



xDSL tekniikalla toteutettu tilaajaliitântä

Marko Luoma
Teknillinen korkeakoulu
Tietoverkkolaboratorio
marko.luoma@hut.fi



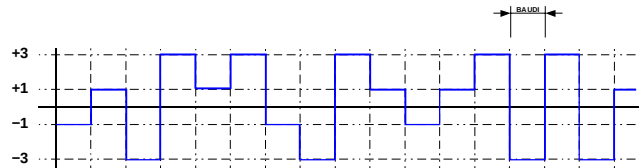
HDSL

- **HDSL** (High Bit-Rate Digital Subscriber Line)
 - Ensimmäinen kehitetty xDSL-tekniikka
 - Kantataajuus pohjainen toiminta (2B1Q)
 - Samalla linjalla ei ole mahdollista tuottaa yhtäaikaista puhelinpalvelua
 - Molempiin suuntiin symmetrinen
 - Etua yritysten dataverkkoja liitettäessä
 - Puhelinvaihteiden tilaajajohtotekniikka 'yrityслиittymissä'
 - Pimeät aikavälit
 - Käyttää useampaa kuin yhtä tilaajajohtoa palvelun tuottamiseen
 - Kahden tilaajajohdon avulla päästään 1.5Mbps (T1) nopeuteen
 - Kolmella tilaajajohdolla nopeus voidaan nostaa aina 2Mbps (E1) asti
 - Tilaaajayhteyden maksimipituus on normaalioloissa 3–4km



2B1Q

- Nelitasoinen kantataajuussignaali
 - 2 bittiä per symboli
- Käytetään
 - ISDN perusliitännässä (DSL)
 - HDSL



SDSL

- **SDSL** (Single-Line Digital Subscriber Line)
 - Yhden tilaajajohdon muunnelmä HDSL:stä.
 - Käyttää samaa 2B1Q modulaatiota
 - Nopeudet vastaavat täysin HDSL:n arvoja
 - Suosio on HDSL-tekniikkaa suurempi
 - Maksimipituus tilaajajohdolle on 3km

G.SHDSL

- **G.SHDSL** (Symmetric High Bit-Rate Digital Subscriber Line)
 - ITU-T Recommendation G.991.2
 - T1E1 – HDSL2
 - ETSI – SDSL
 - Siirtonopeudet 192 kbps – 2.312 Mbps
 - Koodaus 16-Level TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation)
 - Yhden johdinparin tekniikka
 - Siirrettävä informaatio rakenteellista
 - ATM
 - TDM
 - IP
 - Sekoitus

©Marko Luoma 2002

ADSL

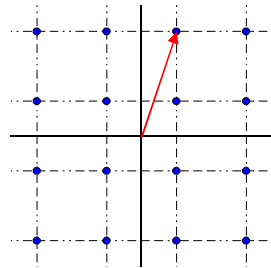
- **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line)
 - Yleisimmin käytetty xDSL-tekniikka.
 - Asymmetrinen eli nopeus verkosta tilaajalle on suurempi kuin tilaajalta verkkoon
 - Jakaa käytettävän taajuuskaistan kolmeen osaan:
 - 0–3400Hz puhelinpalvelu
 - 20–160kHz kaksisuuntainen datakanava
 - 240–1100kHz verkosta tilaajalle oleva datakanava
 - Kanavat on jaettu 256 kantoaaltoon
 - Kantoaaltoja voidaan aktivoida ja passivoida siten, että asiakkaalle tarjottava kokonaiskapasiteetti on maksimissaan 1.5–8Mbps verkosta asiakkaalle ja 1.5Mbps asiakkaalta verkkoon
 - Tilaaajajohdon maksimipituus on 4–5km välillä

©Marko Luoma 2002



CAP/QAM

- Carrierless AM/PM – Quadrature Amplitude Modulation
 - Kaksiulotteinen koodiavaruus
 - Ortogonaaliset signaalikomponentit
 - Amplitudi / Vaihe
- Käytetään
 - ADSL
 - VDSL

