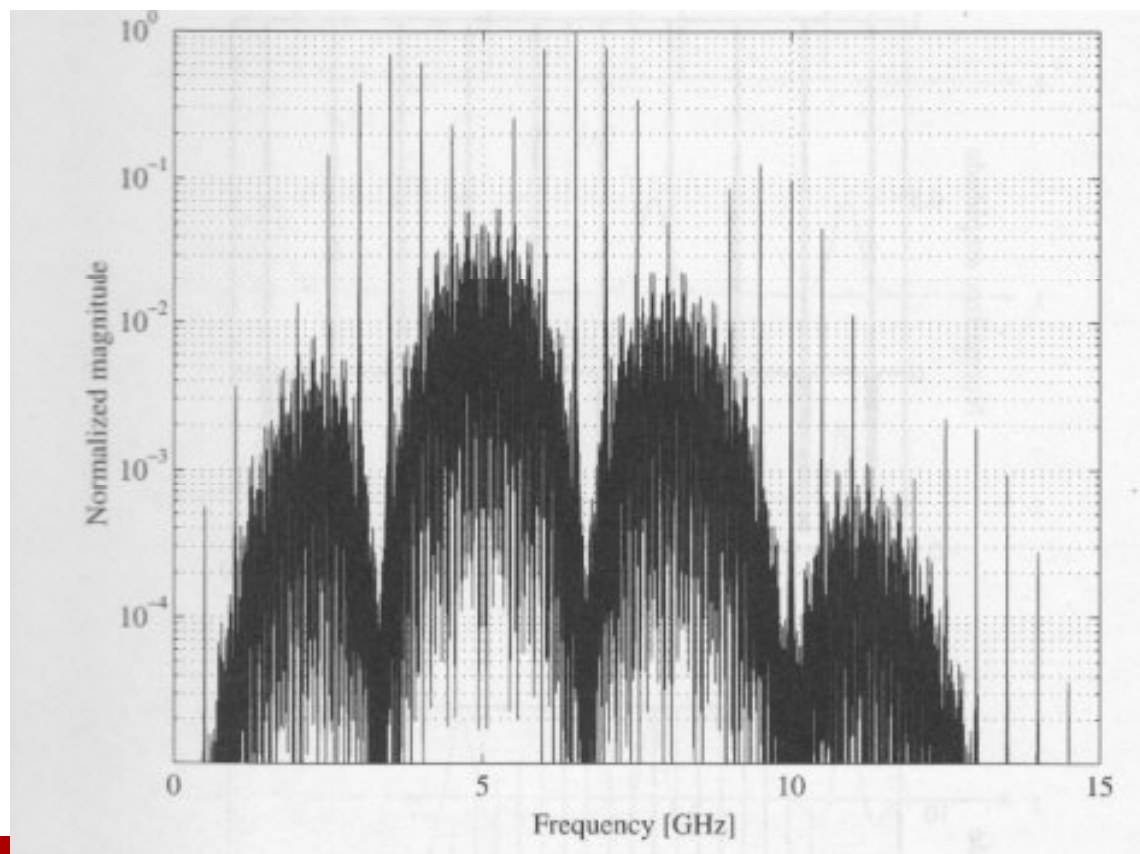
# UWB impulzus sorozat

---

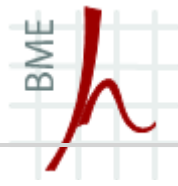
- Probléma: magas tüskék (fésűfog spektrum)
- Ahhoz, hogy a fenti spektrumot zajszerűbbé tegyék véletlen idejű késleltetéseket alkalmaznak(dither).
- Így nagy mértékű javulás érhető el:

# UWB impulzus sorozat

- UWB impulzus sorozat spektruma dither hozzáadása után:







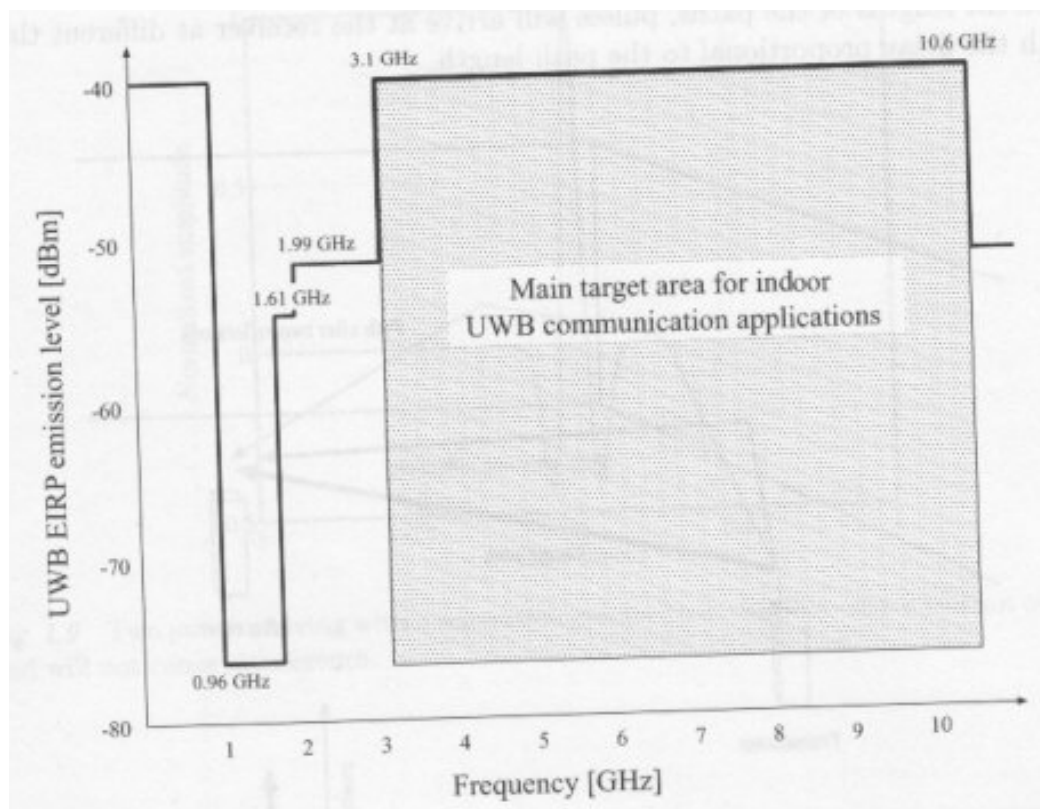
# Spektrális maszk

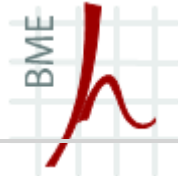
---

- Mivel az UWB széles frekvencia sávot használ (és ez a frekvenciasáv átlapolódik más rendszerekkel), ezért elkerülhetetlen, hogy az UWB ne zavarjon más rendszereket.
- Ezért az FCC spektrum maszkokat definiál, amelyek meghatározzák az egyes frekvenciasávokban kisugározható maximális teljesítmény sűrűség értékeket.
- UWB esetén: 3.1 GHz - 10.6 GHz max -41.3 dBm/MHz

# Spektrális maszk

- Az egyes frekvenciasávokban kisugározható max. teljesítmények:



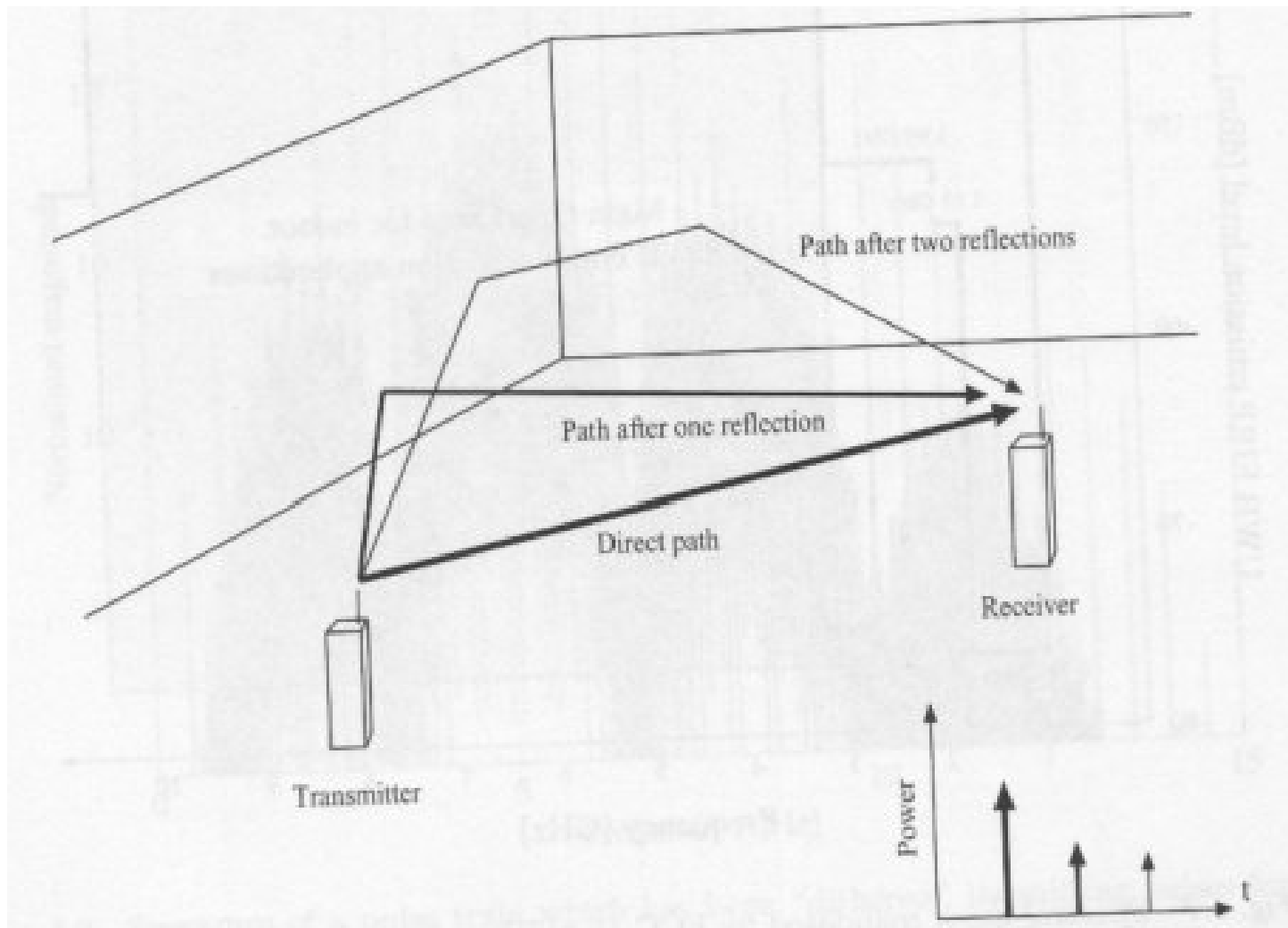


# Többutas terjedés

---

- Az UWB a többutas terjedés okozta nem kívánt hatásoknak (pl. ISI) jelentős mértékben ellenáll.
- Többutas terjedés: a jel a direkt terjedési útvonalon kívül más útvonalakon is eljut a vevőbe, azaz ugyanaz a jel a megtett útvonal hosszától függően különböző késleltetésekkel érkezik a vevőbe.

