Miskolci Egyetem **2018/19 tanév**
Gépészmérnöki és Informatikai Kar **II. félév**
Automatizálási és Infokommunikációs Intézet

Kommunikáció elmélet c. tantárgy (GEVAU506B)
előadásának és gyakorlatának ütemterve

Tárgynév:	**Kommunikáció elmélet**		
Rövid név:	Komelm.	*Kód*	**GEVAU506B**
Angol név:	Communication Theory		
Intézet:	Automatizálási és Infokommunikációs Intézet		
Tárgyfelelős:	Dr. Czap László egy. docens (e-mail: czap@uni-miskolc.hu)		
Előtanulmányok:	nincs		
Kredit:	5	*Követelmény:*	kollokvium
Heti óraszámok	*Előadás: 2*	*Gyakorlat: 2*	
Oktatási cél:	Az analóg és digitális hírközlés alapjainak megismerése.		
Tárgy tartalom:	Jelek értelmezése, leírása, csoportosítása. Folytonos és diszkrét jelek. Jelek leírása az időtartományban. Statisztikus és időátlagok, autókorrelációs függvény. Fourier transzformáció, a jelek jellemzése a frekvencia tartományban. Mintavételezés, kvantálás, kódolás. DFT. Kódolás, kódtípusok, hibafelismerő és hibajavító kódok, Viterbi algoritmus. Adatátviteli alapfogalmak. Szimplex, félduplex, duplex kapcsolat. Analóg és digitális moduláció. A digitális jelfeldolgozás alapjai. Szabályozott szimbólumközi áthallás. OFDM		
Kötelező irodalom:	1. *Ajtonyi I: Automatizálási és kommunikációs rendszerek. Miskolci Egyetemi kiadó, 2003.* 2. *Ferenczy Pál: Kommunikációs eszközök. LSI Kiadó* 3. *Proakis, Salehi: Digital Communications, ISBN-13: 978-0072957167*		
Ajánlott irodalom:	1. *Géher Károly: Híradástechnika. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1993.* 2. *Couch: Digital & Analog Communication Systems, ISBN-10: 0132915383*		
Jellemző oktatási módok			
Oktatási nyelv:	magyar		
Előadás:	tábla, számítógép, projektor		
Gyakorlat:	számítógép, projektor		
Évközi feladatok, zárthelyik:	Gyakorlatokon írásbeli számonkérés és jegyzőkönyv leadása. Aláírás feltétele: 20 pont elérése a gyakorlaton.		
Lezárási feltételek:	A Tanulmányi és Vizsgaszabályzat szerint. Az Előadások látogatása, a gyakorlatokon való aktív részvétel. Szóbeli vizsga. A szóbeli vizsga értékeléshez meghatározott határok: 0-40% elégtelen, 41-55% elégséges, 56-70% közepes, 71-85% jó, 86-100% jeles.		

Előadás és gyakorlat ütemterve (a gyakorlatok az előadások ütemtervét követik, használt szoftverek: MATLAB, LabVIEW, feladatkiadás: 5. alkalmon, írásbeli számonkérése: 10. alkalmon, pótlási lehetőség: 14. alkalmon):

1. alkalom	A távközlés története, mérföldkövei, bevezetés, alapok.

2. alkalom	Rádiófrekvenciás jelek terjedése.
3. alkalom	Jelek értelmezése, leírása, csoportosítása.
4. alkalom	Folytonos és diszkrét idejű jelek. Jelek leírása az időtartományban.
5. alkalom	Statisztikus és időátlagok, autókorrelációs függvény.
6. alkalom	Fourier transzformáció, a jelek jellemzése a frekvencia tartományban
7. alkalom	Mintavételezés, kvantálás, kódolás.
8. alkalom	Diszkrét Fourier transzformáció
9. alkalom	PCM, DPCM, DM, időosztásos multiplex
10. alkalom	Analóg modulációk: AM, FM, PM, frekvenciaosztásos multiplex
11. alkalom	Digitális modulációk: ASK, FSK, PSK, QPSK, QAM
12. alkalom	OFDM
13. alkalom	Kódolás, kódtípusok, hibafelismerő és hibajavító kódok, Viterbi algoritmus.
14. alkalom	Szabályozott szimbólumközi áthallás (ISI)

Miskolc, 2019. február 09.