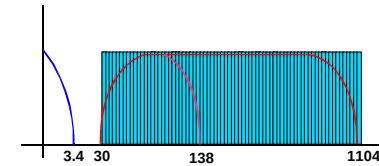


©Marko Luoma 2002



DMT

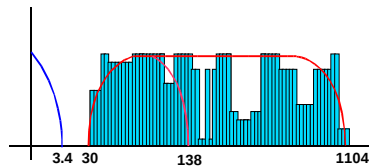
- Discrete Multitone
 - $N \times$ CAP/QAM
 - Linjakoodi muodostuu N :stä osakoodista
 - ADSL $\rightarrow N = 256$
 - Osakoodit muodostetaan nopeella (diskreetillä) Fourier muunnoksella (DFT, FFT, IFFT)
- Käytetään
 - ADSL
 - VDSL



©Marko Luoma 2002

ADSL

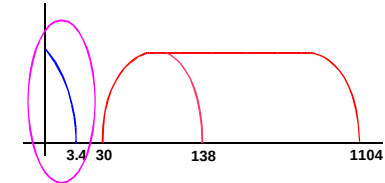
- DMT:tä käyttävä ADSL-järjestelmä mittaa jatkuvasti tilaajajohdon laatua
 - Ylikuulumista
 - Bittivirheitä
- Symbolinopeus sovitetaan tilaajajohdon laatuun



©Marko Luoma 2002

ATU-R

- ADSL Tranceiver Unit Remote
 - Tilaaajan verkkopääte, johon ADSL-siirtoyhteys terminoidaan
 - Tyypillisesti, joko
 - Kortti tilaaajan päätelaitteessa
 - Erillinen aktiivilaite
 - Voi sisältää itsessään kaistanpäästösuodattimen, jolla puhesignaali erotetaan datasiignaalista



©Marko Luoma 2002

ATU-C

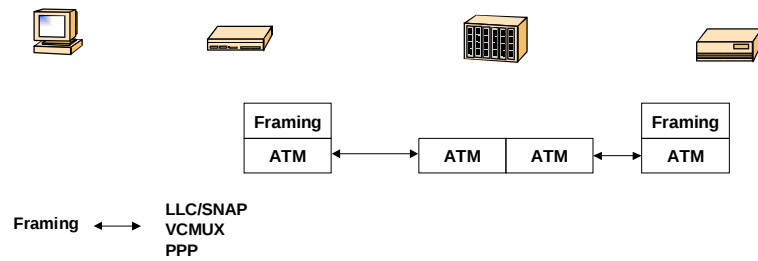
- ADSL Tranceiver Unit Central Office
 - Verkon aktiivilaiteesta löytyvä modeemi, joka huolehtii yksittäisen tilaajan tilaajayhteydestä
 - Tyypillisesti yhdistetty suuremmaksi kokonaisuudeksi -> DSLAM
 - Sisältää useita modeemeja
 - Kanavointiyksikkö, jolla modeemien informaatiovirta välitetään runkoverkkoon

Informaation kehystys

- xDSL-tilaajaliitännät on tyypillisesti tarkoitettu datan siirtoon
- Dataa siirretään joko
 - Kotitilaajalta julkiseen palveluverkkoon (Internet)
 - Kotitilaajalta yrityksen sisäiseen verkkoon (Intranet)
 - Yrityksen toimipisteiden välillä
- Kaikissa näissä tapauksissa voi tilaaja olla
 - Reititetty
 - Tilaaaja on oman aliverkon takana
 - Sillattu
 - Tilaaaja on usean muun tilaajan kanssa samassa aliverkossa

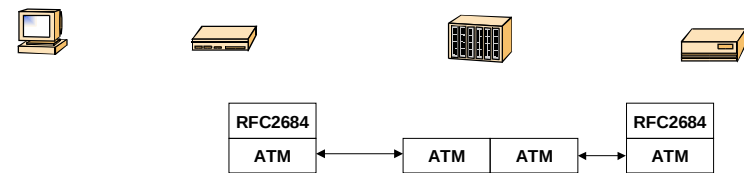


Informaation kehystys



RFC 2684

- **RFC 2684: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5**
 - Aiempi versio RFC 1483



RFC2684

- Kaksi tapaa toimia:
 - VC-kanavointi
 - Ei kehystystä -> yksittäisellä ATM virtuaaliyhteydellä voidaan siirtää vain yhden tyyppistä informaatiota
 - Yhteyden päätepisteiden tulee olla tietoisia informaation rakenteesta
 - LLC-kapselointi
 - IEEE 802.2 kehystys lisätään kaikkeen informaatioon -> yksittäinen kanava voi siirtää mitä tahansa tietoa

