



Televerkot

Jouko Kurki

T-110.2100 Johdatus tietoliikenteeseen
kevät 2010

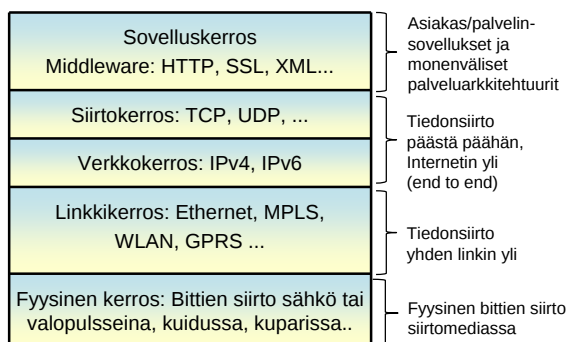
Viime Luennoilla

- Datalinkkikerros
 - Tiedon kuljetus vierekkäisiä tietoliikennesolmuja yhdistävien linkkien yli
 - Käytössä piirikytkentäiset ja pakettipohjaiset ratkaisut
- Tiedonsiirron perusteet
 - Bittien siirto yli fyysisen media; kaapeli, kuitu ilma (langaton siirto)
 - Eri siirtomedioiden oma tapansa siirtää bitti: jännitepulssi (eri formaatteja), valopulssi, bittien modulointi siniaalloille radiosiiroa varten (monenlaisia modulaatiomenetelmiä, mm. ASK, PSK, FSK); monitasomenetelmät siirron tehostamiseksi (QAM-modulaatio ja OFDM)
 - Nykyisin teoreema suurimmalle bittinopeudelle tietyllä kaistalla, Shannon'in teoreema, joka määrittää suurimman mahdollisen kapasiteetin tietyllä signaali-kohina-suhteella.
- Solukoverkot
 - Solukoverkot tarjoavat skaalattuvan pääsyn verkkoon langattomasti
 - Tähän asti dominoivaa ollut puheen siirto, jatkossa laajakaistapalvelut yhä tärkeämmässä roolissa

1

2

TCP/IP-protokollapino + Fyysinen kerros



3

Luennon sisältö

Aihe Televerkot =

- Puhelinverkot + laaja-alue tiedonsiirtoverkot: Piirikytkentäiset SDH, ja WDM-järjestelmät, enenevässä määrin pakettipohjaiset runkoverkot kuten Carrier Grade Ethernet
- Teleoperaattoreiden ylläpitämiä: esim. Elisa, Telia-Sonera, TDCSong
- Puhelinverkon periaate
- Puhelinkeskuksen toiminta
- Puhelun kytkeminen, Signaalointiverkko SS7
- Älyverkkopalveluiden toteutus
- Piirikytkentäiset Siirtojärjestelmät PDH, SDH, WDM ja OTN,
- Pakettikytkentäiset siirtojärjestelmät: Carrier Ethernet, MPLS, ATM

4

Televerkko – mihin sitä tarvitaan ?

- Maailman suurin kone:
 - Peruspalvelu: PUHE
 - yhdistää maailmalaajuisesti kaikki ihmiset jokaisessa maailman kolkassa.
 - Operaattoreiden tuloista edelleen merkittävin osa
 - Tarjoaa Layer 1 ja Layer 2 palvelut IP-pohjaiselle tiedonsiirrolle
 - Havainnollistus alla

Puhe-palvelu	Puhe, Multimedia, IP	IP-palvelut
Kiinteä puhelin-verkko	Matka-puhelin-verkko	IP ja Laaja-kaistaverkot
Siirtoverkko, L1 & L2 (runkoverkko, core)		

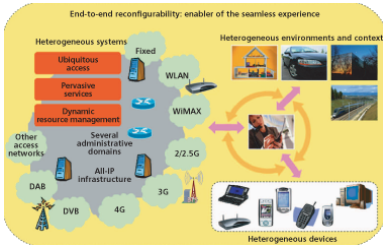
5

Erlaisia verkkoja ja määritelmiä

- Eri suuruisia verkkoja voidaan luokitella esimerkiksi seuraavasti. Luokitteluperusteet eivät ole kuitenkaan yksikäsitteisiä.
 - Lähiverkko (LAN, Local Area Network) -
 - Alueverkko (MAN, Metropolitan area Network)- esim. kaupungin alueen kattava verkko
 - Etäverkko (WAN, Wide Area Network), maan kattava verkko
- **Puhelinverkko**
 - Lyhennyksiä englanniksi: PSTN = Public Switched Telephone Network, POTS = Plain Old Telephone System (jolla viitataan pelkkään "vanhaan" puhelinverkkoon)
 - Koostuu pääsyverkosta (traditionaalisesti Cu-parikaapeli), maan- ja maailmanlaajuisesta optisesta siirtoverkosta, sekä maailmanlaajuisesta signaalointiverkosta (SS7), jolla puhelut voidaan yhdistää kaikkien paikkojen välillä.

6

Tietoliikennejärjestelmien visualisointi



Core-verkko (ydin):
Optinen tiedonsiirto: SDH ja G.709 Optical Transport Network Wavelength Division Multiplexing tekniikalla (tyypillinen siirtonopeus 2.5 – 40 Gb/s). OTN:ään liittyvä tehokas IP core.

Liityntäverkko (kuluttajille tuleva verkko):
Kiinteä (fixed): Mm. parikaapeli, jossa puhelinpalvelu ja ADSL, optinen kuitu koteihin ja langaton: UMTS (3G), WLAN, WIMAX, LTE, 4G

7

Liityntäverkot – Access Networks

- Liityntäverkot (access networks) ovat verkkoja jotka yhdistävät loppuasiakkaan operaattorin runkoverkkoon.
- Hyvin laaja kirjo erilaisia tekniikoita käytössä: Kiinteitä ja langattomia vaihtoehtoja.
- Käytetty liityntäverkkotekniikka riippuu käyttäjän tarpeesta. Yksittäiset kotikäyttäjät on liitetty tavallisella puhelinjohtimparilla (modeemi, ISDN tai ADSL), kaapelimodeemilla tai radioyhteydellä (WLAN) operaattorin verkkoon, mutta PK-yrityksiä suuremmat yritykset liitetään usein valokuituyhteydellä.
- Oli yhteys rakennettu kuparikaapeilla tai valokuidulla on näillekin vielä olemassa erilaisia tekniikoita riippuen siirtoarpeesta. Kerros- ja rivitaloissa yhteys voi olla rakennettu kaapeli-tv-verkon avulla (kaapelimodeemi) tai käyttäen lähiverkkotekniikkaa (Ethernet). Liikkuvat käyttäjät liittyvät operaattoriverkkoon jollakin käytössä olevalla mobiilitekniikalla (GSM, GPRS, 3G/UMTS, WLAN, LTE). Tällöin matkaviestinverkko toimii liityntäverkkona.

8

Runkoverkko (Core Network)

- Runkoverkon tehtävä on siirtää ja kytkeä useiden käyttäjien palvelut yli verkon tehokkaasti laajoilla alueilla, eli runkoverkko on yleensä MAN (Metropolitan Area Network) tai WAN (Wide Area Network)
- Runkoverkko on usein hierarkkinen; tästä syystä käytössä mm. LAN, MAN ja WAN verkot
- Puheen valtakaudella runkoverkko oli piiriyhteyksinen ja tarkoitettu siirtämään piiriyhteyksisiä puheluita: PDH ja SDH tekniikat tulivat käyttöön
- Puheen määrä ei enää juuri kasva, mutta datapalvelut kasvat voimakkaasti. Verkoissa siirretään enimmäkseen IP-paketteja. Tällöin runkoverkkotekniikkaa on sopeutettu ja runkoverkot ovat usein pakettiverkkoja mm. 10 Gigabit Ethernet (10GbE). Fyysisen kerroksen perusta on usein kuitenkin kuitu ja WDM-pohjainen piiriyhteyksinen siirto, joka toimii luotettavasti maailmanlaajuisesti.
- Puheen on mukaututtava datan valtakuteen ja enenevässä määrin myös puhe siirretään paketteina: Voice Over IP (VoIP)
- Tällöin on käyttöön jää vain yksi runkoverkko, jolloin operaattorit saavat kustannushyötyä. Tämä evoluutio on parhaillaan meneillään. Haasteina vielä luotettavuus, puheen siirto, viiveet erityisesti puheen siirrossa, muut palvelun laatuun liittyvät asiat (Quality of Service, QoS), jne.