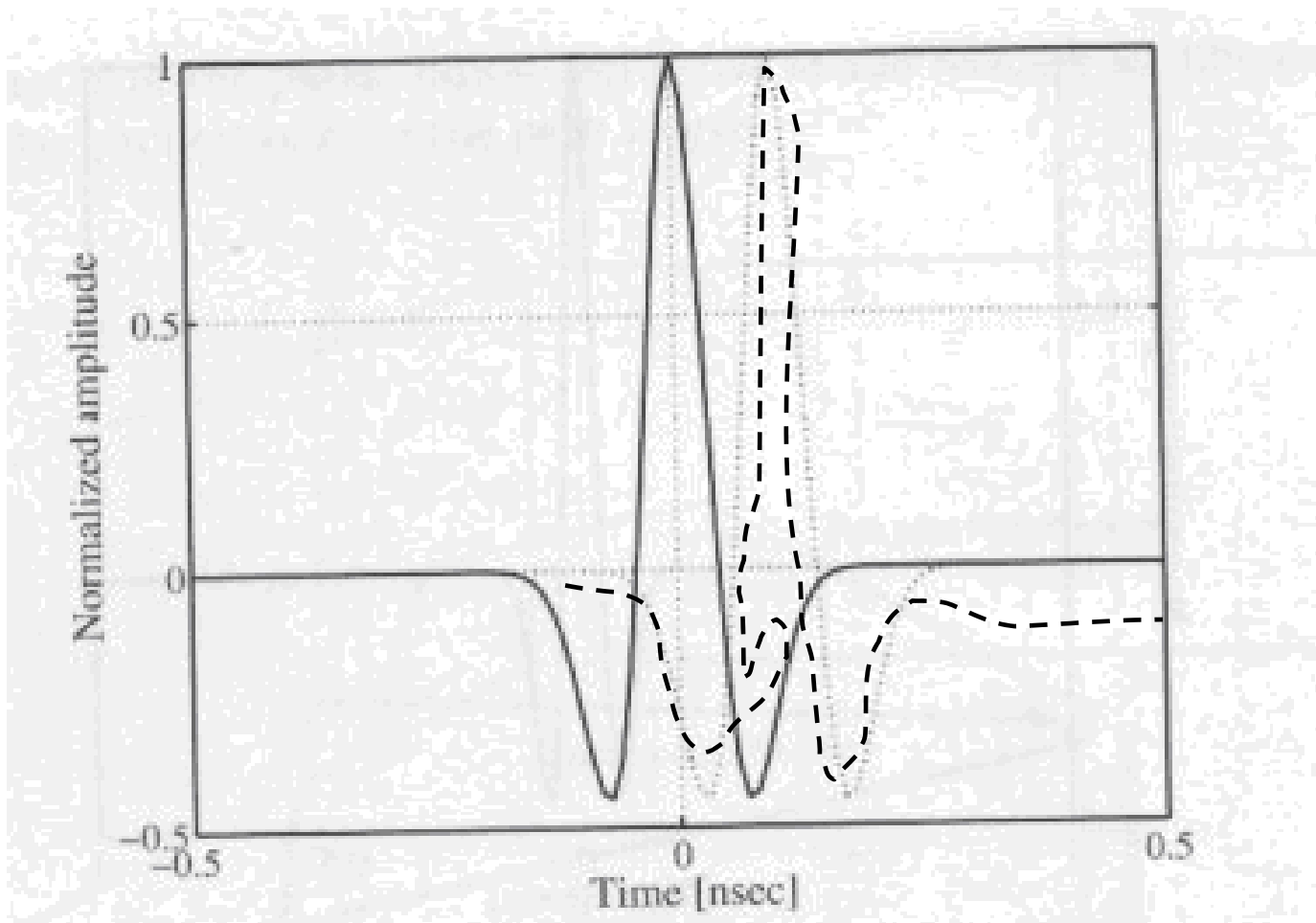
# Többutas terjedés



- ISI akkor jelentkezik, amikor valamelyik mellékútvonalon haladó impulzus pont akkor érkezik a vevőbe, amikor a következő, a fő terjedési útvonalon érkező is.
- Az UWB impulzusok rövidsége miatt annak az esélye, hogy a mellék útvonalakon érkező impulzusok a fő terjedési útvonalon érkező impulzusokkal átlapolódjanak nagyon kicsi.
- Ha nincs átlapolódás akkor a nem kívánt impulzusok időtartományban kiszűrhetők.

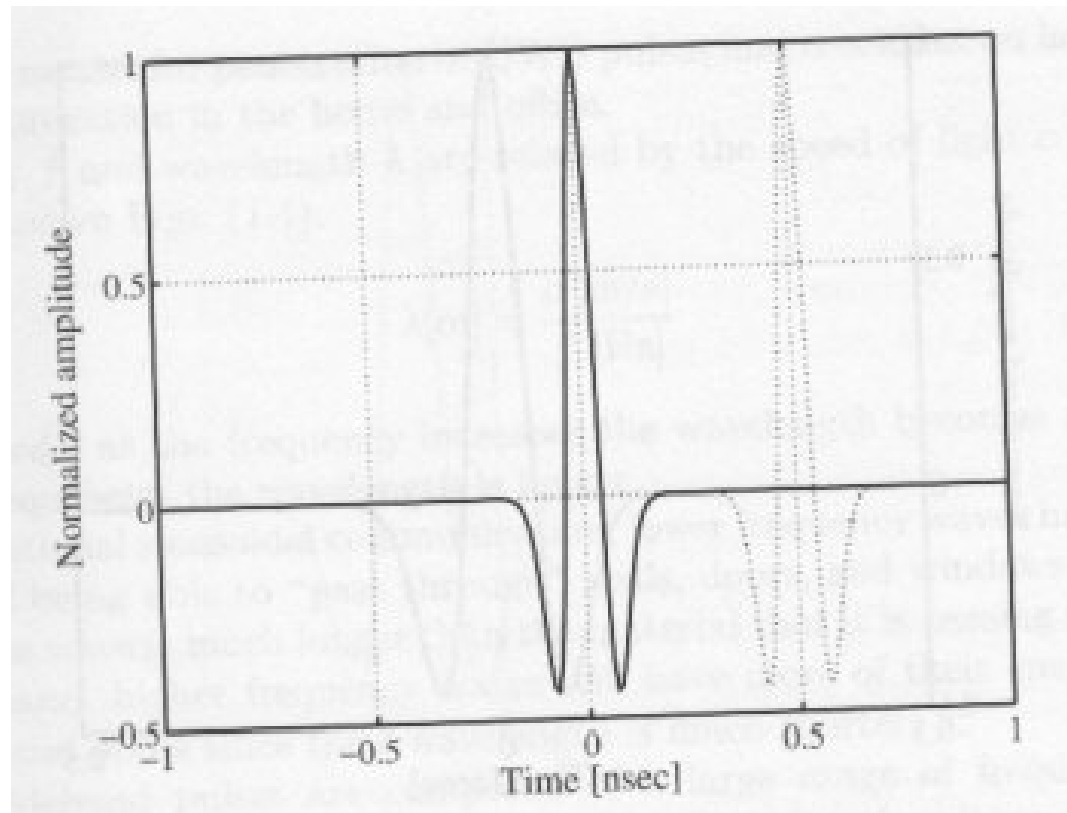
- Két lehetőség van az ISI csökkentésére:
  - csökkentjük az impulzusok időtartamát
  - növeljük az impulzusok közötti időtartamot
- Ha az impulzusok közötti időtartam nagyobb, mint az az idő, ami a leghosszabb terjedési útvonalon terjedő impulzusnak kell, hogy a vevőbe érjen, akkor a többutas terjedés hatásai teljes mértékben kiküszöbölhetők.