RFC 2684

- VC-kanavointi hyödyntää suoraan ATM AAL5:n CPCS-rajapintaa
 - Reititetyt protokollat sijoitetaan suoraan CPCS-PDU:n sisälle
 - Sillattujen protokollien tapauksessa liitetään mukaan vastaanottajan MAC-osoite

CPCS-PDU
PAD (0-47 octect)
GPCH-UU (1 octect)
CPI (1 octect) = 0x00
Length (2 octect)
CRC (4 octect)

PAD =00-00
MAC Destination
MAC kehys
LAN FCS (Riippuu VC:stä)
PAD (0-47 octect)
GPCH-UU (1 octect)
CPI (1 octect) =0x00
Length (2 octect)
CRC (4 octect)



RFC 2684

- VC-kanavointi edellyttää kommunikoivien päiden keskinäistä sopimusta virtuaalikanavalla välitettävän informaation rakenteesta
 - PVC-yhteyksillä vastuu jää ylläpitäjälle
 - SVC-yhteyksillä hyödynnetään merkinantoprotokollan optioita



RFC 2684

- **LLC-kapselointi**
 - LLC:n otsikko ilmaisee protokollan tyyppin
 - **Reititetyjen protokollien** tapauksessa voidaan käyttää mitä tahansa seuraavista kehystys vaihtoehtoista
 - Pelkkä LLC

Destination SAP
Source SAP
Frame Type
Information
PAD (0-47 octet)
GPCS-UU (1-octet)
CPI (1 octet) =0x00
Length (2 octet)
CRC (4 octet)

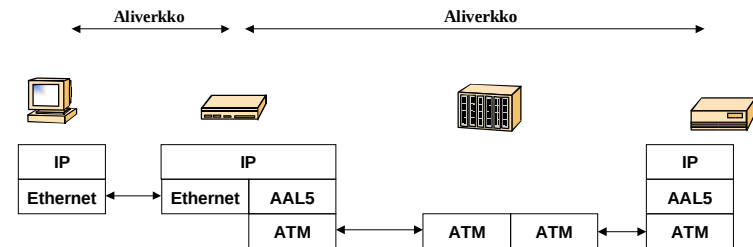
RFC 2684

- LLC/SNAP
 - Pakollinen, jos protokolla on IP
- LLC/NLPID:tä

Destination SAP =AA	AA-AA-03 -> SNAP	Destination SAP =FE	FE-FE-03 -> NLPID
Source SAP =AA		Source SAP =FE	
Frame Type =03		Frame Type =03	
OUI =00-00-00	00-00-00 -> Ehtertype	NLPID	
Ehtertype =08-00	08-00 -> IPv4	Information	
Information		PAD (0-47 octect)	
PAD (0-47 octect)		GPES-UU (1 octect)	
GPES-UU (1 octect)		CPI (1 octect) =0x00	
CPI (1 octect) =0x00		Length (2 octect)	
Length (2 octect)		CRC (4 octect)	
CRC (4 octect)			

©Marko Luoma 2002

Informaation kehystys



©Marko Luoma 2002

RFC 2684

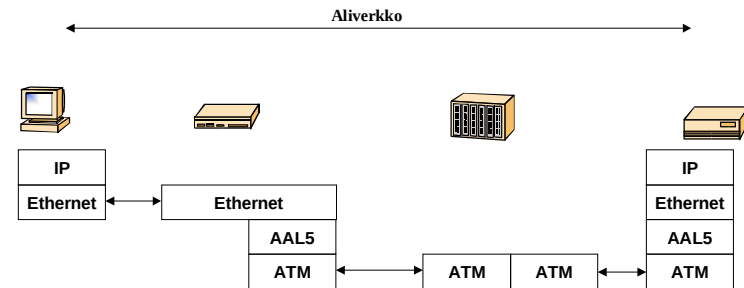
- Sillattujen protokollien** tapauksessa käytetään aina LLC/SNAP – kapselointia

Destination SAP =AA
Source SAP =AA
Frame Type =03
OUI =00-80-C2
PID =00-01 / 00-07
MAC Destination
MAC kehys
LAN FCS (PID=00-01)
PAD (0-47 octect)
GPCH-UU (1 octect)
CPI (1 octect) =0x00
Length (2 octect)
CRC (4 octect)

AA-AA-03 -> SNAP
00-80-C2 -> Bridging
00-01 -> FCS säilytetty
00-07 -> FCS ei säilytetty