Dr. Trohák Attila
intézetigazgató, egyetemi docens

Dr. Czap László
egyetemi docens, tárgyjegyző

MINTA VIZSGAKÉRDÉSEK MEGOLDÁSAL

---

1. Fourier sor

A Fourier sor adja meg, hogy a periodikus jel milyen harmonikus összetevők összegeként írható fel. A Fourier sor többféle formában adható meg.

a., Ha a szinuszos és koszinuszos tagokat külön együtthatók képviselik:

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos(k\omega_0 t) + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin(k\omega_0 t)$$

, ahol $\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi / T$

Kihasználva a harmonikus függvények ortogonális tulajdonságát, meghatározhatók a Fourier együtthatók:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t)\,dt$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t)\cos(k\omega_0 t)\,dt$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t)\sin(k\omega_0 t)\,dt$$

Mivel ez a felbontás külön tünteti fel a szinuszos és koszinuszos összetevőket, ahhoz, hogy egy bizonyos frekvencián meghatározzuk a komponensek súlyát, mindkét (a_k és b_k) együtthatót meg kell vizsgálni.

b., A $k\omega_0$ körfrekvenciájú szinuszos és koszinuszos összetevők összevonhatók egyetlen, megfelelő fázisú harmonikus jellé.

$$f(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_0 t + \phi_k)$$

Ebben az írásmódban a komponenseket amplitúdójukkal és fázisukkal jellemezzük. A Fourier sor szinuszos-koszinuszos és abszolút értékű és külön fázistényezős felírása egyenértékű. Egyes jelek esetében (pl. beszédjel) a fázis jelentősége elmarad az amplitúdó fontossága mögött. Ezeknek a Fourier transzformáltja könnyebben kiértékelhető az abszolútérték-fázisos formában. A trigonometrikus azonosságok felhasználásával a kétféle írásmód együtthatói egymásba átszámíthatók. Ez egyben megadja az abszolút értékű és külön fázistényezős felírás együtthatói előállításának módját is, hiszen ezek közvetlenül nem származtathatók a jelből:

$$A_0 = a_0 \qquad A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \qquad \phi_k = -arctg\,\frac{b_k}{a_k}$$

c., Az előbbi kifejezések előnyeit egyesíti a Fourier sor komplex írásmódja, hiszen egyetlen integrállal megkaphatjuk a komplex együtthatót és tetszés szerint vizsgálhatjuk abszolút értékét, fázisát, valós vagy képzetes részét.

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \overline{C_k} e^{jk\omega_0 t}$$

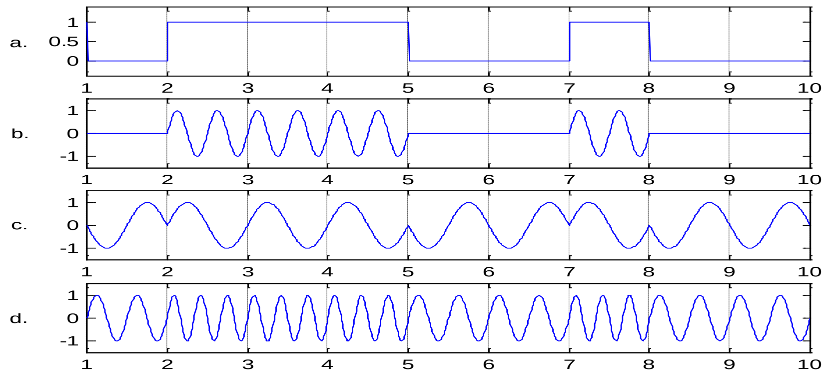
$$\overline{C_k} = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) e^{-jk\omega_0 t} dt$$