9

Puhelin

- Ajatus puhelimesta syntyi 1854 (Charles Bourseul)
- Alexander Graham Bell patentoi "parannetun lennättimen" 1876
- 1877 Yhdysvalloissa jo 17400 puhelinta
- Suomeen 1878
- Patentti umpeutui 1894, jolloin innovointi pääsi vauhtiin



10

Puhelin

- Alussa puhelimen käyttö tarvitsi ihmisen, operaattorin, yhdistämään tilaajat (eli johdot)
- Ensimmäinen patentti automaattisesta keskuksesta 1891 (talon kokoinen)
- Tilaajat tunnistettiin numeroilla, jotka ohjasivat kiertokytintä



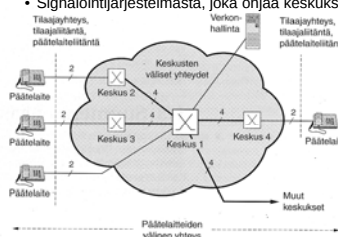
- 1800-luvun lopun konsepti on edelleen voimassa
- Keskukset ovat kehittyneet ja on siirrytty puhtaasti digitaalisiin järjestelmiin (Suomen verkko oli täysin digitaalinen 1996)
- Varsinainen puhe ja merkinanto (=ohjaus puheluiden kytkemisestä) eri kanavilla
- Digitalisoinnin myötä tuli myös uusia palveluja: ISDN ja älyverkkopalvelut, kuten valtakunnalliset palvelunumerot, call center:it jne.

11

Puhelinverkon rakenne

Kiinteä puhelinverkko koostuu seuraavista osista:

- Päätelaite (TE, Terminal Equipment), puhelinkone
- Välitysjärjestelmä (Switching System): Koostuu puhelinkeskuksista ja välittää puhelut eri keskusten kautta haluttuun määränpäähen.
- Keskusten välisestä siirtojärjestelmästä (Transmission system), tekniikkana PCM ja käytössä PDH, SDH ja WDM järjestelmät.
- Signalointijärjestelmästä, joka ohjaa keskukset välittämään puhelut oikein.

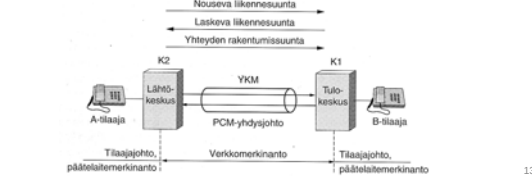


- Digitaalisessa puhelinverkossa käyttäjän analoginen puhe-signaali konvertoidaan 8 bitin näytteiksi, joita otetaan taajuudella 8 kHz. Näin muodostuu 64 kb/s bittivirta /käyttäjää.
- Näitä kytketään puhelinverkon kautta.

12

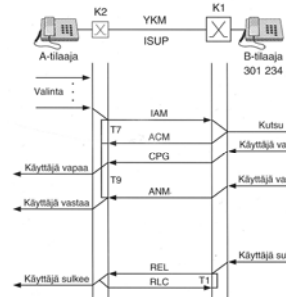
Puhelun muodostamiseen tarvitaan merkinanto

- Jotta puhelu saataisiin kytkeytyä halutulle vastaanottajalle tarvitaan ohjaus eli **merkinanto** (en. Signalling, us en. Signaling).
- Puhelua muodostava tilaaja (A-tilaaja, A-Subscriber tai caller) nostaa luurin ja näppäilee numeron. Keskus tulkitsee numeron ja puhelu välitetään vastaanottajalle (B-tilaaja, B-Subscriber tai callee).
- Nykyään koko maailman puhelinverkossa signaaloinnissa on käytössä YhteisKanava Merkinanto (YKM), en. Common Channel Signaling ja no 7 (CCS #7, toinen nimi Signaling System no.7, SS7).
- Samaa järjestelmää käytetään myös GSM ja 3G matkapuhelinjärjestelmien puheluiden ohjaamiseen



13

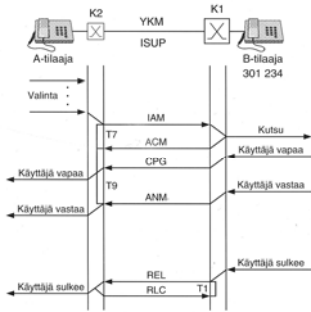
Puhelun yhdistäminen (1)



- A-tilaaja nostaa luurin, jonka lähtökeskus K2 havaitsee kutsuna ja valmistautuu vastaanottamaan puhelinnumeron. K2 analysoi numeron ja huomaa, että puhelu on yhdistettävä keskukseseen K1. Lisäksi selvittää yhdysjohtoverkon lähtömerkinantotapa ISUP (ISDN User Part).
- Lähtökeskus hakee ja varaa yhdysjohtolta vapaan 2M johdon ja aikavälin (PCM3, TSL 18). Seuraavaksi lähtökeskuksen ISUP-käyttäjäosa koodaa tietosanomatyyppisen aloitusannon IAM (Initial Address Message), jonka päätehtävä on varata johto ja aikaväli vastaanottavasta keskuksesta K1 (PCM3, TSL 18).
- IAM sanoma koostuu eri osista ja sen pituus on esim. 21x8bittia. Jos sanoman käsittelyssä keskuksessa K1 todetaan puhelinnumeron kuuluvan po. keskukselle, lähetetään tilaajalle sanoma "numerot vastaanotettu" viesti ACM (Address CoMplete).

14

Puhelun yhdistäminen (2)



- Seuraavaksi keskus K1 tutkii B-tilaajan tilan, ja jos vapaa lähettää B-tilaajalle soittoimerkkiä ja A-tilaajalle taaksepäin soiton merkkia. Lisäksi tulokeskus lähettää taaksepäin sanoman puhelun eteneminen CPG (Call ProGress). Tämän seurauksena lähtökeskus kytkee yhteyden **puhelin kytkentäsuuntaan**.
- A-tilaaja alkaa kuulla soiton merkkia.
- Kun B-tilaaja vastaa, tulokeskus lähettää tiedon taaksepäin sanomalla "vastaus", ANM (Answer) ja kytkee samalla puhelimen.
- Yhteyden muodosutusvaihe on ohi ja puhelua alkaa.
- Puhelua päättyä ja sulkuvaihe alkaa kun B-tilaaja sulkee puhelimen. Tulokeskus ilmoittaa siitä sanomalla REL (Release). K2 keskeyttää laskentasyklien lähettämisen ja vapauttaa johdon. Kun tulokeskus K1 vastaanottaa RLC sanoman (Release Complete) sekin vapauttaa johdon. Kun A-tilaaja sulkee samalla koko yhteys päätty.
- A-tilaajan laskutustiedot tallennetaan laskentasykloihin.

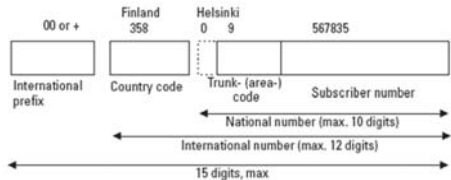
15

Puhelinverkon numerointi

- Puhelinnumero voi osoittaa tilaajaa tai palvelua. Tilaajaa osoittava numero on samalla "väylänumero"; puhelinnumerot on maantieteellisesti organisoitu (numero osoittaa paikkaan); paitsi mobiiliverkoissa ja puhelinnumeron siirrettävyydessä.
- Soittajan pitää voida päätellä puhelinnumerosta paljonko puhelu maksaa. Tämän takia numeron allokointi on sidottu maantieteeseen ja verkon topologiaan.
- Keskusten pääasiallinen tehtävä on ohjata valitun numeron mukainen puhelu oikealle lähtöyhteydelle seuraavaan keskukseseen ja lopulta vastaanottavaan liittymään: numeroanalyysi -> väylä
- kullakin alueella oli oma(t) numerosuuntansa
 - esim. 09-724xxxx; suuntanumero 09-> Etelä-Suomi, ja loput numerot Pakila & Paloheina
- Suuntanumero ohjaa puhelun omille telealueilleen. Vastaavasti maatunnus ohjaa puhelun haluttuun maahan.
- Maasta ulospäin soitettaessa valitaan ulkomaantunnus ja sen jälkeen maan numero esim. 990-1-xxxx ohjaa puhelun USA:han. Ulkomaan tunnus ohjaa puhelun ulkomaan kauttakulukeskukseen, International Switching Center (ISC). Vastaavasti Suomeen soitettaen ulkomailta maantunnusella 358. Ulkomailta soitettaessa alkuun valitaan ulkomaantunnus; matkapuhelinjärjestelmässä + numeron edessä vastaa ulkomaan tunnus, ts. puhelu ohjautuu po. maan ISC:hen, ja sieltä sitten esim. Suomeen.