©Marko Luoma 2002

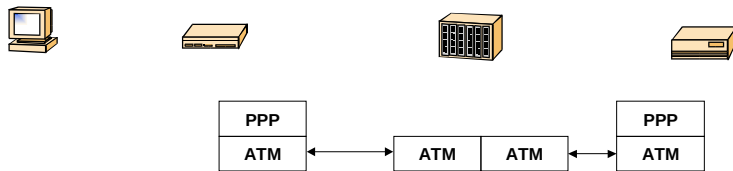
Informaation kehystys



©Marko Luoma 2002



Point to Point Protocol over ATM

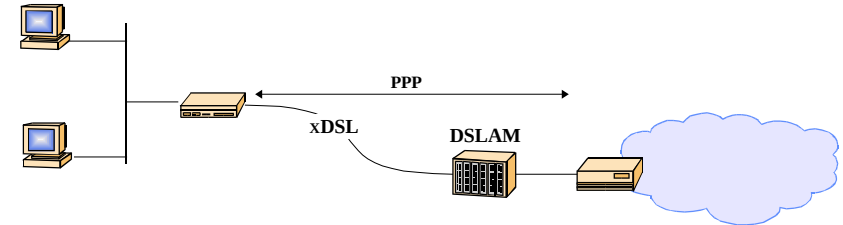


©Marko Luoma 2002



PPP over ATM (PPPoA)

- PPP-yhteys muodostetaan ATM:n terminaalien välille
 - Tyypillinen ADSL yhteys terminoidaan modeemiin, joka on joko
 - Kortti PC:ssä
 - Erillinen aktiivilaite
 - Verkossa yhteys terminoidaan aktiivilaitteeseen
 - reititin



©Marko Luoma 2002

Point to Point Protocol (PPP)

- **RFC 1661: Point-to-Point Protocol** (1994)
- Point-to-Point Protocol (PPP) tarjoaa yhtenäisen rajapinnan erilaisten verkkoprotokollien toiminnalle point-to-point (suorajohto) yhteyksillä
- PPP rakentuu kolmesta osasta:
 - **Kapselointimenetelmästä**, joka kapseloi verkkoprotokollan geneeriseen protokollariippumattomaan muotoon
 - **Siirtoyhteyden valvontaprotokollasta** (Link Control Protocol), joka muodostaa, ohjaa ja valvoo siirtoyhteyksiä
 - **Verkkoyhteyden valvontaprotokollasta** (Network Control Protocol), joka muodostaa ja ohjaa verkkoyhteyksiä

PPP – kehysrakenne

- Kapselointi perustuu verkkoprotokollan kehystämiseen
 - 1–2 mittaisella protokollatunnisteella
 - Tarvittavan mittaisella täytteellä

Protokollatunniste (1–2 tavua)	Verkkoprotokolla (N tavua)	Täyte (M tavua)
-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

- Varsinainen kehystys riippuu käytetystä siirtotekniikasta
 - PSTN
 - ISDN
 - Ethernet
 - ATM
 - FrameRelay

PPP – yhteyskäytäntö

- PPP:ssä on hallittu yhteyskäytäntö:
 - Siirtoyhteyden avaus
 - LCP asettaa siirtoyhteyksikohtaiset ohjausparametrit
 - Käyttäjän tunnistus
 - Käyttäjän tunnistus on vapaaehtoinen toiminne, jonka käyttö tulee huomioida siirtoyhteyden avausvaiheessa
 - Verkkoyhteyden avaus
 - Verkkoyhteyden avaus on protokolla riippuvainen toiminne, jossa NCP asettaa verkkoyhteyksikohtaiset ohjausparametrit
 - Verkko- / siirtoyhteyden purku
 - Verkkoyhteyksiä voidaan avata ja purkaa yksittäisen siirtoyhteyden sisällä vapaasti
 - Siirtoyhteyden purku katkaisee kaikki verkkoyhteydet, jotka on avoinna

©Marko Luoma 2002

PPP – LCP ohjausparametrit

- **Kompressio**
 - Protocol-Field-Compression
 - Hitailla yhteyksillä on mahdollista kompressoida PPP-kapselin protokollakenttä yhden tavun mittaiseksi (50% säästö)
 - Address-and-Control-Field-Compression
 - Hitailla yhteyksillä on mahdollista kompressoida L2 osoite
 - PPP-yhteydet ovat luonteeltaan suoria kaksipiste yhteyksiä, joten päätepisteet voidaan tunnistaa kokonaisluvuilla -> helppo kompressio
 - LCP-paketteja ei saa kompressoida, jotta hallintainformaatio on varmasti luettavissa

