

7. Kanalikiht II

Side IRT3930

Ivo Mürsepp

CSMA/CD

- Kuula, kas keegi teine edastab (meedium vaba ?).
- Kui meedium on vaba, siis edasta kaader.
- Kui meedium ei ole vaba, siis kuula edasi. Alusta kaadri edastamist niipea kui meedium vabaneb. Kuulamist jätkatakse ka edastamise ajal.
- Kui tuvastatakse kokkupõrge (*collision*) siis edasta lühikene teavitussignaali (*jamming*) ja lõpeta seejärel edastus.
- Oota juhuslikult valitud aja (*backoff*) jooksul ja seejärel alusta uuesti esimesest punktist.

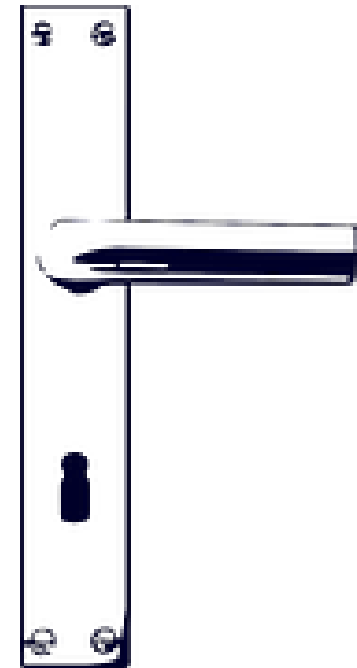
Meediapöördus raadiovõrgus

- Peidetud sõlme probleem
 - *Hidden node probleem*
 - Lahendus: pollimine, token
- Avaliku sõlme probleem
 - *Exposed node probleem*
 - Lahendus: RTS/CTS mehhanism



Loogilise ühenduse kiht *LLC*

- Liides kõrgema kihi protokollide jaoks. Andmete multipleksimine (*LSAP*).
- Voo juhtimine (*Stop-and-Wait, Sliding-Window*).
- Vigade tuvastus ja parandamine (*ARQ, FEC*).



Vookontroll RS-232 näitel

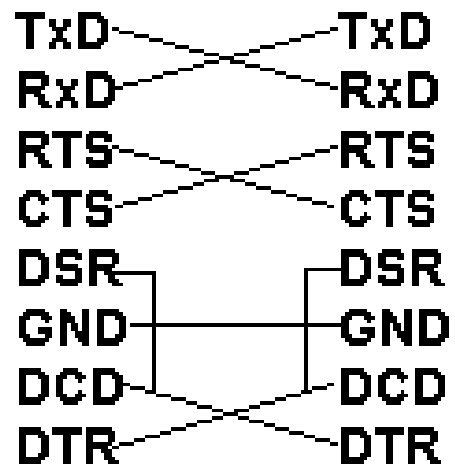
- Tarkvaraline
 - *Xon/Xoff*
 - *In-band*
 - Kasutatakse kahte ASCII sümbolit:
 - *Xoff*: peata edastus – 0x13 (CNTRL + S)
 - *Xon*: jätku edastamist – 0x11 (CNTRL + Q)
- Riistvaraline
 - RTS/CTS
 - Eraldi ühendused kontrollsignaalide jaoks (*out-of-band*)



