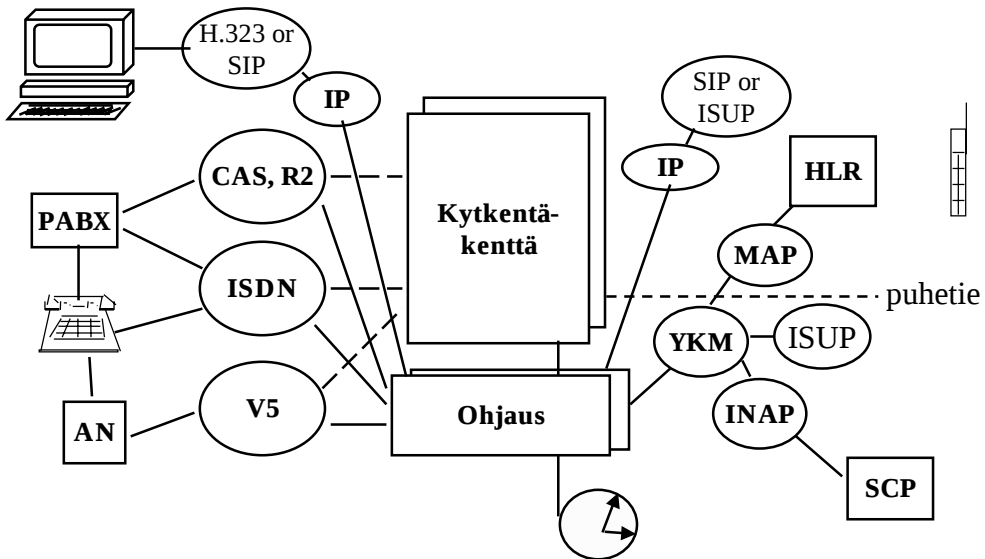


Televerkon synkronointi

ITU-T:n suositukset
G.810, G.811, G.812, G.823

Kurssin kuva välitysjärjestelmästä



Ajastuksen tarkkuus

- ✓ **UTC - Universal Time Coordinated: virhe on luokkaa 10^{-13}**
- ✓ **Televerkon Primaari Referenssikellon (PRC) tarkkuus 10^{-11}**
- ✓ **Taajuusepäätarkkuus jaetaan**
 - Jitter (värinä): lyhytaikaiset (yli 10 Hz) muutokset
 - Wander(vaeltelu): alle 10 Hz muutokset
 - pitkäaikainen taajuuspoikkeama

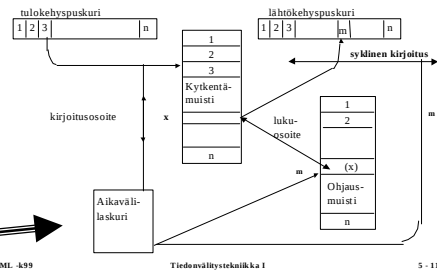
Ajastuspoikkeamien vaikutukset

- ✓ **regeneroinnissa bittivirheitä**
- ✓ **analogisten signaalien laatu heikkenee**
- ✓ **luiskahduksia**
 - PCM signaalissa toistetaan tai menetetään kehys

Synkronointisignaalien käyttö keskuksessa

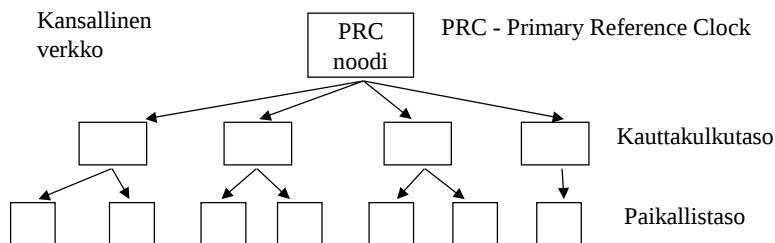
- ✓ Kytäkentän synkronointi tuleviin ja lähteviin PCM-signaaleihin.
- ✓ Sisäisen tiedonsiirron kytäkenttäliitännöiden synkronointi kytäkentän nopeuteen.