16

Puhelinverkon numerointi



- International Prefix:** Ulkomaan tunnus
- Country Code:** Maatunnus
- Area code:** Suuntanumero, matkapuhelinverkoissa tämä on verkon tunnus, esim. 040 Sonera (numeron siirrettävyys luo tähän tosin välikoroksen)
- Subscriber number:** Asiakkaan puhelinnumero

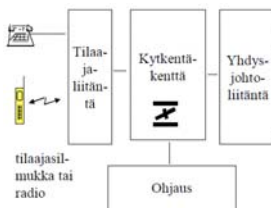
17

Matkapuhelinverkon numerointi

- Matkapuhelinjärjestelmässä käytetään samaa SS7 signaaliointijärjestelmää ja samaa numerointijärjestelmää kuin kiinteässä puhelinverkossa. Eröä tulee, että käyttäjät eivät olekaan tavoitettavissa aina saman linjan päästä eli mobiilitietee tekee pieniä lisäyksiä.
- Mobiiliverkoissa käyttäjä tunnetaan MSISDN (Mobile Subscriber ISDN number) numeron perusteella (esim. 358 40 1680 245). MSISDN koostuu seuraavasti:
 - MSISDN = CC + NDC + SN, jossa CC = Country Code (maakoodi), NDC = National Destination Code (operaattorin verkon numero, tyypillinen 2-3 numeroa), SN = Subscriber Number (tilaajnumero)
- Numerot on yksikäsitteisesti allokointu tiettyyn Home Location Register:iin, HLR:ään (kotirekisteriin) ja GMSC (Gateway MSC) keskuksat tuntevat tämän allokoinnin.
- Eri mobiilioperaattoreiden verkkoihin päästään Gateway keskuksen kautta (Gateway Mobile Switching Center, GMSC). Esim. numero 040-1680 245 ohjaa Telia-Soneran matkapuhelinverkkoon (NDC =40) ja siellä olevaan numeroon 1680 245. Jos käyttäjä on vaikkapa ulkomailta, jo oikeaan kotiverkkoon päättynyt puhelu ohjataan sinne missä käyttäjä on (tämä koskee puhelun muodostusta, itse puhelutietoa kulkee lyhyttä reittiä). Esimerkiksi soitettaessa ulkomailta numeroon +358 40 1680 245, puhelu ohjautuu ensin +n takia po. maan ulkomaan keskukseseen (ISC) ja sitten 358 maasuunnan mukaan Suomeen, ja sitten 40 numeron perusteella Telia-Soneran verkkoon, jota kautta puhelu ohjataan siellä olevalle käyttäjälle.
- Matkapuhelinverkoissa on HLR/VLR käyttäjärekisterit ja lisäprotokollat, jotka hoitavat mobiilitietteen tuntevat.
- Huom ylläolevassa ei ole huomioitu puhelinnumeron siirrettävyyttä, joka vaatii lisäksi oman järjestelmänsä, jotta puhelu saadaan ohjattua oikean operaattorin verkkoon.

18

Puhelinkeskus



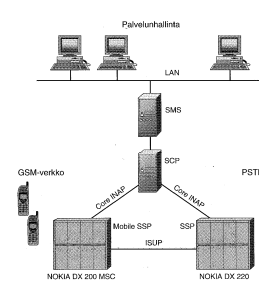
Ohjaus:

- merkinanto ja puhelunohjaus
- puhelun välitys, laskutus, tilastointi
- kunnossapito: vioista elpyminen

- Puhelinkeskus vastaa palvelun laadusta
- Suuri laskentateho ja paljon ohjelmistoa, joka kommunikoi reaaliajassa ympäristön kanssa.
- Merkinantoyhteydet naapurikeskuksiin ja tilaajavaihteisiin
- Elpyy vioista automaattisesti redundantin laitteiston avulla (2N tai N+1)
- Alkuinvestointi on korkea. Hinta per tilaaja ei kuitenkaan kovin korkea (<<100€)
- Eri valmistajilla tuotteita koko järjestelmälle, esim: Nokia DX 200/220

19

Älyverkko puhelinverkossa

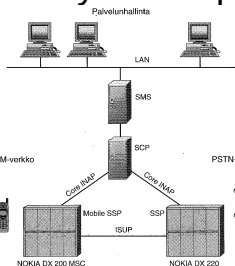


- Esimerkki **tietoliikenne- ja tietojenkäsittelytekniikan integroitumisesta** - > puhelinverkon palveluominaisuuksien kehittyminen kohti **älyverkkoa (IN, Intelligent Network)**.
- Älyverkko ei ole uusi verkko, vaan uusien palvelumahdollisuuksien liittämistä puhelinverkkoon, esim. palvelunumerot.
- Älyverkkokonseptissa koko puhelin- ja matkapuhelinverkon älyverkkopalvelut tarjotaan keskitetysti yhdestä **palvelunohjauspisteestä SCP (Service Control Point)**.
- SCP-pisteeseen liittyy palvelunhallintajärjestelmä SMS (Service Management System), jonka avulla sekä palvelu- että asiakaskohtaisia tietokantoja hallitaan ja ylläpidetään.
- Älyverkossa irrotetaan **A-tilaajan valitsema puhelinnumero B-tilaajan todellisesta numerosta**. Samoin maksu irrotetaan puhelusta, kaukopuhelu voi olla soittajalle ilmainen tai paikallispuhelu kallis.

Lähde: Vesa Voloninen, Tietoliikenne, WSOY 1999, ISBN 951-0-22600-9

20

Älyverkko puhelinverkossa



SCP-pisteeseen liittyy **palvelunhallintajärjestelmä SMS** (Service Management System), jonka avulla sekä palvelu- että asiakaskohtaisia tietokantoja hallitaan ja ylläpidetään

• Älyverkkopalveluja käyttävät puhelut ohjautuvat älyverkon ytimenä toimivaan SCP-pisteeseen kaikkialta maasta **palvelunohjauspisteiden SSP** (Service Switching Point) kautta (vrt. Internetin "Service Switching").

- Toisin sanoen puhelinkeskukset, joihin on lisätty Service Switching Function (SSF) toiminne siirtävät puhelun käsittelyn tarvittaessa SCP:lle
- Älyverkon toteutus perustuu **älyverkon sovelluskäytäntöön Core INAP** (Intelligent Network Application Protocol), jolla SSP- ja SCP-pisteet kytkettyvät toisiinsa merkinantoverkon välityksellä.

Kuva: Vesa Voloninen, Tietoliikenne, WSOY 1999, ISBN 951-0-22600-9

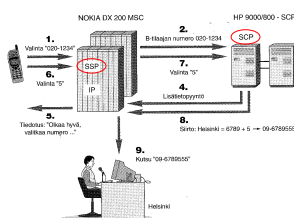
21

Älyverkon palveluita

- Soitonsiirto
- Erityishintaiset numerot (yritys- ja viihdenumerot)
- Viihdelukot
- Vastaanottajan maksamat numerot
- Matkapuhelimien numeronsiirto
- Vastaajapalvelut (vastaajajärjestelmä on älykäs lisälaite, intelligent peripheral)
- jne.

22

Esimerkki älyverkkopalvelusta (IN)



Oletetaan, että pääsylippupalvelulla on valtakunnallinen yritysnúmero 020-1234 sekä palvelupaikat Helsingissä ja Tampereella. Molemmista palvelupaikoista on saatavana useita erityyppisiä lippupalveluja. Helsingissä oleva matkapuhelintilaaja haluaa illaksi elokuvailun ja soittaa lippupalvelun yritysnumeroon (020-1234). Puhelu ohjautuu SSP-pisteestä toimivan GSM-verkon keskuksen kautta älyverkon palvelunohjauspisteeseen (SCP), joka saa samalla tietoonsa soittajan fyysisen sijaintialueen (LA). Se paljastaa soittajan olevan Helsingissä, joten häntä tullaan palvelemaan tämän kaupungin lippupalvelusta.

