

Televerkon synkronointi

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

Ajastuksen tarkkuus

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

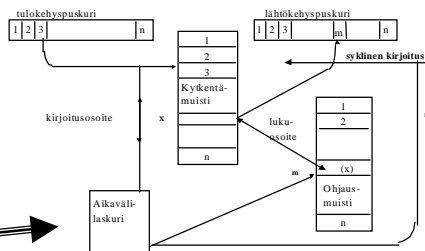
Ajastuspoikkeamien vaikutukset

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

Synkronointisignaalien käyttö keskuksessa

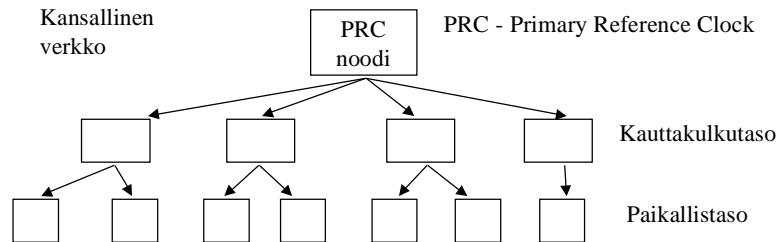
- ✓ Kyt Kentä Kentän synkronointi tuleviin ja lähteviin PCM-signaaleihin.
- ✓ Sisäisen tiedonsiirron kyt Kentä Kentä liittäntöjen synkronointi kyt Kentä Kentä nopeuteen.

Aikaporras - sarjakirjoitus-osoiteluku



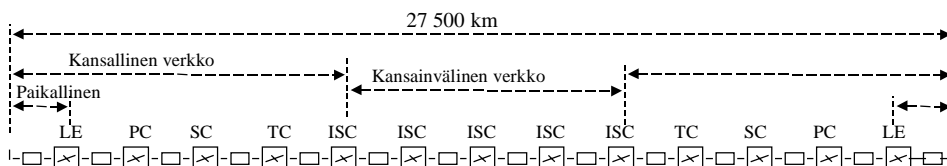
Ajastuspoikkemien ja niiden vaikutusten vähentämiseksi

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



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

Hypoteettinen referenssiyhteys



LE - paikalliskeskus
 PC - primaarikeskus
 TC - tertiaarikeskus
 ISC - kansainvälinen keskus