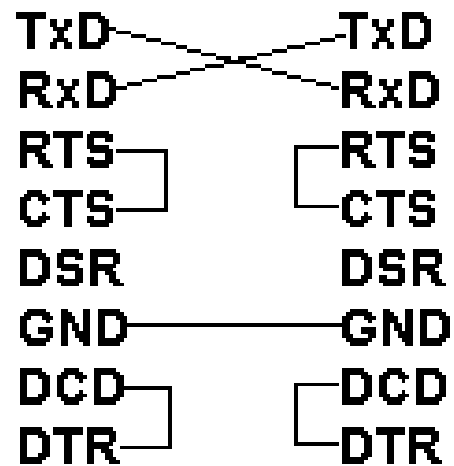
Riistvaraline vookontroll

Nr	Lühend	Tähendus	Selgitus
1	CD	<i>Carrier Detect</i>	Modemid on omavahel ühendatud
2	Rx	<i>Receive</i>	Sisend vastuvõetavate andmete jaoks
3	Tx	<i>Transmit</i>	Väljund edastatavatele andmetele
4	DTR	<i>Data Terminal Ready</i>	Arvuti (DTE) on sideks valmis
5	GND	<i>Ground</i>	Maa
6	DSR	<i>Data Set Ready</i>	Modem (DCE) on sideks valmis
7	RTS	<i>Request To Send</i>	Arvuti (DTE) soovib edastada
8	CTS	<i>Clear To Send</i>	Modem (DCE) on valmis andmeid vastu võtma
9	RI	<i>Ring Indicator</i>	Sissetulev „kõne“