Sitä ennen selvitetään kuitenkin, mitä palvelua asiakas haluaa. SCP-piste lähettää tallennetun lisätieto-pyyntö: "Jos haluatte varata teatterilipun valitkaa numero 4, Jos haluatte varata elokuvailun valitkaa numero 5." Kun asiakas on valinnut oikean numeron, älyverkko ohjaa puhelun lisävalintaa 5 vastaavaan B-tilaajan todelliseen numeroon 09-6789555, jossa vasta elokuvailupuja myyvä asiakaspalvelija on. GSM-puhelimen SIM-kortin tilaajatietojen perusteella palvelu tapahtuu joko suomen- tai ruotsin kielellä.

Lähde: Vesa Voloninen, Tietoliikenne, WSOY 1999, ISBN 951-0-22600-9

23

Televerkon siirtotekniikat

- Pääsyverkkojen siirtotekniikkoja
 - ADSL, VDSL
 - Kuitu, Passive Optical Network (PON)
 - Wireless (WLAN, Wimax, jne.)
- Piirikytkentäinen siirto (transmissio):
 - PDH Plesiochronous Digital Hierarchy
 - SDH / SONET (Synchronous Digital Hierarchy / Synchronous Optical Network)
 - WDM (Wavelength Division Multiplexing) ja OTN (Optical Transport Network)
- Pakettikytkentäinen siirto
 - IP/MPLS
 - Carrier Grade Ethernet (10 Gb/s, jatkossa 100 Gb/s)
 - ATM (poistumassa)

24

Piirikytkentäinen yhteys

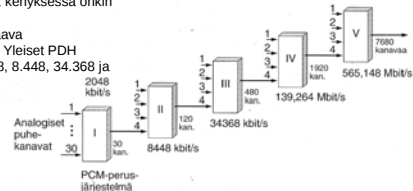
- Piirikytkentä (Circuit Swtching, CS), muodostetaan virtuaalinen esim. 2 Mb/s kytkentä, käyttäjällä on tämä vakio bittinopeus koko yhteyden ajan.
- Piirikytkentäinen yhteys ->yhteyskohtainen tila jokaisessa välitysolmussa.
 - Digitaalikeskuksissa (käytössä 64 kb/s yhteydet) tämä tarkoittaa sitä, että tietyllä tulojohdolta /aikavälillä tuleva signaali ohjataan tarkasti tiettyyn johtoon ja aikaväliin lähtevässä johdossa, ja näin aina vastaanottajalle saakka.
- Solmu (puhelinkeskus) voi välittää esim. 100 000 yhtäaikaista puhelua
- Tilatieto sisältää
 - puheyhteyden kytkentätila (merkkiääni, yksi- tai 2-suuntainen läpikytkentä)
 - puheyhteyden tuleva PCM ja aikaväli, lähtevä PCM ja aikaväli
 - merkinannon tila: yhteydenmuodostuksen vaihe
- Tilatiedon ylläpito voi perustua merkinantoon:
 - valinnainen yhteys tai jos kyse on pysyvistä yhteyksistä -> hallintakomentoon

25

Multiplexointi, PCM järjestelmät ja PDH

•PCM-järjestelmän perusta on puheen koodaus 8 kHz näytteenottataajuuella ja 8bittii / näyte -> 64 kb/s bittinopeus. Puheen koodaus tehdään epälineaarisesti siten, että pienimmillä signaalitasoilla näytteenottotasojen välit ovat pienemmät kuin suuremmilla: Euroopassa A-law koodaus, Pohjois-Amerikassa μ -law koodaus. 32 kanava multiplexoidaan aikajakotekniikalla (TDM) yhteen, jolloin saadaan 2.048 Mb/s signaali. Tämä 32 aikaväliä sisältävä kehys on ns. **E1 kehys**, joka siis toistuu 8 kHz taajuudella.

Näitä kehyksiä multiplexoidaan seuraavaksi 4 kpl yhteen TDM tekniikalla. Tällöin saadaan 8.448 Mb/s signaali, jossa kehystaajuus on edelleen 8 kHz, mutta nyt kehyksessä onkin 4x32 kanavaa. PDH-järjestelmissä seuraava multiplexointiaste on 4x. Yleiset PDH siirtonopeudet ovat: 2.048, 8.448, 34.368 ja 139.264 Mb/s.



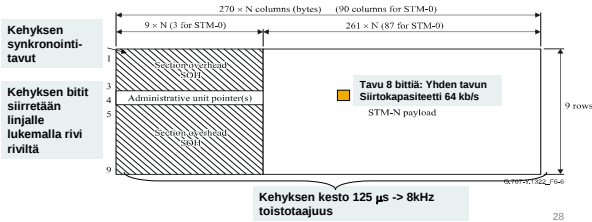
Synchronous Digital Hierarchy, SDH

- N. vuodesta 1990 alkaen PDH:n on syrjäyttänyt SDH, joka on synkroninen järjestelmä. Siinä peruskehyksellä STM-1 siirtonopeus on 155.52 Mb/s. PDH liittäntöjä on kuitenkin edelleen käytössä. SDH laitteissa on usein liitännät eri PDH signaaleille.
- PDH ja SDH ovat piirikytkentäisiä järjestelmiä. Kun palvelu kytketään käyttöön, käyttäjä saa koko kanavan käyttöönsä.
- Käytännössä usein IP-dataa siirretään piirikytkentäisessä suuren bittinopeuden (kuitua käytävässä) kanavassa, bittinopeuden ollessa 2.5-10 Gb/s.

27

SDH kehys ja siirto

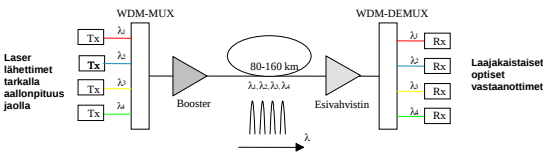
•Synchronous Digital Hierarchy (SDH) peruskehys on koolltaan 9x270 tavua. Jälleen kehysnopeus on 8 kHz | Bittinopeus on: 8 kHz * 8 bit * (270*9) =155.52 Mb/s •PCM puhekoodauksen kehysnopeus tarkoittaa sitä, että yhden puhekäyttäjän bitit siirtyvät yhtenä tavuna kehysen sisällä. Tavun paikka alun synkronointitavut jne. on tarkasti standardoitu. •SDH:ssa seuraavat suurimmat siirtotaajuuudet saadaan kertomalla edellinen neljällä. STM-1: **155.52**; STM-4: **622.080 Mb/s**; sekä STM-16: **2.488320**, STM-64: **9.953280** ja STM-256: **39.813120 Gb/s**. STM-N merkinnässä N -> STM-1multiplexoitujen signaalien määrä. Lähetys tapahtuu lukemalla kehys rivi riviltä ja lähettämällä bitit siirtolinjalle.



28

Aallonpituusmultiplexointi

- Aallonpituusmultiplexointi, eli WDM (Wavelength Division Multiplexing); perusidea:
- Samaan kuituun kytketään lasersignaaleita, jotka ovat omilla tarkoilta aallonpituuksillaan (raajuuksilla), WDM on siis FDM tekniikka, jolla kuidun kapasiteetti jaetaan osiin.
- Kullakin aallonpituudella bittinopeus voi olla esim. 10 tai 40 Gb/s. Kanavien lukumäärä on useita kymmeniä.. >100. Tällä menetelmällä kuidusta saadaan suhteellisen edullisesti valtaisan suuri kapasiteetti ! Tekniikka on tarkkuuden takia kuitenkin vaativaa.