©Marko Luoma 2002

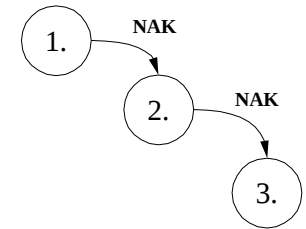
PPP – LCP ohjausparametrit

- **Maximum Receive Unit**
 - Kertoo maksimaalisen paketin koon, jota laite kykenee käsittelemään
 - Oletusarvo ja minimi vaatimus siirtoyhteydelle on 1500 tavua
 - Käytettävä pakettikoko on usein riippuvainen käytetystä mediasta
 - Hitaassa mediassa pitkä paketti aiheuttaa siirtoyhteyden varaamisen pitkäksi aikaa yhdelle verkkoyhteydelle
 - 1500 tavua 56 kbps modeemiyhteydellä (ilman kehystystä) kestää 210 ms
 - 1500 tavua 10 Mbps ethernet yhteydellä (ilman kehystystä) kestää 1.2 ms

©Marko Luoma 2002

PPP – LCP ohjausparametrit

- **Autentikointimenetelmä**
 - *Configure Request* –sanoman lähettänyt päätepiste odottaa vastaanottajan autentikoivan itsensä
 - Autentikointimenetelmän valinta tapahtuu iteratiivisesti
 - Päätepisteet neuvottelevat protokollan suosituimmuus järjestyksessä
 - Autentikointi voidaan suorittaa kumpaankin suuntaan
 - Kumpikaan osapuoli ei ole 'luotettu'
 - Menetelmän valinta riippumaton



©Marko Luoma 2002



PPP – Autentikointi

- Password Authentication Protocol (PAP)
 - RFC 1334
 - Käyttää yksinkertaista kättelyä
 - Asiakaspää lähettää
 - Verkkotunnuksen
 - Salasanan
 - Palvelinpää kuittaa
 - Kättelyn onnistuminen on varmistettu toistuvilla lähetyksillä ennen kuittausta tai yhteyden purkua
- Heikkoudet
 - Tunnus/salasana ovat selkokieleisiä
 - Mahdollistaa kaappauksen ja sitä kautta hyökkäykset
 - Yksisuuntainen salaus mahdollista, mikäli asiakasohjelma tukee
 - Skannaus mahdollista
 - Tunnus ei lukitu virheellisistä yrityksistä
 - Mahdollista tehdä tietokantaan



PPP – Autentikointi

- Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)
 - RFC 1994
 - Perustuu kaksinkertaiseen kättelyyn
 - Palvelin lähettää haasteen
 - Asiakas vastaa hash-funktion tuottamalla tuloksella (yksisuuntainen)
 - Palvelin tarkastaa tuloksen ja
 - Kuittaa
 - Purkaa yhteyden
- Kättely voidaan suorittaa tarvittaessa uudestaan
 - Rajoitetaan murretun avaimen mahdollistamaa vahingon tuottamista
- Salainen avain, jota käytetään hash-funktion laskennassa voi perustua mihin tahansa tekniikkaan
 - Pankkiavaimet !!!
- Ongelma
 - Salainen avain pitää olla myös palvelimessa selväkielisenä
 - Tietoturvariskit

PPP – Autentikointi

- **CHAP ongelmia**
 - Haaste pohjautuu operaattorin tietoon asiakkaan kyvystä vastata haasteeseen
 - Kuinka tietää asiakkaan identiteetti ???
 - Tarvitaan primäärinen tunnistaminen
 - » Tunnus/Salasana
 - » Tilaaajohto
 - » Tuki kaksinkertaiselle tunnistamiselle ???
- **CHAP ongelmia**
 - Miten välittää salaiset avaimet asiakkaalle ilman riskiä
 - Jos autentikointipalvelin ei sisällä kaikkia asiakastietoja
 - Kuinka välittää salainen avain verkon yli salattuna