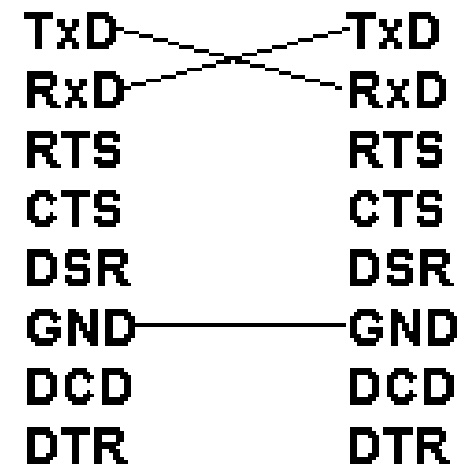
Nullmodem



Full Handshake
Null Modem

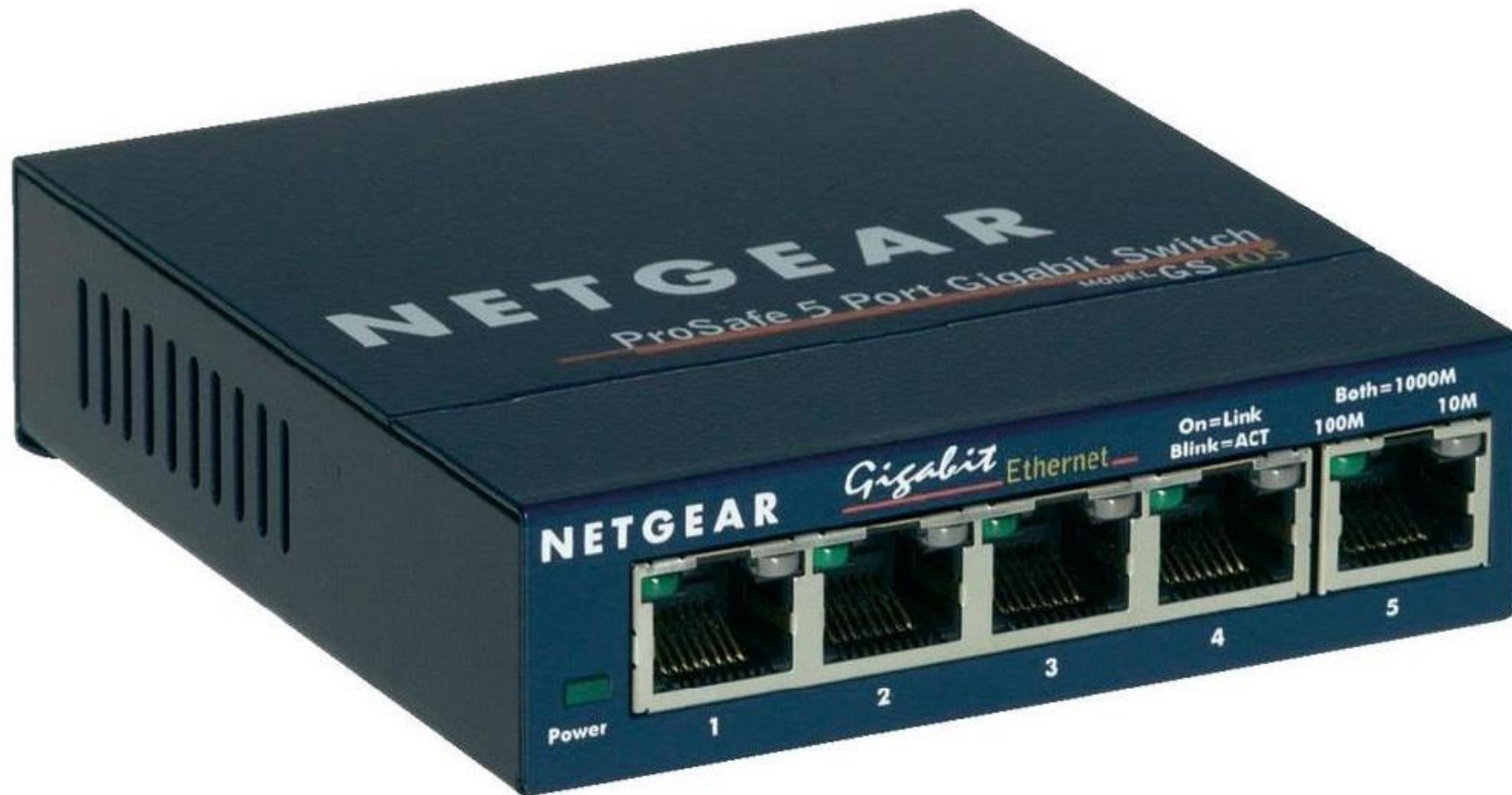


No Handshake
Null Modem



Simple 3-Wire
Connection

Kanalikihi seadmed



Vigu parandavad koodid

- FEC – *Forward Error Correction*
- Saavutatakse kontrollitud liiasuse lisamisega.
- Hammingi koodid
 - Kolmkeordselt kordav kood - Hamming (3,1)
 - Hamming (7,4)
- Reed-Solomoni koodid
 - CD, DVB, WiMAX, QR
- BCH koodid
- Konvolutsioonilised koodid
- Võrekoodid
 - Viterbi algoritm.
- Turbokoodid
 - 3G/4G mobiil, kosmoseside
- LDPC koodid (Gallageri koodid)



Mõisted

- Hammingi kaal
 - Koodsõna \mathbf{c} Hammingi kaaluks $w\{\mathbf{c}\}$ nimetatakse tema mittenulliste koordinaatide arvu.
- Hammingi kaugus
 - Kahe koodsõna \mathbf{c}_i ja \mathbf{c}_j vaheliseks kauguseks nimetatakse nende koordinaatide arvu, milles nad üksteisest erinevad. $h = d\{\mathbf{c}_i, \mathbf{c}_j\} = w\{\mathbf{c}_i \oplus \mathbf{c}_j\}$
- Minimaalne kaugus
 - Koodi \mathbf{C} minimaalseks kauguseks h_{min} nimetatakse kahe erineva koodsõna vähimat kaugust.

$$h_{min} = d\{\mathbf{c}_i, \mathbf{c}_j\} \quad i \neq j$$

Hammingi kood

- Lineaarne binaarne plokk-kood minimaalse kaugusega $h_{min} = 3$.
- Iga täisarvu $r \geq 2$ korral on ploki pikkus $n = 2^r - 1$, millest informatsiooni kannab $k = 2^r - r - 1$ bitti ja ülejäänud on paarsusbitid.
- Koodi kiiruseks (*code rate*) nimetatakse informatsiooni edastavate bittide arvu k suhet kogu ploki pikkusesse n .

$$R = k/n$$

- Hammingi koodi kiirus

$$R = 1 - r/(2^r - 1)$$

- Suudab parandada ühekordseid bitivigu.