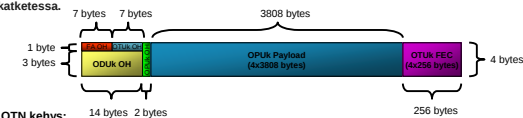
WDM – järjestelmän pääkomponentit:

- Laserlähetimet, jotka on stabiloitu lähettämään tiettyä aallonpituudella
- WDM- multiplexeri (WDM-MUX), yhdistää optisesti eri aallonpituudet etenemään yhdessä kuidussa.
- Optiset vahvistimet: Booster –vahvistin lisää tehoa WDM-MUX:in jälkeen (ja kompensoi WDM-MUX:in häviöt), optinen esivahvistin kompensoi WDM-DEMUX:in häviöt ja lisää vastaanottimen herkkyyttä ~ 10 dB. Huomattakoon, että WDM-DEMUX toimii samalla kapeakaistaisena optisena suotimena päästään vain halutun aallonpituusen valon ja rajoittaa kohinan pienelle kaistalle !

29

Optical Transport Network

- Optical Transport Network (OTN) on ITU-T standardi G.709 ultratehokkaalle optiselle runkoverkolle. OTN perustuu "All-Optical-Networking:iin" ja antaa N x 10 Gb/s / 40 Gb/s siirtokapasiteetin. OTN käyttää DWDM:ää (Dense Wavelength Division Multiplexing) perustekniikkana.
- Runkoverkoissa OTN on tekniikka, jota käytetään/tullaan käyttämään laajasti. Uudet laitteet sisältävät jo valmiiksi OTN liittäntöjä. OTN on erityisesti ajateltu Ethernet ja IP-pohjaisen liikenteen kuljettamiseen, mm. 10 Gb/s Ethernet laitteilla OTN-liitäntöjä.
- OTN:ssä on käytössä uusi kehysformaatti, jossa on 4 riviä ja bittinopeuden mukaan vaihtuva sarakemäärä. Kehystaajuus edelleen 8 kHz. Kehyksessä on lisäksi virheenkorjaus FEC:llä (jota SDH:ssa ei ole). FEC poistaa tehokkaasti siirtovirheitä, joita voi tulla optisissa komponenteissa tapahtuvan ylikuumumisen takia sekä lisää siirtoetäisyyttä.
- OTN on tekniikka, jota käytetään aallonpituus reitityksessä (Wavelength Routing) ja optisten ristikytkentälaitteiden (Optical Crossconnect) liittännöissä. Näillä saadaan ultratehokkaita verkkoja, joissa mm. automaattinen kytkentä varareitille kuidun/kaapelin katketessa.



OTN kehys: Kaikki data (4 x 3808 B) kuljetetaan kehyksissä, joissa FEC (Forward Error Correction). Kehystaajuus on edelleen 8 kHz.

Maailmanlaajuisessa kuitukaapeliverkko

- Maailmanlaajuisessa runkoverkossa tieto siirtyy valokuiduissa, jotka ovat merikaapelien sisällä
- Merikaapelissa luokkaa 20 kuitua, eli 10 kaksisuuntaista "liikenneväylää"
- Joka kuidussa tyypillinen > 8 aallonpituutta (eri "väriä"), ja jokaisessa luokkaa 5Gb/s siirtonopeus
- Yksi HDTV kanava vaatii n. 12 Mb/s (H.264 videokoodaus), eli yhdessä kuidussa mahtuisi menemään n. 400 HD kanavaa.

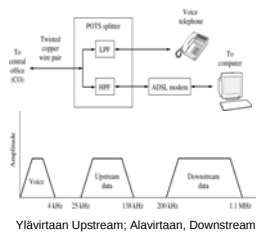


HeSa 17.2.2008

31

Pääsyverkko: xDSL-tekniikat

- ADSL tekniikkaa käytetään kuluttajan laajakaistaliittymässä kun käytössä puhelinkaapeli. xDSL on loogisesti erillään puhelinverkosta.
- ADSL:ssä puhelinkaapelin kaista jaetaan kolmeen osaan
 - Alle 4 kHz taajuuudet käytetään puhelinkäyttöön kuten ennenkin, taajuussuodatin (POTS splitter) pitää puhelinsignaalin erillään.
 - Seuraavat kaistat jaetaan ylävirtaan ja alavirtaan tapahtuvalle IP-liikenteelle.



Ylävirtaan Upstream; Alavirtaan, Downstream

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) ja VDSL Very High Speed Digital Subscriber Line

- xDSL (esim. ADSL) käyttää puhelinkaapelin ylemmää (eri !) taajuusalueita hyväkseen: Puhelin toimii ilman muutoksia kun suodatin (POTS splitter) puhelin- ja laajakaistasihtaalit toistetaan.
- ADSL 8 Mb/s
- ADSL2 12 Mb/s
- ADSL 2+ 24 Mb/s
- VDSL tekniikalla saadaan 50-100 Mb/s Mb/s etäisyyksillä << 500 m.

32

Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- ATM on puhelinteknologian pohjalta kehitetty piiritykennäinen pakettiverkko
- ATM:n perustekniikka on 53 tavun mittainen solu, jossa on 5 tavua otsaketta ja 48 tavua hyötykuormaa
- ATM-soluja ei käsitellä yksittellen kuten IP-paketteja, vaan ensin luodaan virtuaalinen yhteys verkon kytkinlaitteiden kautta
- Kunkin solun otsakkeessa on VPI/VCi -tunniste
 - Virtual Path Identifier, Virtual Channel Identifier
- ATM-verkko on siis tietoinen yhteyksistä ja reitityspäätökset tehdään yhteyttä luotaessa
- ATM tarjoaa kiinteä- ja vaihtuvakapasiteettisia yhteyksiä
 - PDH ja SDH välittävät 8000 kehystä sekunnissa, vaikka hyötykuormaa ei olisi
 - ATM voi antaa etuaseman tietyille virtuaaliyhteyksille ja käyttää loput kapasiteetista muille

33

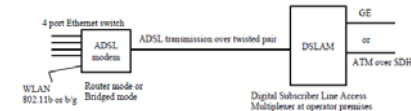
ATM jatkoa

- ATM-soluissa voidaan kuljettaa puhelinliikennettä, IP-paketteja ja muuta dataa
- Koska ATM-solun hyötykuorma on vain 48 tavua, sovitamiseen käytetään ATM Adaptation Layer- kerroksia
 - AAL 1 määrittelee vakiokapasiteettisen tavuvirran (piiritykennän emulointi)
 - Vakio bittinopeus, Constant Bit Rate (CBR)
 - AAL 2, Reaaliaikapalvelut, esim. puhe 3G verkon ilmatien yli
 - Vaihtuva bittinopeus, Variable Bit Rate (VBR)
 - AAL3/4, Ei aikakriittinen data
 - Time Invariant Data
 - AAL 5 määrittelee pakettidatan jakamisen useaan soluun
 - Best effort, esim. ei-prioriteti IP-liikenteelle
- ATM tarjoaa teleoperaattorille joustavan infrastruktuurin
- Käytännössä ATM ei ole enää yleistynyt
 - ADSL-tekniikat ratkaisevat (toistaiseksi) tilaajien dataliittymät, ja seuraavaksi tulossa kuitu, jossa Ethernet on vahvoilla.
 - 1 Gb/s ja 10 Gb/s Ethernet ovat halvempia lähiverkkovaihtoehtoja kuin ATM
 - Ethernet on käytössä edullisena vaihtoehtona myös laajaverkoissa. Osin palvelun laatu (QoS) on edelleen Ethernetin ongelma-alue

34

Laajakaistaliittymän looginen rakenne

- Kuluttajalla on käytössään ADSL modeemi (tai kaapelimodeemi), joka moduloi lähetettävät bitit tehokkaasti siirtoa varten kuparikaapelissa
- Puhelinkeskuksissa on vastaava modeemi ja se on yhdistetty DSLAM:iin (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), joka multiplexoi suurelta määrältä kuluttajia tulevat signaalit. DSLAM hoitaa myös bittinopeuden rajoituksen, laskutuksen ym. DSLAM:ista on operaattorin runkoverkon kautta yhteys Internetiin.
- Myös IP-TV signaalit kulkevat DSLAM:iin kautta, ja DSLAM yhdessä digiboxin kanssa (protokolla) valitsee kuluttajalle siirrettävät kanavat (rajoitettu kaista sallii vain yhden tai muutaman kanavan siirron ADSL:n yli).