PPP – Autentikointi

- **PPP Extensible Authentication Protocol (EAP)**
 - RFC 2284
 - Tarjoaa tuen useiden autentikointimenetelmien käyttöön
 - Siirtää autentikaatiomenetelmän valinnan LCP:ltä varsinaiseen autentikointivaiheeseen
 - Siirtoyhteys on pystytetty valmiiksi
 - Mahdollistaa lisäinformaation keräämisen asiakkaasta ennen algoritmin päättämistä
 - Mahdollistaa erillisen autentikointijärjestelmän käyttämisen PPP:n yhteydessä (RADIUS)



PPP – Autentikointi

- **EAP** perustuu vähintään kaksinkertaiseen kättelyyn
 - Palvelin lähettää yhden tai **useamman** pyynnön asiakkaalle
 - Ensimmäinen pyyntö on tyypillisesti identiteetin tunnistus
 - Pyyntö sisältää tyyppi kentän, joka identifioi pyynnön luonteen
 - Identiteetti
 - Tunnus / Salasana
 - Kertaluontoinen salasana
 - MD5 -haaste ...
 - Asiakas vastaa pyyntöihin niiden tyyppin mukaisella tiedolla
 - Palvelin vertaa vastausta ja kuittaa vastauksen, joko *onnistuneeksi* tai *epäonnistuneeksi*



PPP – LCP ohjausparametrit

- **Quality Protocol**
 - PPP on tarkoitettu toimimaan erilaisissa ympäristöissä
 - Jotkut siirtotekniikat aiheuttavat toisia enemmän pakettihukkaa sekä bittivirheitä
 - Näissä tapauksissa voidaan käyttää siirtoyhteyden laadun tarkkailua, jonka tuloksia päätepiste voi soveltaa yhteyden uudelleen parametrisointiin
 - Kumpaankin suuntaan riippumaton prosessi

PPP – LCP ohjausparametrit

- **Magic Number**
 - Päätepisteen tunniste, joka perustuu satunnaisuuteen
 - Generoidaan reaaliaikakellosta, verkkokortin MAC-osoitteesta tai muusta lähteestä, joka johtaa suurella todennäköisyydellä yksilölliseen tulokseen
 - Auttaa tunnistamaan siirtoyhteydellä mahdollisesti esiintyvät virheet
 - Esimerkiksi: kaiutus

PPP over ATM (PPPoA)

- RFC 2364: **PPP over AAL5**
 - PPP paketit kehystetään AAL5 kehykseen
 - Virtuaalikanava pohjaisella kanavoinnilla
 - LLC/SNAP pohjaisella kapseloinnilla
 - AAL5 -kerros tarjoaa PPP:lle
 - Point-to-point yhteyden, joka on bittisynkronisesti toteutettu
 - Yhteyden hallintasiinaalit
 - LCP:n yhteyden 'UP' ja 'DOWN' tapahtumat

PPP over ATM (kanavointi)

- VC-kanavointi
 - AAL5 -kehys ei sisällä tietoa informaation muodosta

Protocol ID	
PPP Information	PPP
Padding	
PAD (0-47 octect)	
CPCS-UU (1 octect)	
CPI (1 octect)	AAL5 -trailer
Length (2 octect)	
CRC (4 octect)	

- LLC-kanavointi

Destination SAP	
Source SAP	LLC-otsikko
Frame Type (UI)	
NLPID (PPP)	Network Layer Protocol ID
Protocol ID	
PPP Information	PPP
Padding	
PAD (0-47 octect)	
CPCS-UU (1 octect)	
CPI (1 octect)	AAL5 -trailer
Length (2 octect)	
CRC (4 octect)	

©Marko Luoma 2002

PPP over ATM (PPPoA)

- PPP-yhteyden yli siirretään tyypillisesti, joko
 - Ethernet kehyksiä
 - Sillattu palvelu
 - Verkkokerroksen ohjausprotokolla -BCP
 - IP paketteja
 - Reititetty palvelu
 - Verkkokerroksen ohjausprotokolla -IPCP

©Marko Luoma 2002

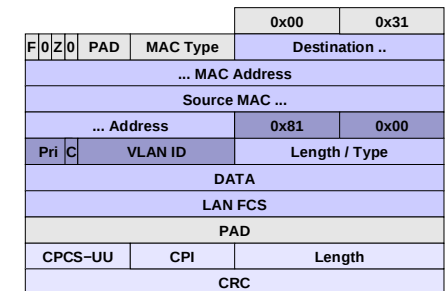
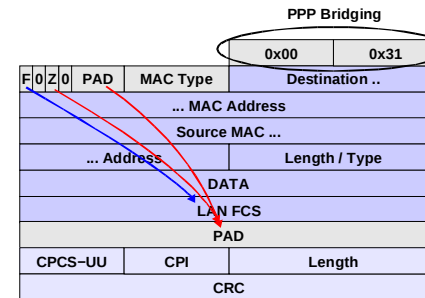
PPP – BCP