Aikaporras - sarjakirjoitus-osoiteluku



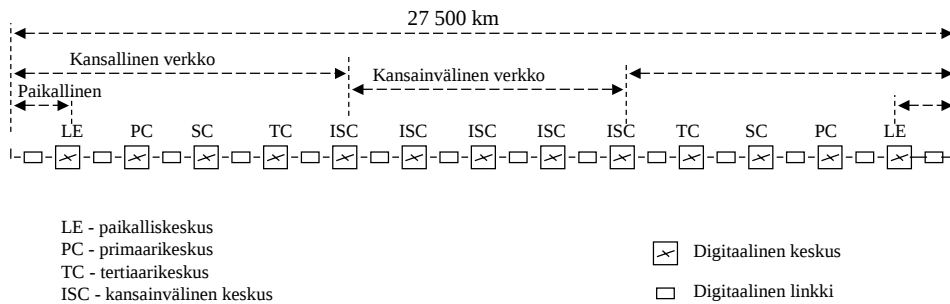
Ajastuspoikkeamien ja niiden vaikutusten vähentämiseksi

- ✓ televerkon solmut on kytketty synkronointiverkkoon
- ✓ luiskahdukset suoritetaan kontrolloidusti



Synkronointiverkko on useimmiten hierarkinen. Myös kellojen keskinäisestä synkronoinnista puhutaan suosituksissa (ITU-T G.811).

Hypoteettinen referenssiyhteys



**Päästä päähän ajastusvaatimuksia tarkastellaan referenssiyhteyttä vasten.
Yhteysvälikohtaiset ajastusvirheet summautuvat päästä päähän yhteydellä.**

Synkronoimalla kansalliset verkot molemmissa päissä ajastusvirheitä vähennetään plesiochroniseen toimintaan verrattuna.

Kansainväliset yhteydet ovat useimmiten plesiochronisia.

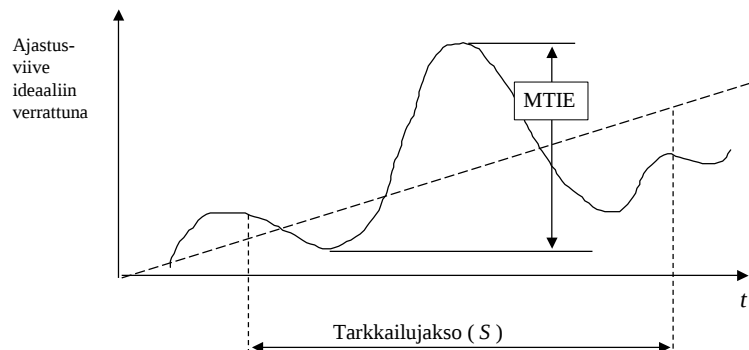
Verkot voivat olla

- ✓ Täysin synkronoituja
- ✓ Plesiochronisia
- ✓ Sekaverkkoja
 - koostuvat synkronoiduista osaverkoista

Plesiochroninen = kaksi solmua toimivat ajatuksellisesti kumpikin omien kellojensa varassa.

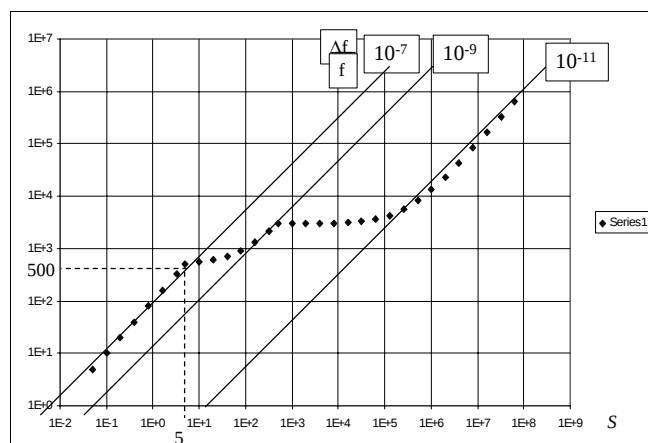
MTIE - maximum time interval error

- ✓ ajastussignaalin viiveen huipusta huippuun vaihtelun maksimi tarkkailujakson aikana vrt. ideaaliseen ajastukseen



PRC:n suurin sallittu ajastusvirhe

MTIE ns



Kuinka usein luiskahtaa

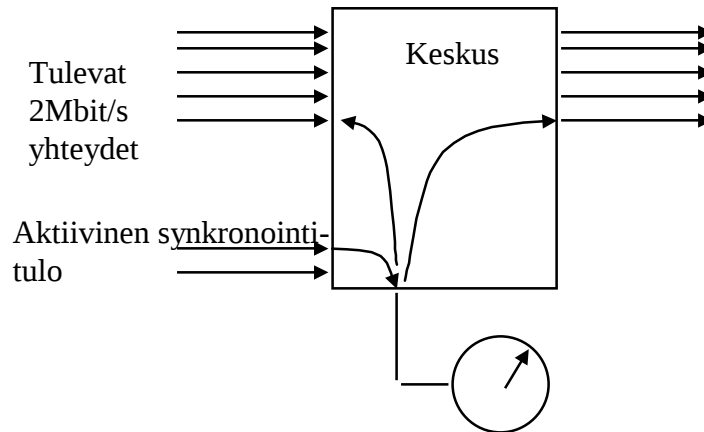
- Jos yhteyden molemmat päät on sisäisesti synkronoitu PRC -kelloihin, teoreettisesti luiskahduksia tulee noin kerran 70 päivässä.
- Referenssiyhteydellä luiskahduksia on teoreettisesti kerran $70/12 = 5.8$ päivässä tai jos kansalliset osuudet on synkronoitu kerran $70/4 = 17.5$ päivässä
- Luiskahdusvaatimus päästä päähän on kuitenkin löysempi:

Keskimääräinen luiskahdustiheys	Osuus ajasta 1v kuluessa
alle 5/ 24h	98,90 %
5/24h . . . 30/1h	alle 1%
yli 30/1h	alle 0,1%

Keskuksen kellojärjestelmä

- Mahdollistaa sekä plesiochronisen että alisteisen (slave mode) toiminnan
- Kellon tarkkuus valitaan sen mukaan, missä kohtaa synkronointihierarkiaa keskus sijaitsee. Tarkkuus heikkenee periferiaa kohti mentäessä.
- Kykenee synkronoitumaan useisiin PCM-signaaleihin ja valitsemaan niistä sopivimman (ensisijainen, toissijainen jne)
- Sisältää ajastuksen säätöalgoritmin (digitaalinen vaihelukko), joka pyrkii eliminoidaan
 - äkkinäiset ajastusmuutokset, jotka johtuvat siirtoverkosta (esim. puolenvaihto)
 - värinän
 - ja seuraamaan tasaisesti tulevaa synkronointisignaalia

Luiskahduksia sattuu yhteyksillä, joiden tahti poikkeaa keskuksen valitsemasta tahdista



Keskuksen kello seuraa synkronointisignaalia

- Mittarina käytetään suhteellista virhettä: MRTIE - maximum relative time interval error : $MRTIE \leq 1000 \text{ ns}$ ($S \geq 100\text{s}$).
- Tämä kertoo kuinka hyvin synkronointisignaalia pitää pystyä seuraamaan kun käytettävissä on lähes virheetön tulosignaali.
- Kun yksikään synkronointitulo ei ole riittävän hyvä, keskuksen kello siirtyy plesiokroniseen toimintaan automaattisesti
- Plesiokronisessa toiminnassa keskuksen kellon $MRTIE \leq (a S + 1/2 b S^2 + c) \text{ ns}$ (ks. seur. kalvo).
- Tuloja valvotaan koko ajan ja kun signaali taas ilmestyy, joko komennolla tai automaattisesti voidaan siirtyä takaisin alisteiseen toimintaan.

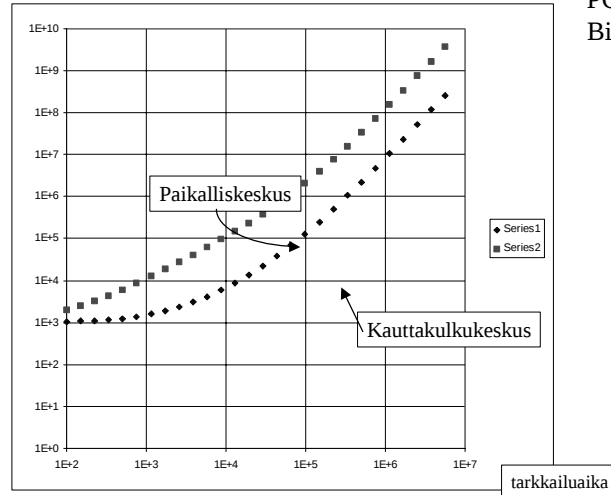
Keskuksen MRTIE plesiokronisessa toiminnassa

MRTIE ns

Huom: Aikavälin kesto

PCM-signaalissa 3.9 μ s.

Bitin kesto 0,488 μ s = 488 ns.



Keskuksen kellon stabiilisuus

Stabiilisuutta mitataan ikääntymisellä (b = ageing) - lämpöstabiloidulle kiteelle tämä on luokkaa $n \times 10 \exp(-10)/\text{päivä}$.

$MRTIE \leq (a S + 1/2 b S^2 + c)$ ns, S = tarkasteluaikaväli, ja

a - kuvaa kellon alkuasetuksen tarkkuutta.

	Transit noodin kello	Paikallisnoodin kello
a	0.5 vastaa taajuuden alkusiirtymää 5×10^{-10}	10.0 1×10^{-8}
b	1.16×10^{-5} vastaa ikääntymistä 10^{-9} /päivä	2.3×10^{-4} vastaa ikääntymistä 2×10^{-8} /päivä
c	1000	1000