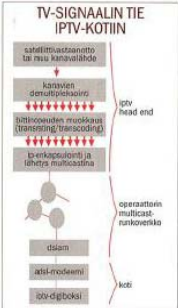


Kaapelimodeemi:

- Kaapelimodeemi siirtää laajakaistaliikenteen pitkin TV:n käytössä olevia koaksiaalkaapelia, jossa kaistaa on reilummin. Modulaationa käytetään QAM:ia.
- Ylävirtaan käytetään alle 50 MHz taajuuksia ja bittinopeus voi olla maksimissaan luokkaa 10 Mb/s, ja alavirtaan TV-kanavien taajuuksista, käyttäen QAM modulaatiota. Nopeus alavirtaan voi olla 6MHz kanavalla n. 50 Mb/s. Huomattakoon, että TV kanavat toimivat eri taajuuksilla ja signaalit eivät häiritse toisiaan.

35

Esimerkki: IP-TV: protokollapinon vaihtoehtoja



Ref: IPTV, Tietokone, Lokakuu, 2008

36

Laajakaista: Kuitu kotiin

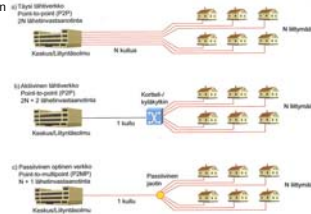
- Tehokkaiden runkoverkkojen tultua käyttöön myös TV-signaalin siirto koteihin on tullut kiinnostavaksi käyttäen IP-TV järjestelmää. IP-TV:ssä Video pakataan siirto varten IP-paketteihin.
- Ongelmaksi erityisesti teräväpiirron tultua mukaan on varsinkin ADSL laajakaistaliittymien rajallinen bittinopeus: pidemmillä etäisyyksillä jäädyään 12 Mb/s:iin, jossa menee 2-3 SD kanavaa ja ei oikein HD-kanavia

"Lopullinen" ratkaisu on kuitu, jota asennetaan nykyään kaikkiin uusiin kiinteistöihin ja vanhoihin kerrostaloihin, erityisesti jos päästään kohtuullisilla kaivukustannuksilla.

Ratkaisuna on:

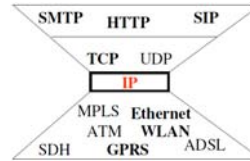
- a) Erillinen kuitu joka kotiin
- b) Aktiivinen kytkin esim. kerrostalon kellarissa, josta signaali kuluttajille 50 Mb/s VDSL-yhteyksillä puhelinkaapelioimilla. Standardin mukainen ratkaisu: Ethernet in the First Mile (IEEE 802.3ah)
- c) Passiivinen optinen verkko Passive Optical Network, PON

Kuitu kotiin: Fiber To The Home, FTTH, myös muita vaihtoehtoja, FTTX



37

IP ohjaa verkkojen kehitystä



Sovelluskerros

SMTP = Simple Mail Transfer Protocol
HTTP = Hypertext Transfer Protocol
SIP = Session Initiation Protocol
TCP = Transmission Control Protocol
UDP = User Datagram Protocol

Alimmat kerrokset

MPLS = Multiprotocol Label Switching
WLAN = Wireless Local Area Network
GPRS = General Packet Radio Protocol

IP on mitä sanoo: Inter-network Protocol

- IP erottaa yläkerran alakerrasta ja verkot toisistaan
 - teknisesti
 - liiketoiminnallisesti
- Alakerran protokollat kilpailevat keskenään
- Yläkerran protokollat kilpailevat keskenään

38

Runkoverkkotekniikojen kehitys

- Uudet palvelut käyttävät käytännössä IP-protokollia. Tällöin runkoverkkoliikenteestä valtaosa on dataliikennettä, piiriyhteyksien puheen osuuden pienetessä.
- Operaattoreiden kannalta erillinen piiriyhteyksien verkko puheen siirtoon on jatkossa kallis ylläpidettävä, ja menossa onkin voimakas siirtyminen pakettipohjaiseen siirtoon runkoverkossa.
- Tekniikkoja ovat mm.:
 - MPLS (Multiprotocol Label Switching), jossa IP-pakettien eteen laitetaan leima (Label), jonka perusteella reititys tapahtuu, ts. ei tarvita tutkia IP-pakettien otsakettietoa. Tämä tehostaa verkkoa merkittävästi.
 - Carrier Grade Ethernet. T.s. Käytetään Ethernetin kehysten siirtoa. Metro Ethernet Forum:in (MEF) vaatimukset ovat: Riittävä palvelun laatu (QoS), luotettavuus, skaalautuvuus, palveluiden hallinta, ja tuki piiriyhteyksien liikenteelle.
 - Carrier Grade Ethernet:issä operaattoreille toteutusvaihtoehtoja ovat: Ethernet over ATM; Ethernet over copper; Ethernet over MPLS; Ethernet over SDH/Sonet; Ethernet over WDM; natiivinen Switched Ethernet; multilink point-to-point protocol (MLPPP) ja langattomia myös Wifi ja Wimax.
 - WDM ja Optical Transport Network (OTN).
- Huomattakoon, että piiriyhteyksien optiset runkoverkkotekniikat soveltuvat hyvin IP-liikenteen siirtoon. IP:n kannalta ne ovat kerrosta 1-2; niiden olemassaolo on tärkeää tehokkuudelle ja luotettavuudelle siirrolle.
- Siirtymisessä "All-IP" verkkoihin haasteina ja huomioitavina asioina ovat mm.: Palvelun laatu (erityisesti end-to-end), hyvälaatuisen puheen siirto globaalisti, synkronointi (esim. tukiasemille)

39

Puhe IP:llä - Voice over IP (VoIP)

- Kun / jos piiriyhteyksien verkosta ollaan siirtymässä pakettiverkkoon, tarvitsee puhekin siirtää IP:nä. Tätä tehdään jo laajassakin mitassa, mutta lähinnä yhden operaattorin verkon sisällä, tai yhden firman LAN-verkossa tai avoimessa Internetissä olevan palvelun sisällä (esim. Skype)
- Kun mennään toisen operaattorin verkkoon kyse tulee siitä miten puhelu välitetään?
- Puhelinverkossa signaalin siirto, siis puhelun "reitittämistä", huolehtii SS7 signaaliointiverkko maailmanlaajuisesti, IP-verkossa ei ole tällaista laajasti käytössä, vaan signaaliointi on kunkin järjestelmän sisällä.
- Kun VoIP-puhe siirtyy piiriyhteyksien puhelinverkkoon tarvitaan Gateway, joka muuntaa sekä puheen koodauksen, että signaaliointin PSTN-maailmaan.
- IP-maailmassa signaaliointiin voi hoitaa SIP (Session Initiation Protocol) tai H.263-protokolla.
- Monille tunnettu VoIP-järjestelmä on Skype, joka tarjoaa ilmaiset VoIP-puhelut Internetiin liitetyille päätelaitteille. Jos halutaan soittaa vaikkapa matkapuhelimeen puhelu menee PSTN-Gateway:n kautta ja se maksaa, koska mobiilioperaattorit eivät luonnollisestikaan halua antaa ilmaisia puheluita.
- Kysymys onkin pitkälle siitä kuka maksaa ja mistä. Operaattorin pitävä maailmanlaajuisen verkon (puhelinverkko ja Internet) toiminnassa, ja tarvitsevat tuloja voidakseen tehdä sen.

40

Miten IP-puhe eroaa piiriyhteyksien puhelinjärjestelmästä?

IP-puhelut

- Äänestä otetaan 10...40 ms pätkiä, jotka koodataan sopivalla koodilla lähettäväksi biteiksi. Näytteen bitejä voidaan kytkeä rinnakkain
- Ei yhtenäistä puheenkoodausstandardia
- Päästä-päähän viive on suuri haaste
- Terminaalit ovat älykkäitä – kuluttajamarkkinan taloudellisuus
- Puheen ohjaus eri reittiä kuin varsinaisen puheen data-ensin selvitetään saadanko osapuolten välillä yhteys ja sitten vasta yhdistetään puhe.

Piiriyhteyksien puhelut

- Puhenäyte = 8 bittia
- A- and μ-law PCM-puhekoodaus
- Verkko suunniteltu referenssi-yhteyksien periaatteiden mukaan => päästä-päähän viive hallinnassa (yleensä < 50 ms)
- Langalliset puhelimet ovat "tyhmiä"
- Matkapuhelimet ovat varsin älykkäitä
- Puhelun ohjaus sidottu puheen reittiin
- Älyverkkokonsepti (IN) käytössä uusille palveluille: yhdistää puhelinverkon tietokone-maailmaan.