- **RFC 2878: PPP Bridging Control Protocol**
 - Mahdollistaa sillatun verkkopalvelun konfiguroinnin ennen varsinaisen informaation välittämistä linkillä
 - Sillan ID – jos tilaajan verkkopääte on loogisesti osa keskitintä
 - Yhteys ID – jos tilaajayhteys mallinnetaan sillattavana verkkona (SR)
 - MAC tuki – mitä verkkoja silta tukee (802.3, 802.4, 802.5)
 - Tinygram kompressio – minimi kehyspituutta edellyttävät täytteet poistettu
 - MAC-osoite – mahdollisuus mainostaa omaa MAC-osoitetta vastaanottajalle (Access Control)
 - IEEE 802 Tag – VLAN tunnisteiden käyttö
 - Kanavan sisäinen hallinta – erilaisten sovellushallinta protokollien aktivointi (GVRP, GMRP)

©Marko Luoma 2002

PPP – BCP

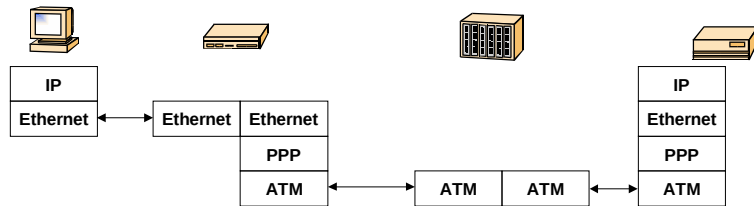
- 802.3 kapselointi
- 802.3 kapselointi (VLAN tuella)



©Marko Luoma 2002



Informaation kehystys

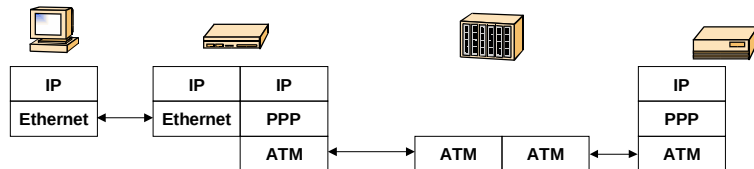


PPP – IPCP

- **RFC 1332: The PPP Internet Protocol Control Protocol**
 - Mahdollistaa reititetyn verkkopalvelun konfiguroinnin ennen varsinaisen informaation välittämistä linkillä
 - IP-osoitteen välittämisen asiakkaalle
 - TCP/IP -otsikoiden kompressio
 - Van Jacobsonin kompressio TCP-otsikolle
 - » 40 tavua -> 2-5 tavua
 - Mobile IPv4
 - DNS (primary, secondary)
 - NBNS (primary, secondary)



Informaation kehystys



©Marko Luoma 2002



PPP over ATM (PPPoA)

- **Hyvää**
 - ATM-yhteys on todella aidosti yhden asiakkaan yhteys
 - Kapasiteetti taattu asiakkaalle
 - Yhteyden turvallisuus on taattu, jos jokainen asiakas on omassa IP-aliverkossa
- **Huonoa**
 - Yhteys on luonteeltaan operaattorilta asiakkaan xDSL-pääteeseen
 - Kaikki autentikointi ja muut palvelut pitää rakentaa verkkoprotokollan päälle, mikäli käytetään erillistä verkkopäätettä

©Marko Luoma 2002

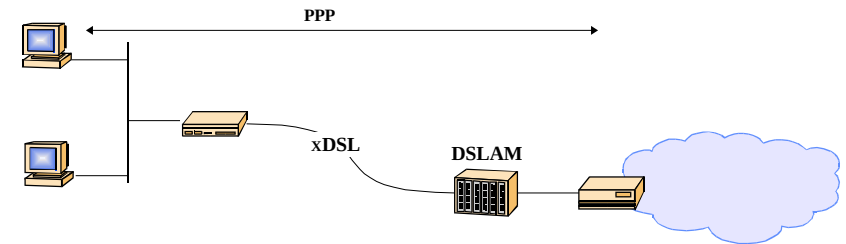
PPP over Ethernet (PPPoE)

