

Računarske mreže i mrežne tehnologije

2. termin

Fizički sloj

- **Fizički sloj** definiše mehanički odnosno električni interfejs prema mreži, kao i interfejs za sinhronizaciju
- Postoje **matematička ograničenja** koja se odnose na brzinu prenosa podataka preko konkretnog medija
- **Primeri medija** su bakarna žica, optičko vlakno, bežični zemaljski i satelitski prenos na osnovu kojih se definiše veliki broj specifičnih standarda.
- Primeri **regionalnih računarskih mreža** su fiksni telefonski sistem, sistem mobilne telefonije, kablovske televizije i akademska računarska mreža. Okosnice (*backbone*) sva tri sistema danas se realizuju optičkim vlaknom.

Furijeova analiza

- Podaci se prenose bakarnim provodnikom i to tako što se u vremenu menja neko njegovo električno svojstvo, tj. napon ili jačina struje, označena sa $f(t)$.
- Početkom 19. veka, Žan Baptist Furije je dokazao da se svaka periodična funkcija $g(t)$ periode T može razviti u zbir sinusa i kosinusa celobrojnih umnožaka ωt :

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

$$\int_0^T \sin(2\pi kft) \sin(2\pi nft) dt = \begin{cases} 0 & \text{for } k \neq n \\ T/2 & \text{for } k = n \end{cases}$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt \quad c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

- Pri izvođenju su korišćeni trigonometrijski identiteti:

$$\sin u \sin v = \frac{1}{2} [\cos(u - v) - \cos(u + v)]$$

$$\cos u \cos v = \frac{1}{2} [\cos(u - v) + \cos(u + v)]$$

$$\sin u \cos v = \frac{1}{2} [\sin(u + v) + \sin(u - v)]$$

$$\cos u \sin v = \frac{1}{2} [\sin(u + v) - \sin(u - v)]$$

- a_n i b_n su amplitude n -tog harmonika
- Na ovaj način, izvršena je analiza bilo kog signala, **čak i onih ograničenog trajanja**, pod uslovom da se izvrši periodična ekstenzija
- Signal pri prenosu treba posmatrati kao **superpoziciju harmonika** različitih frekvencija

Primer Furijeove analize

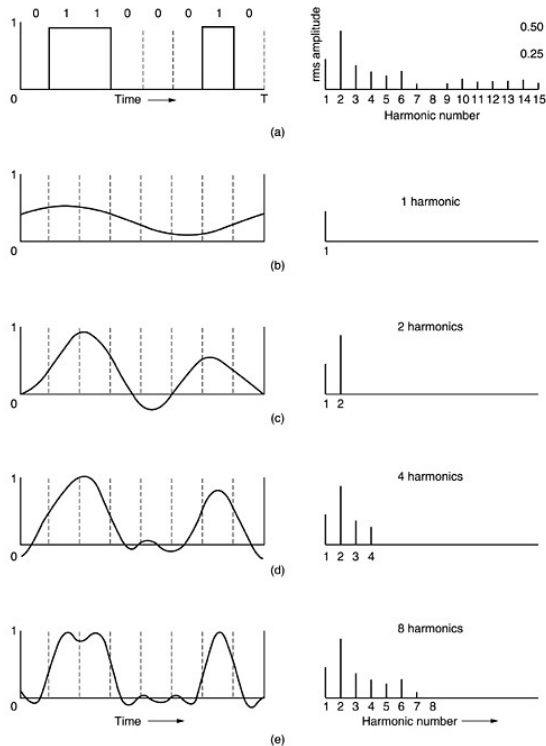
- Slovo "b" kodirano pomoću 8 bitova u ASCII je 01100010. Furijeovi koeficijenti su:

$$a_n = \frac{1}{\pi n} [\cos(\pi n/4) - \cos(3\pi n/4) + \cos(6\pi n/4) - \cos(7\pi n/4)]$$

$$b_n = \frac{1}{\pi n} [\sin(3\pi n/4) - \sin(\pi n/4) + \sin(7\pi n/4) - \sin(6\pi n/4)]$$

$$c = 3/4$$

- Evo kako izgleda originalni signal i signal reprodukovano Furijeovom analizom sa varijabilnim brojem harmonika:



- Simulator: http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Fourier_Making_Waves
- Nema fizičkog medijuma koji signale prenosi bez gubitaka.** Najveći problem je što različiti harmonici (komponente) nejednako slabe. Amplitude se obično prenose bez slabljenja od nule do neke frekvencije f_c . Opseg frekvencija koje se prenose bez većeg slabljenja zove se **propusni opseg**.
- Telefonska linija propušta 1MHz, ali je granica postavljena na 3100Hz, tako da je propusni opseg standardne govorne telefonske linije oko 3.1 kHz.
- Pri brzini od b (b/s) vreme da se pošalje 8 bitova iznosi $T=8/b$ sekundi, a prema tome je frekvencija prvog harmonika $f=1/T=b/8$ Hz. Dakle, broj najvišeg harmonika propuštenog kroz telefonsku liniju je $3000/(b/8)=24000/b$:

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

- Binarni signali se ne prenose direktno već se u modemima izvršava fazna/amplitudna

modulacija/demodulacija.

Najveća brzina prenosa kroz kanal (Nikvistova i Šanonova teorema)

- U slučaju prenosa proizvoljnog signala kroz filter opsega H , **Nikvist** je 1924. godine dokazao da se uzorkovani binarni signal može potpuno rekonstruisati ako se uzorkuje frekvencijom $2H$. Brže uzorkovanje (*sampling*) nema smisla jer su viši harmonici već uklonjeni filtriranjem. U slučaju V diskretnih nivoa signala:

$$v_{max} [\text{bps}] = 2 H \log_2 V$$

- Npr. binarni signal se kroz bešumni kanal opsega 3kHz može prenositi brzinom od maksimalno 6kbps.
- Drugi primer važenja Nikvistove teoreme je digitalno snimanje zvuka (samo 2 nivoa signala) na CD medij. Pošto se zvuk koji čuje ljudsko uho nalazi u granicama 20Hz-20kHz, dovoljno je da se uzima nešto preko 40000 odbiraka u sekundi. Audio CD standard ovu vrednost postavlja na 44.1 kHz.
- Ako je prisutan i šum (a kod realnih medija svakako jeste), ulogu igra i **odnos signal/šum**. Ako se snaga signala označi sa S , a šuma sa N , taj odnos se može izraziti kao S/N , kao i logaritamski preko **decibela** kao jedinice mere:

$$ratio [dB] = 10 \log_{10} \frac{S}{N}$$

- **Šanonova jednačina** daje maksimalnu brzinu prenosa kroz kanal propusnog opsega H Hz i odnosa signala i šuma S/N :

$$v_{max} [\text{bps}] = H \log_2(1+S/N)$$

- Npr. kod **tipičnog analognog telefonskog sistema**, $H=3000\text{Hz}$, dok je odnos signala i šuma 30dB. Dobija se da je maksimalna brzina prenosa oko 30kbps.