☒ Digitaalinen keskus
 □ Digitaalinen linkki

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

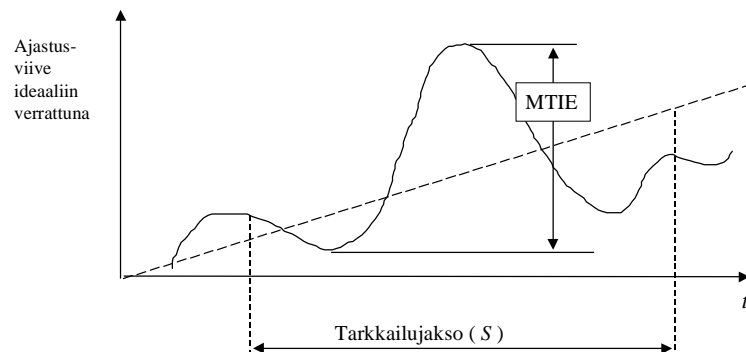
✓ Plesiokronisia

✓ Sekaverkkoja

§ koostuvat synkronoiduista osaverkoista

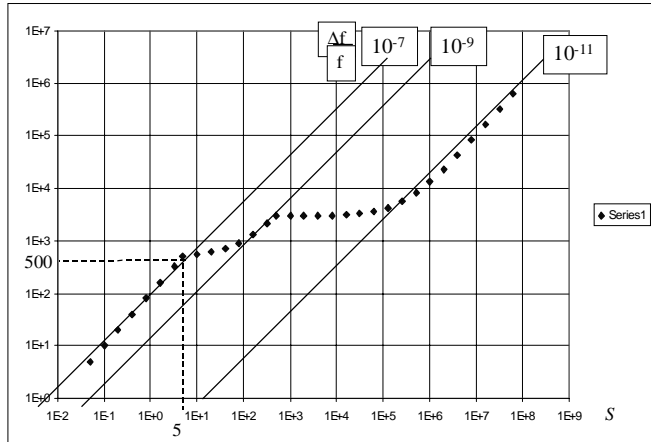
MTIE - maximum time interval error

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



PRC:n suurin sallittu ajastusvirhe

MTIE ns



Kuinka usein luiskahtaa

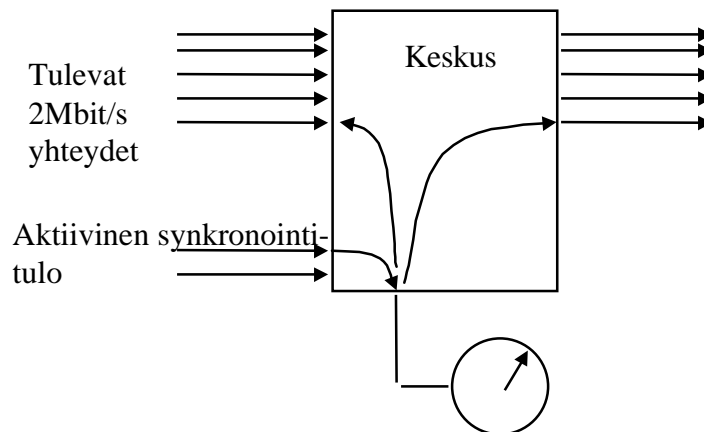
- Jos yhteyden molemmat päät on sisäisesti synkronoitu PRC -kelloihin, teoreettisesti luiskahduksia tulee noin kerran 70 päivässä.
- Referenssiyhteydellä luiskahduksia on teoreettisesti kerran $70/12 = 5.8$ päivässä tai jos kansalliset osuudet on synkronoitu kerran $70/4 = 17.5$ päivässä
- Luiskahdusvaatimus 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
- Kykenee synkronoitumaan useisiin PCM-signaaleihin ja valitsemaan niistä sopivimman (ensisijainen, toissijainen jne)
- Sisältää ajastuksen säätöalgoritmin (digitaalinen vaihelukko), joka pyrkii eliminoimaan
 - äkkinäiset ajastusmuutokset, jotka johtuvat siirtoverkosta (esim. puolenvaihto)
 - värinän
 - ja seuraamaan tasaisesti tulevaa synkronointisignaalia

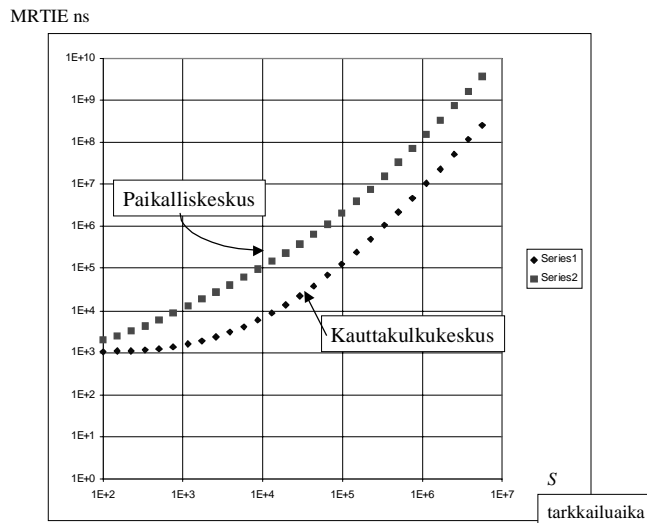
Luiskahduksia sattuu yhteyksillä, joiden tahti poikkeaa keskuksen valitsemasta tahdistista



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



Keskuksen kellon stabiilisuus

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

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