41

SIP: Session Initiation Protocol

SIP:in pitkän tähtäimen visio Kurosen mukaan:

- Tulevaisuudessa puhelut, videopuhelut jne. hoidetaan IP-pakettiverkoissa tai Internetin välityksellä
- Ihmiset tunnistetaan nimen tai sähköpostiosoitteen perusteella puhelinnumeron sijasta
- Voit saada kiinni vastaanottaja riippumatta missä hän on (roaming) tai riippumatta siitä mitä IP-laitetta hän käyttää.
- SIP-standardi: RFC 3261

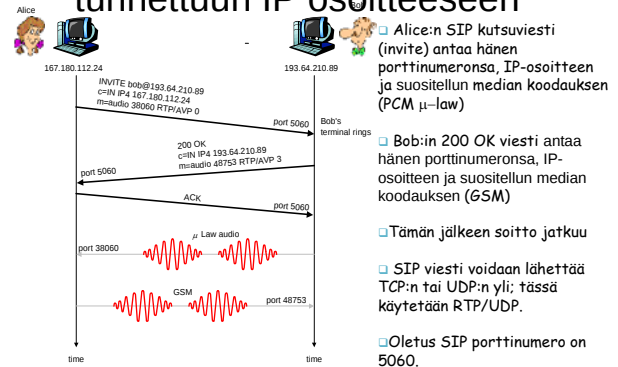
42

SIP Palvelut

- Puhelun kytkemiseen, SIP tarjoaa mekanismit
 - Soittajan kannalta antaa soitettavalle tiedon, että halutaan puhelu
 - Mahdollisuuden molemmille sopia mediatyypeistä ja koodauksesta
 - Lopettaa puhelu
- Selvittää soitettavan nykyinen osoite:
 - Yhdistää loogisen tunnisteen (esim. sähköpostiosoite) nykyiseen IP osoitteeseen
- Puhelun hallinta:
 - Lisää uusia mediastrimejä puhelun aikana
 - Muuttaa koodausta puhelun aikana
 - Kutsua muita
 - Siirtää ja pistää puheluja pitoon

43

Puhelun yhdistäminen tunnettuun IP osoitteeseen



44

Puhelun yhdistäminen (lisää)

- kodekin neuvottelu:
 - Oletetaan, että Bob:illa ei ole PCM μ -law kodekkia.
 - Bob vastaa silloin 606 ei hyväksytty (Not Acceptable), ja listaa hänelle sopiva kodekit. Alice voi sitten lähettää uuden kutsuviestin mainostaen toista kodekkia
- Puhelun hylkääminen
 - Bob voi hylätä vastauksilla "kiireinen", "ei paikalla", "maksu halutaan", "kielletty"
- media voidaan lähettää RTP:llä tai jollain muulla protokollalla.

45

Esimerkki SIP viestistä (vain infoksi)

```
INVITE sip:bob@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24
From: sip:alice@hereway.com
To: sip:bob@domain.com
Call-ID: a2e3a@pigeon.hereway.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 885

c=IN IP4 167.180.112.24
m=audio 38060 RTP/AVP 0
Notes (not part of message):
  HTTP message syntax
  sdp = session description protocol
  Call-ID is unique for every call.
```

Tässä ei tunneta Bob'in IP osoitetta. Väliin tarvitaan SIP "välitys" serveriä.

Alice lähettää ja vastaanottaa SIP viestejä käyttäen SIP oletusporttia 506

Alice spesifioi: otsakkeen kautta, että SIP-asiakas lähettää ja vastaanottaa SIP viestejä UDP:llä

46

Nimen muunnos ja käyttäjän paikkatieto

- Soittaja haluaa soittaa vastaanottajalle, mutta hänellä on vain sähköpostiosoite.
- Tarvitsee saada vastaanottajan laitteen IP-osoite:
 - Käyttäjä liikkuu
 - DHCP protokolla
 - Käyttäjällä on eri IP-laitteita (PC, PDA, autopuhelin)
- Tulos voi perustua:
 - kellonaikaan (työ, koti)
 - soittajaan (ei haluta pomon soittavan kotiin)
 - Vastaanottajan tilaan (puhutuspuhepostilaatikkoon jos vastaanottajalla toinen puhelu)
- SIP palvelimien palvelut:
 - SIP registrar palvelin (rekisteripalvelin)
 - SIP proxy palvelin (välityspalvelin)

47

SIP Registrar (esimerkki viestistä)

- Kun Bob käynnistää SIP asiakasohjelman, ohjelma lähettää SIP REGISTER viestin Bob'in registrar palvelimelle (samanlainen toiminto kuin Instant Messaging:ssa)

Register Viesti:

```
REGISTER sip:domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 193.64.210.89
From: sip:bob@domain.com
To: sip:bob@domain.com
Expires: 3600
```

48

SIP Proxy

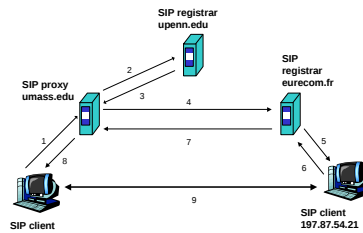
- Alice lähettää kutsu (invite) viestin proxy serverilleen
 - Sisältää osoitteen sip:bob@domain.com
- proxy reitittää SIP viestit session vastaanottajalle
 - Mahdollisesti useiden proxien kautta.
- Vastaanottaja vastaa samojen proxien kautta.
- proxy palauttaa SIP vastaus (response) viestin Alice:lle
 - sisältää Bob:in IP-osoitteen
- proxy on analoginen paikalliselle DNS palvelimelle

49

SIP redirect esimerkki

Soittaja jim@umass.edu
soittaa henkilölle
keith@upenn.edu

(1) Jim lähettää INVITE viestin → umass SIP proxy. (2) Proxy välittää pyynnön → upenn registrar serveri. (3) upenn serveri palauttaa redirect vastauksen, indikoiden, että sen pitäisi yrittää: keith@eurecom.fr



(4) umass proxy lähettää INVITE →eurecom registrar. (5) eurecom registrar forwardoi INVITE viestin → 197.87.54.21, jossa toimii keith:in SIP asiakasohjelma. (6-8) SIP vastaus lähetetään takaisin (9) mediainfo lähetetään suoraan osallistujien kesken
Huomaa: myös SIP ack (kuittaus) viestit, ei näkyvissä.

50

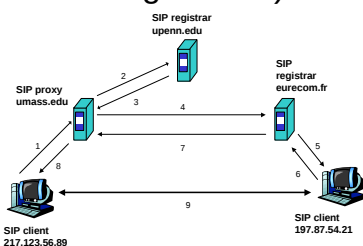
Example (edellinen englanniksi)

Caller: jim@umass.edu
with places a
call to keith@upenn.edu

(1) Jim sends INVITE message to umass SIP proxy. (2) Proxy forwards request to upenn registrar server. (3) upenn server returns redirect response, indicating that it should try keith@eurecom.fr

(4) umass proxy sends INVITE to eurecom registrar. (5) eurecom registrar forwards INVITE to 197.87.54.21, which is running keith's SIP client. (6-8) SIP response sent back (9) media sent directly between clients.

Note: also a SIP ack message, which is not shown.



51

Vertailu H.323:n kanssa

- H.323 on toinen ITU-T:n standardoima signaalointiprotokolla reaaliaikaiseen ja interaktiiviseen sessioon
- H.323 on täydellinen vertikaalisesti integroitu protokollaperhe multimedia konferensseihin: signaalointi, rekisteröinti, pääsyn kontrolli, siirto, koodikit
- SIP on yksittäinen komponentti. Toimii RTP:llä, mutta ei vaadi sitä. Voi yhdistää muiden protokollien ja palveluiden kesken.
- H.323 tulee ITU:sta (puhelinjärjestelmät).
- SIP tulee IETF:Stä: lainna paljon konsepteistaan HTTP:stä
 - SIP:illä on web:in "maku" kun taas H.323:lla on puhelinjärjestelmän tuntu.
- SIP käyttää KISS periaatetta: Keep It Simple Stupid.