Hamming (7,4)

$$r = 3$$

$$n = 7$$

$$k = 4$$

$$R = 4/7 \approx 0,57$$

Biti nr		7	6	5	4	3	2	1
Biti sisu		$d7$	$d6$	$d5$	$p4$	$d3$	$p2$	$p1$
	$p4$	x	x	x	x			
	$p2$	x	x			x	x	
	$p1$	x		x		x		x

$$p4 = d7 + d6 + d5$$

$$p2 = d7 + d6 + d3$$

$$p1 = d7 + d5 + d3$$

Sõnum: 1101

$$p4 = d7 + d6 + d5 = 1+1+0 = 0$$

$$p2 = d7 + d6 + d3 = 1+1+1 = 1$$

$$p1 = d7 + d5 + d3 = 1+0+1 = 0$$

Koodsõna: 1100110

Hamming (7,4)

Sõnum: 1101

Koodsõna **c**: 1100110

Veavektor **e**: 0010000

Vigane koodsõna: 1110110

Sündroom:

$$A = p4 + d7 + d6 + d5 = 0+1+1+1 = 1$$

$$B = p2 + d7 + d6 + d3 = 1+1+1+1 = 0$$

$$C = p1 + d7 + d5 + d3 = 0+1+1+1 = 1$$

Leiame sündroomi **s**:

$$A = p4 + d7 + d6 + d5 = 0+1+1+1 = 1$$

$$B = p2 + d7 + d6 + d3 = 1+1+1+1 = 0$$

$$C = p1 + d7 + d5 + d3 = 0+1+1+1 = 1$$

$$\text{Sündroom: } s = 101_2 = 5$$

Bitt numbriga 5 ehk *d5* on vigane!

Parandatud koodsõna: 1100110

Hamming (7,4)

- Genereeriv matriks

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{c} = \mathbf{dG}$$

- Süstemaatiline kood

$$\mathbf{G} = [\mathbf{I} | \mathbf{A}] = \left[\begin{array}{cccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \right]$$

Paarsuskontrolli maatriks

- Saadakse genereeriva maatriksi teisendamisel

$$\mathbf{H} = [\mathbf{A}^T | \mathbf{I}] = \left[\begin{array}{cccc|ccc} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

- Sündroom leitakse

$$\mathbf{s} = \mathbf{H}\mathbf{c}^T$$

Hamming (7,4) – lubatud koodsõnad

sõnum	koodsõna	sõnum	koodsõna
0000	0000000	1000	
0001	0000111	1001	
0010	0011001	1010	
0011	0011110	1011	
0100		1100	
0101		1101	1100110
0110		1110	
0111		1111	

- Koodsõna on seitsmebitine, võimalike koodsõnade arv seega $2^7 = 128$
- Lubatud koodsõnu ainult 16
- Kasutusel ainult iga kaheksas

Harjutusülesanded

- Kuupsatelliidiga side pidamiseks kasutatakse *stop-and-wait* vookontrolli. Andmedastuskiirus on 9600 bit/s, vahemaa satelliidist maajaamani muutub 3200-400 km. Andmepaketi pikkus on 256 baiti ja kinnituse oma 4 baiti. Millisesse vahemikku jääb keskmine andmedastuskiirus? Lihtsuse mõttes eeldame, et kanalis vigu ja lisaviiteid ei teki.
- Kodeeri Hammingi (7,4) koodi kasutades sõnum **d** = 1001.
- Vastu võeti koodsõna **c** = 1011110, milline oli edastatud sõnum **d**?
- Täida slaidil 16 toodud lubatud koodsõnade tabel lõpuni.

Lisaks lugeda

- Columbia University. **Serial Port and Modem Cables.**
<http://www.columbia.edu/kermit/cable.html>, 15.10.17
- **Hamming Codes – How it Works.**
<https://www.gaussianwaves.com/2008/05/hamming-codes-how-it-works/>,
15.10.17