- RFC 2516: [A Method for Transmitting PPP Over Ethernet \(PPPoE\)](#)
 - PPP –paketit kehystetään Ethernet kehykseen
 - PPP toimii resurssien jakajana Ethernet verkossa
 - Tarkoitettu mahdollistamaan ns kiinteistöverkot
 - Kiinteistön sisällä
 - Jaettu Ethernet verkko
 - Yksi liitäntäpiste operaattorille (sillattu liikenne)
 - Asiakkailla
 - Jokaisella oma yksilöllinen sopimus operaattorin kanssa
 - » Oma palveluprofiili
 - » Oma laskutus
 - » Oma autentikointi ja salaus

©Marko Luoma 2002

PPP over Ethernet (PPPoE)

- Toiminta jakautuu kahteen vaiheeseen:
 - Yhteyden alustusvaihe (Discovery stage)
 - PPP istuntovaihe (PPP session stage)



©Marko Luoma 2002



PPP over Ethernet (Discovery)

- **Käynnistys vaihe**
 - Asiakas lähettää käynnistyspyynnön Ethernet levitysosoitteeseen
 - point-to-multipoint
 - Käynnistyspyyntö sisältää palvelun nimen
 - ISP:n nimi
 - Palveluluokan nimi
- **Tarjous vaihe**
 - Tilaaakeskittimet, jotka tarjoavat asiakkaan pyytämää palvelua vastaavat asiakkaan Ethernet osoitteeseen
 - point-to-point
 - Tarjous sisältää tilaaakeskittimen nimen sekä pyydetyn palvelun nimen



PPP over Ethernet (Discovery)

- **Pyyntö vaihe**
 - Asiakas valitsee yhden tilaaakeskittimen, jolta pyytää palvelua
 - Point-to-point
 - Palvelupyyntö sisältää palvelun nimen
- **Vahvistus vaihe**
 - Tilaaakeskitin vastaa asiakkaan palvelupyyntöön
 - Point-to-point
 - Vastaus sisältää
 - Palvelun nimen
 - Avatulle PPP-yhteydelle generoidun yhteystunnisteen (SESSION_ID)



PPP over Ethernet (Session)

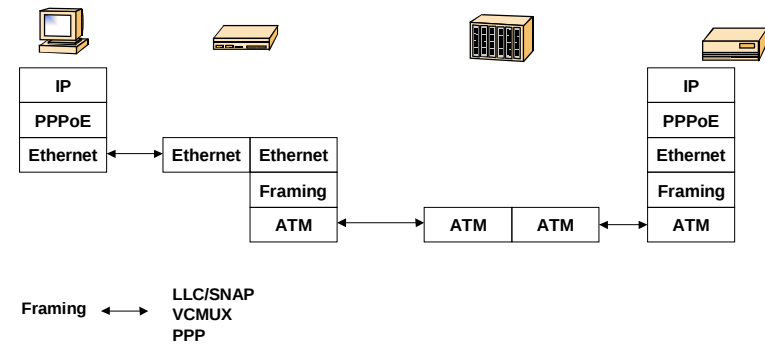
- PPP istunnon aikana paketit lähetetään vastaanottavalle tilaajakeskittimelle varustettuna yhteystunnisteella, jonka tilaajakeskitin on yhteydelle generoinut
- PPP kehyksen maksimi koko on 1492 tavua, johon lisätään PPP protokolla ID ja Ethernet kehystys – > 1500 tavua

Destination Address	Ethernet otsikko
Source Address	
Ether Type	
Version	PPPoE otsikko
Type	
Code	
Session ID	
Length	PPP
Protocol ID	
PPP Information	
Padding	
Checksum	

©Marko Luoma 2002



Informaation kehystys



©Marko Luoma 2002



SummaSummarum

- DSLAM on kaikissa tapauksissa vain 'tyhmä keskitin'
 - Eri asiakkaiden ATM-yhteydet kanavoidaan yhdelle siirtoyhteydelle kohti verkon älyä
 - Reitin, päätepalvelin etc
 - Tyypillisesti yhteydet on toteutettu PVC:nä
- Asiakasmodeemi on joko
 - Rajallisella älykkyydellä varustettu silta
 - Älykäs reitin, joka suorittaa pääsyn valvontaa, reititystä jne
- Päätelaitte voi olla täysin riippumaton verkosta tai sitten vaatia PPPoE protokollatuen