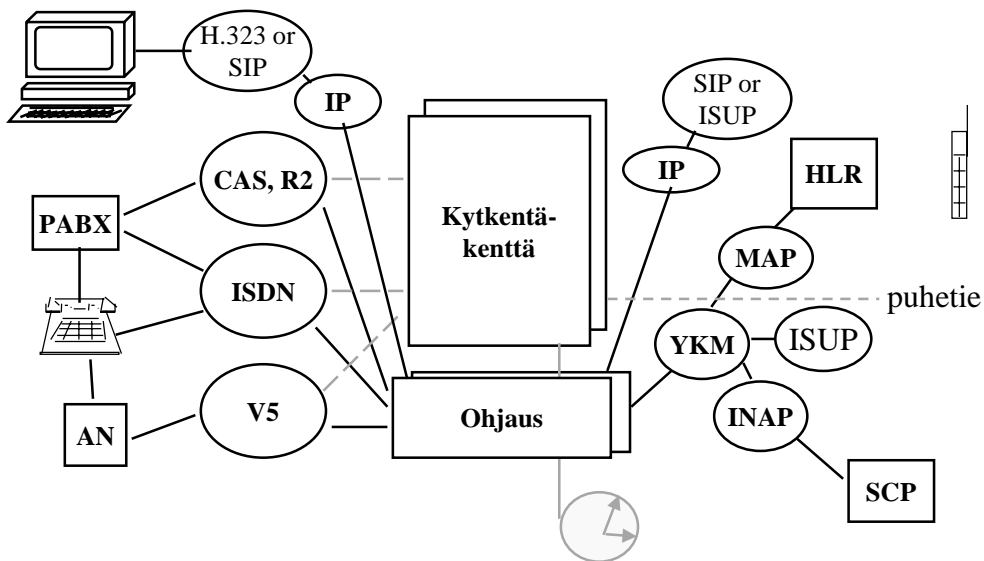


# Televerkon synkronointi

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**

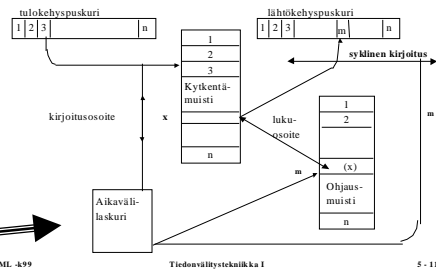
## *Ajastuspoikkeamien vaikutukset*

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

## Synkronointisignaalien käyttö keskuksessa

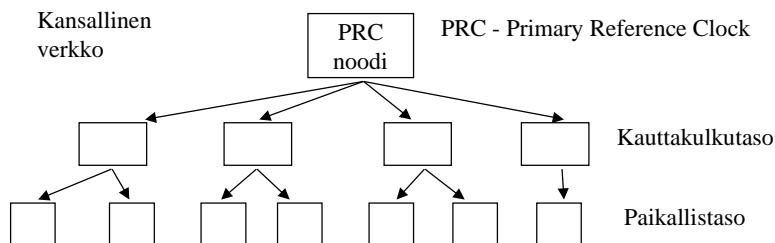
- ✓ Kytkeäntäntän synkronointi tuleviin ja lähteviin PCM-signaaleihin.
- ✓ Sisäisen tiedonsiirron kytkeäntäntäliitännöiden synkronointi kytkeäntäntän nopeuteen.

Aikaporras - sarjakirjoitus-osoiteluku



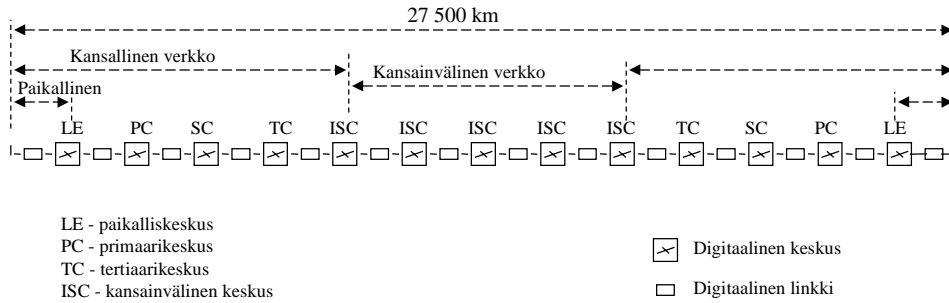
## Ajastuspoikkeamien ja niiden vaikutusten vähentämiseksi