- Átlapolódásos eset:

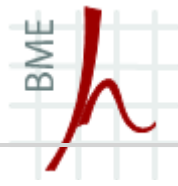


# Többutas terjedés

- Átlapolódás mentes eset:







# Spektrális és területi hatékonyság

---

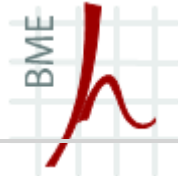
- Spektrális hatékonyság: azt mutatja meg, hogy adott sávszélességet használva, milyen átviteli sebesség érhető el. [bps/Hz]
- Területi hatékonyság: azt mutatja meg, hogy egy rendszernek mekkora a maximális adatátviteli sebessége azon a távolságon belül, amelyben a rendszer adni képes. [bps/m<sup>2</sup>]

# Spektrális és területi hatékonyság

- Az UWB és más rendszerek spektrális és területi hatékonysága:

System name	Maximum data rate [Mbps]	Transmission distance [m]	Spatial capacity [kbps/m <sup>2</sup> ]	Spectral capacity [bps/Hz]
UWB	100	10	318.3	0.013
IEEE 802.11a	54	50	6.9	2.7
Bluetooth	1	10	3.2	0.012
IEEE 802.11b	11	100	0.350	0.1317

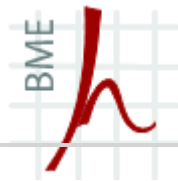
- UWB spektrális hatékonysága a meglévő rendszerekhez képest kicsi, azonban a területi hatékonysága nagyon nagy.



# Adatátviteli sebesség

---

- Tipikus adatátviteli sebesség: 100 - 500 Mbps (~vezetékes Ethernet vagy az USB sebessége)
- Három szabványos adatátviteli sebesség létezik:
  - 110 Mbps 10 m-es minimális távolság esetén
  - 200 Mbps 4 m-es
  - 480 Mbps, ha kisebb



# Adatátviteli sebesség

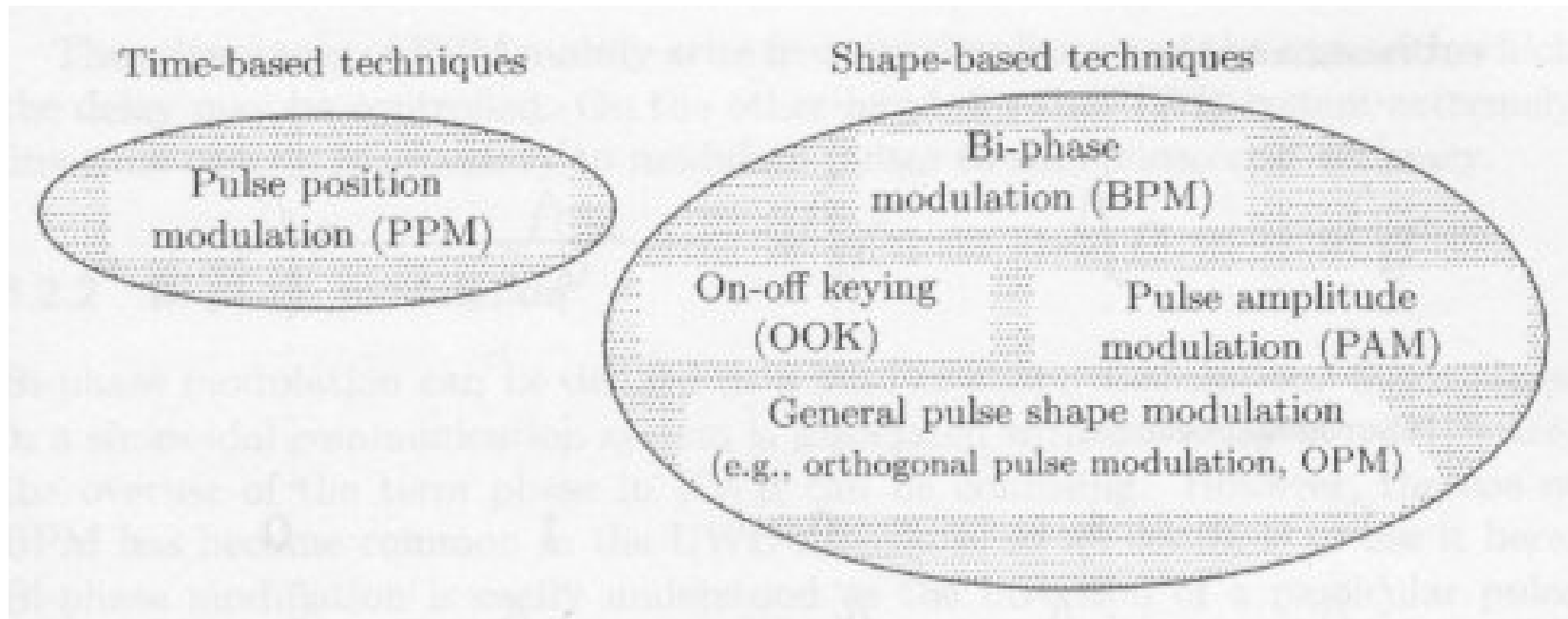
- Az UWB és más rendszerek adatátviteli sebessége:

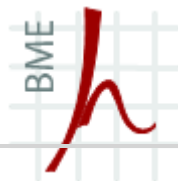
Speed (Mbits/second)	Standard
480	UWB, USB 2.0
200	UWB (4 m minimum), 1394a (4.5 m)
110	UWB (10 m minimum)
90	Fast Ethernet
54	802.11a
20	802.11g
11	802.11b
10	Ethernet
1	Bluetooth

- Egyszerű esetben egy UWB adó egy impulzusgenerátorból, egy időzítő-áramkörből és egy antennából áll =>
- alacsony fogyasztás
- kis méret
- alacsony ár.

# UWB modulációs technikák

- UWB modulációs technikák:
  - time-based (idő-alapú)
  - shape-based (jelforma-alapú)

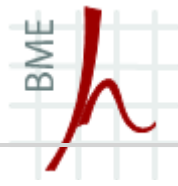




# UWB modulációs technikák (time-based)

---

- PPM (pulse position modulation):
- Lényege, hogy az UWB impulzusokat adott egyenlőközű időintervallumokhoz képest korábban, vagy késleltetve küldjük.
- Ha  $m$  lehetséges késleltetés értéket definiálunk, akkor  $m$ -áris ( $m$ -ary) rendszert kapunk.
- Előny: egyszerűség
- Hátrány: az impulzusok nanoszekundum pontosságú előállítás.