52

IP Multimedia Subsystem (IMS)

Konvergenssi piirikytkentäisyyden ja
pakettikytkentäisyyden välillä



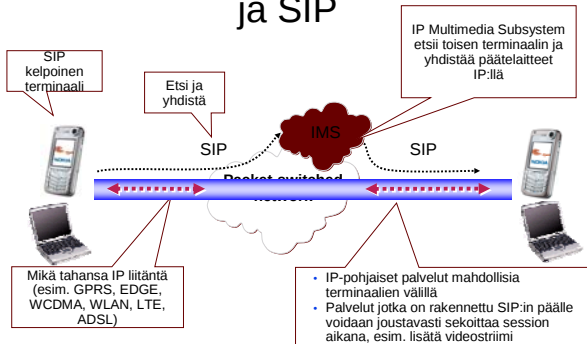
53

Taustaa: 3G verkon välitystekniikka

- 3G-järjestelmässä puheen välitys tapahtuu piirikytkentäisesti samaan tapaan ja lähes samoilla protokollilla kuin GSM:ssä
- GPRS mahdollistaa pakettidatan kännykkään käyttäjän paketit tunneloidaan GPRS rungon läpi (usean solmun kautta) Internet:iin
- IP Multimedia Subsystem (IMS) tavoittelee puhelinverkon kaltaista palvelujen operaattorihjausta pakettipalveluille mukaanlukien pakettipuhe.
- IMS on väline tähän: Se käyttää SIP protokollaa IP-kytkentäisyyden aikaansaamiseen ja voi toimia sekä puhelinverkossa, että Internetissä.
- IMS koostuu IMS palvelimista.

54

IP Multimedia Subsystem (IMS) ja SIP



55

IP Multimedia Subsystem (IMS) yleiset piirteet

IMS arkkitehtuuri on 3GPP:n standardisoima pääsyyntelmästä (verkosta) riippumaton IP pohjainen arkkitehtuuri.

IMS arkkitehtuuri mahdollistaa peer-to-peer IP kommunikation kaikentyyppisten laitteiden (client) kanssa 2G / 3G / 4G verkoissa.

IMS arkkitehtuuriin kuuluu (3GPP rel5):

- Verkkolementtejä ja referenssipisteitä
- Signaali: reititysperiaatteet, rekisteröinti, session hallinta, signaalinoinnin kompressio
- **Tietoturva:** IMS AKA (Authentication and Key Agreement), signaaloitansomien eheyden turvaaminen, verkon tietoturva
- **Palvelun laatu:** policy valvonta IMS:in ja core verkon kesken (esim. GPRS core)
- Palveluiden proviointi
- **Laskutusliitäntä**

IMS arkkitehtuuri (3GPP rel6) lisäykset:

- Yhteistointa piirkytensäyden (CS), WLAN:in ja muiden IP-verkkojen kanssa
- Ryhmien hallinta ja konferenssit
- Paikkapalvelut (Presence), Viestintä (messaging)

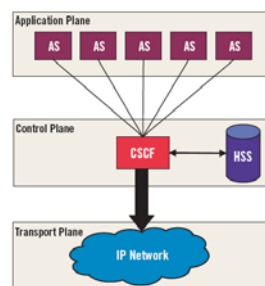
56

IP Multimedia Subsystem (IMS) Periaatteet

- Tukee käyttäjän ja terminaalin mobiilitettä
- Mahdollistaa tehdä IP liitäntöjä terminaalien välillä käyttäen SIP (Session Initiation Protocol).
- **Tavoitteena hoitaa äänipuhelut ja multimediassessiot pakettipohjaisissa mobiiliverkoissa.**
- Riippumaton pääsyyntelmästä: pääsyyntelkko voi olla 2G GPRS (GSM), 3G GPRS (WCDMA, EDGE), LTE, WLAN tai langallinen IP verkko.
- Joustava palvelunluontialusta, sovellutuspalvelimet voivat olla kytkettynä IMS:iin ISC liitännän kautta.
- Käyttäjä ja ohjaustaso on erotettu IMS:ssä: SIP signaali reititetään IMS:in kautta, käyttäjän multimediadata session aikana pitkin eri reittiä IP-verkossa.

57

Yksinkertaistettu IMS arkkitehtuuri



Call Session Control Function (CSCF): IMS arkkitehtuurin ydin, joka sisältää SIP serverin ja hoitaa yhteydet ja reitittää paketit IMS järjestelmässä. CSCF koostuu kolmesta osasta:

- 1) Serving CSCF (S-CSCF), joka on yhteydessä HSS:ään ja huolehtii IP-osoitteiden ja SIP-osoitteiden yhteydestä.
- 2) Proxy CSCF on yhteyspiste vierailussa verkossa ja se toimii päätelaitteen ja kotiverkon IMS:n välissä
- 3) Interrogating CSCF (I-CSCF), joka on Gateway muihin verkkoihin.

•Home Subscriber Server (HSS): HSS keskeinen käyttäjätietokanta joka hoitaa käyttäjän tunnistuksen (autentikointi) ja valtuutuksen (autorisointi). HSS vastaa HLR:ää GSM verkossa.

58

Yhteenvedo

- Perinteinen puhelinverkko on piirkytensä, joka sykkii 8 kHz taajuudella: puhe koodataan sillä ja kehystäjäsiirrossa (PDH, SDH, WDM, OTN) on sama 8 kHz.
- Puhelinjärjestelmä ja siihen liittyvä matkapuhelinjärjestelmä toimii luotettavasti jokaissa maapallon kolkassa. Signaaliinjärjestelmä SS7 yhdistää kaikki puhelinverkot toisiinsa.
- Uudet palvelut käyttävät käytännössä IP-protokollia. Tällöin runkoverkkoliikenteestä valtaosa on dataliikennettä, ja operaattorit ovat siirtymässä kohti yhteistä pakettipohjaista runkoverkkoa, joka siirtää sekä puheen, että muut palvelut.
- Televerkoissa nykyään tärkeitä runkoverkkotekniikoita ovat IP/MPLS ja Carrier Grade Ethernet. SDH, optinen WDM siirto ja Optical transport Network (OTN) kehystys. Runkoverkossa trendinä kerrosten 2 ja 3 yhdyntyminen.
- Puheen ja multimediassessoiden yhdistämiseen IP verkoissa tarvitaan signaaliointia ja tähän on käytössä mm. Session Initiation Protocol, SIP. SIP luo päätelaitteiden välille IP-yhteyden ja itse data voi sen jälkeen liikkua pitkin eri reittiä. Käyttäjät tunnistetaan erilaisilla nimillä kuten puhelinnumero, sähköpostiosoite jne.
- SIP on joustava erilaisille asiakaslaitteille ja ohjelmille, sekä sopii eri verkkoihin ja yhdistämään erilaisia verkkoja Gateway-laitteiden kautta.
- 3GPP standardisoinnissa on kehitetty IP Multimedia Subsystem (IMS) järjestelmä, jossa SIP toimii signaaliointiprotokollana. IMS sisältää toiminnat, joilla piirkytensäiset ja pakettipohjaiset IP-verkot voidaan liittää toisiinsa, sekä antaa mahdollisuudet tietoturvaan, palvelun laatuun ym. Näinollen se voi jatkossa toimia konvergenssialustana kun puhe siirtyy IP:hen.

59

Esimerkkejä tenttikysymyksistä

- Kuvaile jokin kanavointimenetelmä (multiplexing method). Kerro tärkeimmät ominaisuudet ja miksi sitä käytetään kyseisessä ympäristössä.
- Kuvaile ja piirrä signaaliokaavio, jossa SS7-verkon ja puhelinverkon yhteistointi kun tavallisen lankaverkon käyttäjä soittaa ystävälleen, joka vastaa puheluun.
- Puhelinverkon siirtojärjestelmät (PDH ja SDH) tarvitsevat hyvin synkronoituja kelloja. Miksi? Ja miksi Internet ei tarvitse tarkkaa kellonaikatietaoa?
- Jos tukiasema liitetään IP:llä verkkoon, tarvitaanko tarkkaa synkronointia?
- Miksi SIP:ssä voidaan käyttää erilaisia tunnistetta kuten sähköpostiosoitteita asiakkaiden identifioimiseen?
- Miksi globaalisti puhe ja video vaatii jotain muutakin (mitä?) kuin pelkkää IP-pakettien best-effort siirtoa. Miten luotettavasti toimiva piirkytensäinen siirtoverkko voi auttaa tässä?

60