- ✓ 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

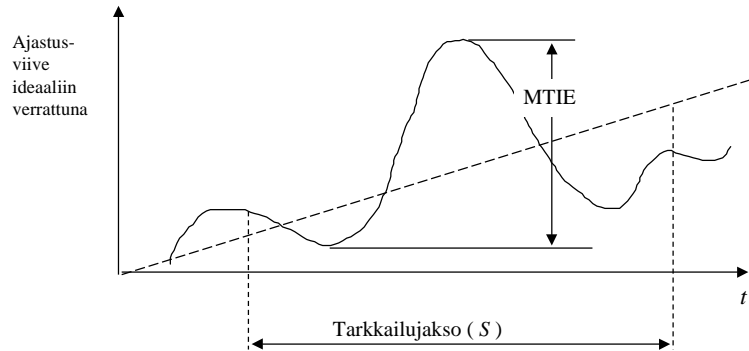
✓ Plesiochronisia

✓ Sekaverkkoja

§ koostuvat synkronoiduista osaverkoista

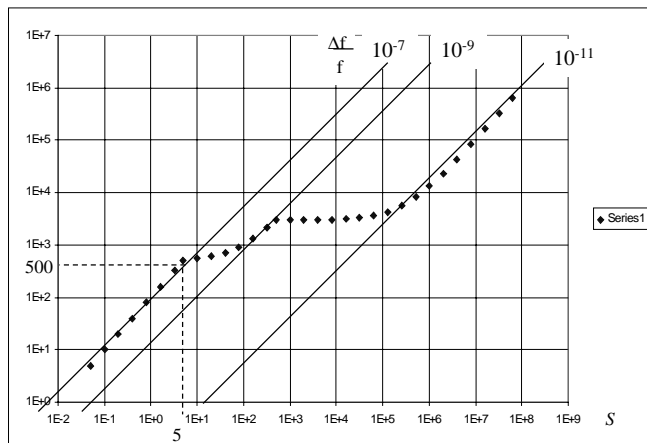
## MTIE - maximum time interval error

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



## PRC:n suurin sallittu ajastusvirhe

MTIE ns



## ***Kuinka usein luiskahtaa***

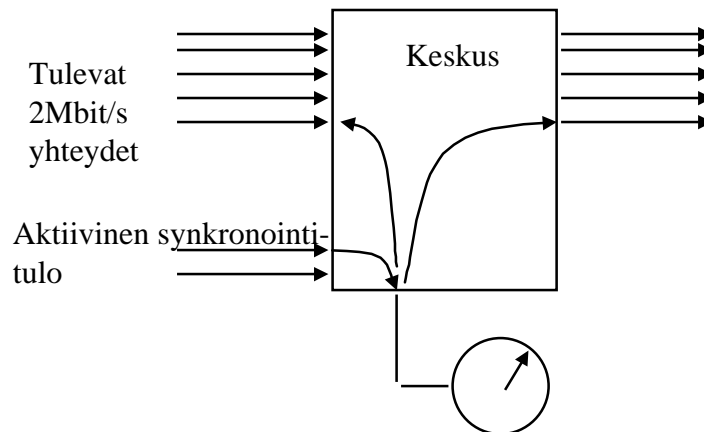
- Jos yhteyden molemmat päät on sisäisesti synkronoitu PRC -kelloihin, teoreettisesti luiskahduksia tulee noin kerran 70 päivässä.
- Referenssiyhteydellä luiskahduksia on teoreettisesti kerran  $70/12 = 5.8$  päivässä tai jos kansalliset osuudet on synkronoitu kerran  $70/4 = 17.5$  päivässä
- Luiskahdusvaatimus 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
  - äkinäiset ajastusmuutokset, jotka johtuvat siirtoverkosta (esim. puolenvaihto)
  - värinän
  - ja seuraamaan tasaisesti tulevaa synkronointisignaalia

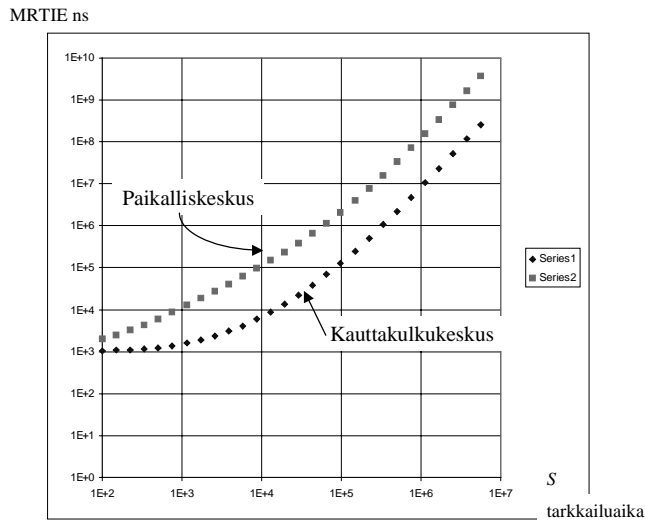
## *Luiskahduksia sattuu yhteyksillä, joiden tahti poikkeaa keskuksen valitsemasta tahdistista*



## *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  $n \times 10 \exp -10/\text{päivä}$ .

$MRTIE \leq (a S + 1/2 b S^2 + c)$  ns,  $S = \text{tarkastelu aika väli}$ , ja  
 $a$  - kuvaa kellon alkuasetuksen tarkkuutta.

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