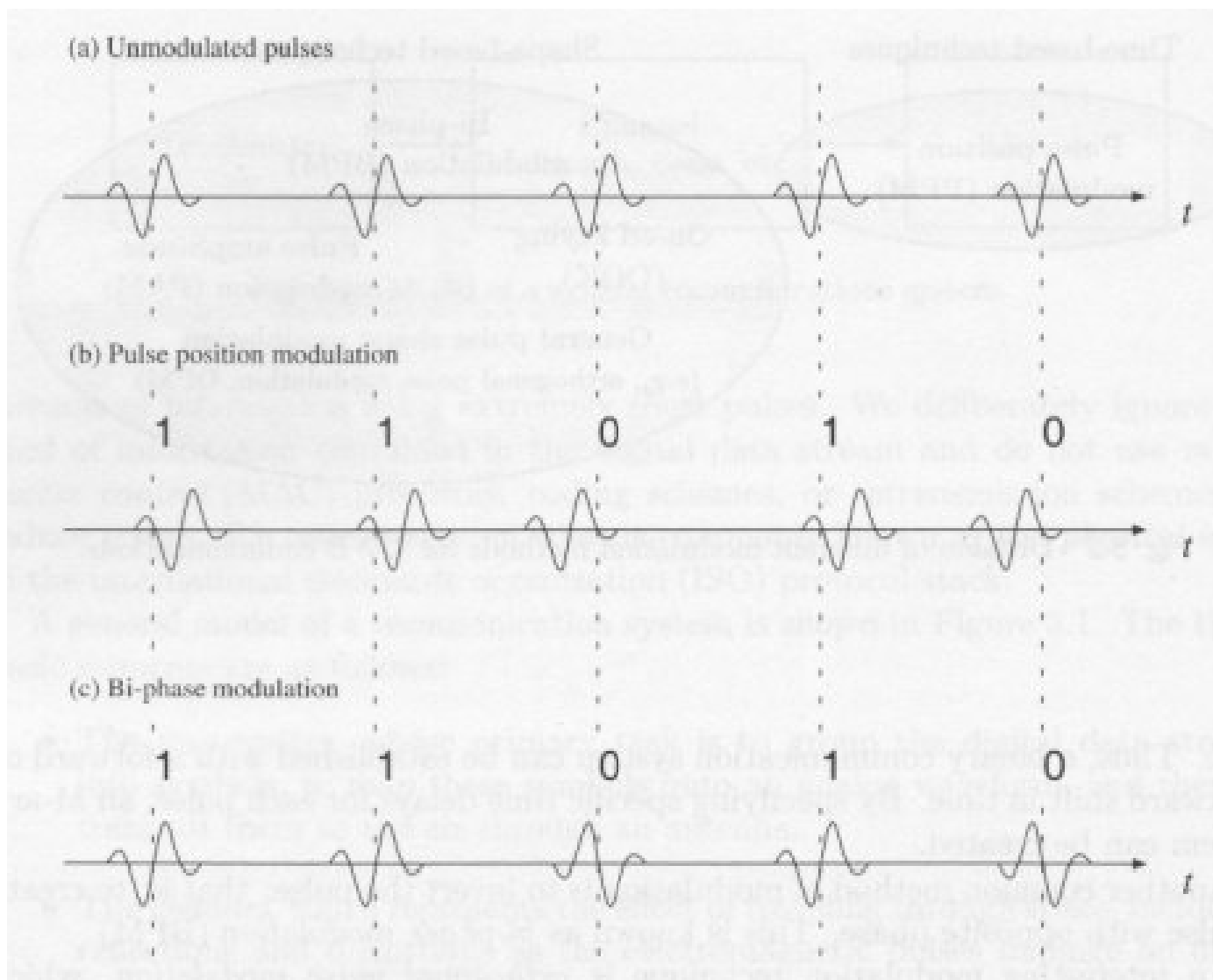
# UWB modulációs technikák (shape-based)