A Fourier sor komplex formája bevezeti a negatív frekvenciát, fizikai értelme azonban csak a pozitív frekvenciájú párjával együtt van. Az együtthatók nem függetlenek, a $\overline{C_{-k}}$ együttható a $\overline{C_k}$ komplex konjugáltja. A komplex együtthatók valós része páros függvény, képzetes része páratlan. A Fourier sorban szereplő konjugált párok összevonhatók:

$$\overline{C_k} e^{jk\omega_0 t} + \overline{C_{-k}} e^{-jk\omega_0 t} = \overline{C_k}\left[\cos(k\omega_0 t) + j\sin(k\omega_0 t)\right] +$$
$$+ \overline{C_{-k}}\left[\cos(k\omega_0 t) - j\sin(k\omega_0 t)\right] = 2\,\mathrm{Re}\,\overline{C_k} \cos(k\omega_0 t) - 2\,\mathrm{Im}\,\overline{C_k} \sin(k\omega_0 t)$$

2. Bináris jelek átvitele

Az analóg modulációkhoz hasonlóan a szinuszos vivőjű digitális modulációs rendszerek is a vivő amplitúdóját, fázisát vagy frekvenciáját változtatják. A digitalizálással kapott számjegyet binárisan kifejezve a modulált jel két lehetséges formája közötti billentyűzéssel továbbítjuk az információt.



Bináris modulációk bemutatása: alapsávi jel (a.),
ASK (b.), PSK (c.), FSK (d.)

Bináris amplitúdóbillentyűzés esetén a modulált jel amplitúdója két értéket vehet fel, az egyik a bináris „0”-t, a másik az „1”-et képviseli. A moduláló jeltől függően kapcsolgatunk a két amplitúdó között (ASK). Az egyik lehetséges amplitúdó gyakran nulla, vagyis ki-be kapcsoljuk a vivőt (OOK).

Kétértékű fázisbillentyűzéskor a vivőhöz viszonyítva kétféle fáziskülönbség képviseli a bináris számjegyeket. Leggyakrabban nulla illetve π a két fáziskülönbség. Ekkor a vivő jelenti az egyik jelet, a vivő mínusz egyszerese a másikat (PSK).

Bináris frekvenciabillentyűzés esetén a két lehetséges frekvenciát a vivő frekvenciájának módosításával állíthatjuk elő (FSK).

3.1. táblázat Szinuszos vivőjű bináris modulációk egy jelkiosztása

Modulációs mód	„0”	„1”
Amplitúdó billentyűzés ASK)	0	$A\cos\omega_c t$
Fázis billentyűzés (PSK)	$-A\cos\omega_c t$	$A\cos\omega_c t$
Frekvencia billentyűzés (FSK)	$A\cos(\omega_c-\omega_d)t$	$A\cos(\omega_c+\omega_d)t$

3. Szögmodulációk

Szögmoduláción olyan modulációs eljárásokat értünk, amelyeknél a szinuszos vivő fázisa hordozza az információt, amplitúdója konstans. Amikor a modulált jel fázisa arányos a moduláló jellel, **fázismoduláció**ról (PM) beszélünk. Ha a modulált jel (kör)frekvenciája - a fázis idő szerinti deriváltja - arányos a moduláló jellel, **frekvenciamodulációval** (FM) van dolgunk.

$$f_{PM} = U_v \cos(\omega_v t + k_{PM} f_m(t))$$

$$f_{FM} = U_v \cos(\omega_v t + 2\pi k_{FM} \int_0^t f_m(t)dt)$$

A k_{PM} és k_{FM} modulációs konstansok határozzák meg, hogy a moduláló jel milyen mértékben változtatja meg a vivő fázisát illetve frekvenciáját. A szögmodulációk modulált jelét együtt vizsgálhatjuk, mivel – megfelelő modulációs tényezők mellett – a moduláló jel integrálja fázismoduláció után ugyanazt a modulált jelet eredményezi, mint a frekvenciamodulált jel.

Hasonlóan, a jel deriváltját frekvenciamodulálva a jel fázismoduláltjával megegyező modulált jelet kapunk.