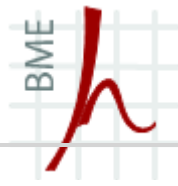
---

- BPM (bi phase modulation):
- Információtovábbítás: ellenfázisú impulzusokkal



# PPM és BPM

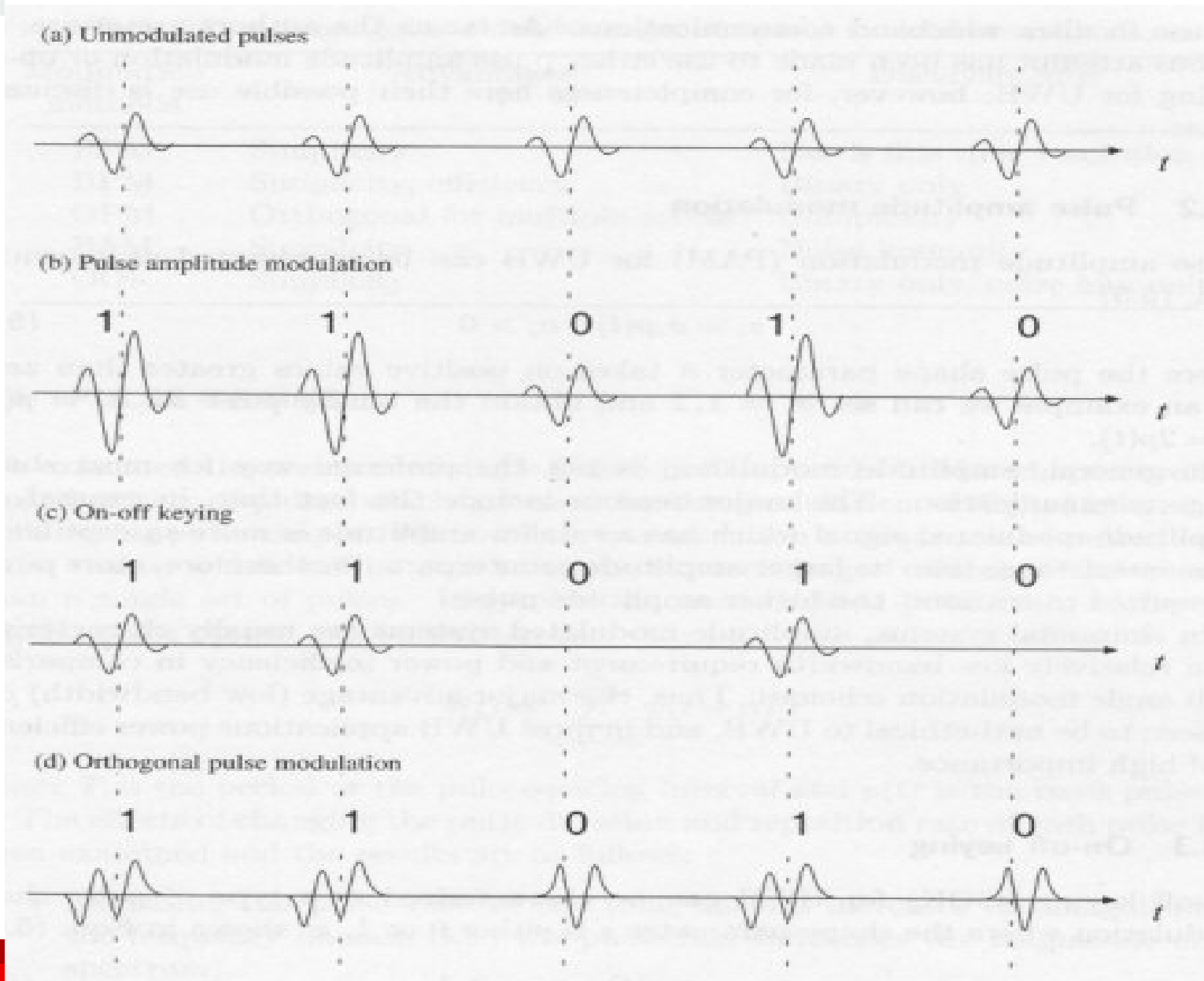


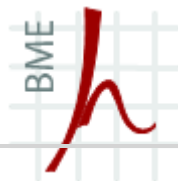


# További (kevésbé gyakori modulációs technikák)

- PAM (pulse amplitude modulation): az információ az impulzus amplitúdója hordozza.
- OOK (On-off keying): az impulzus megléte az "1"-et, hiánya pedig a "0"-t jelenti.
- OPM (orthogonal phase modulation): az információt orthogonális jelekkel visszük át.

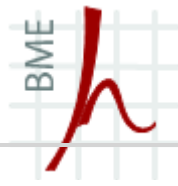
# Egyéb modulációs technikák





# Modulációs technikák összehasonlítása

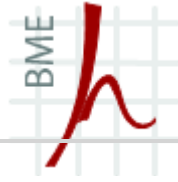
Modulation methods	Advantages	Disadvantages
PPM	Simplicity	Needs fine time resolution
BPM	Simplicity, efficiency	Binary only
OPM	Orthogonal for multiple access	Complexity
PAM	Simplicity	Noise immunity
OOK	Simplicity	Binary only, noise immunity



# UWB CDMA

---

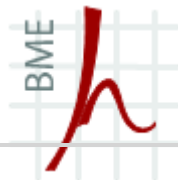
- Ha az UWB impulzusok késleltetése a fix időponthoz képest csak előjelében változik (pl. a PPM esetében), akkor a spektrumban nem kívánt csúcsok jelennek meg, ami interferenciát okozhat más rendszerekkel.
- Egy lehetséges megoldás: dither használata (random késleltetés), így az egyenlő időközű impulzus-generálás okozta csúcsok eltűnnek vagy csökkennek.
- Hátránya: a vevő nagyon bonyolult felépítésű lesz, mivel nem ismeri az egyes impulzusok késleltetésének értékét.



# UWB CDMA

---

- Jobb megoldás:
- Az impulzusokhoz nem véletlen, hanem pseudo-véletlen késleltetést adunk, amelyeket a vevő ismer. (pseudo-véletlen (PN - pseudo random noise) kódolás).
- További előnyök:
  - Ha minden felhasználóhoz egyedi PN kódot rendelünk, akkor ezzel egy kódosztásos többszörös közeg hozzáférési technikát (CDMA) valósítottunk meg.
  - a PN kódok alkalmazása esetén az átviendő jel más felhasználók számára fehér-zajnak tűnik, így detektálni sem tudják.



# Többszörös közeghozzáférés UWB rendszerekben

- FDMA: a teljes rendelkezésre álló frekvenciasávot részekre osztják, és ezekben a rész sávokban - amelyek még mindig elég nagyok - valósítják meg a kommunikációt olyan impulzusok használatával, melyek sávszélessége belefér az egyes rész sávokba.
  - Megoldása speciális impulzusokkal, nem elterjedt
- TDMA: nehézség: felhasználóknak egymással szinkronban kell lenniük.
  - Szinkronizáció megoldható egy központi egységhez szinkronizálással
  - Timing advance problémája jelentős, megoldható, de nagyon pontosnak kell lenni
- CDMA: UWB rendszerekben a legjobb megoldás (ld. Előző fóliák)