

1. B-ISDN: PROTOKOLLAT

1980- luvun alkupuolella käynnistettiin kehitystyö, jonka päämääränä oli siirtyä erillisverkoista monipalveluverkkoihin. Perinteisesti eri käyttötarkoitusta varten oli suunniteltu erillinen tietoliikenneverkko. Esim. puhelinverkot, telexverkot, viranomaisverkot ym. eivät tarjoa muita palveluita kuin niille alunperin määritellyn.

Ensimmäinen standardoitu monipalveluverkko oli kapeakaistainen ISDN (N-ISDN). Samanaikaisesti käynnistettiin laajakaistaisen ISDN:n (B-ISDN) kehitystyö. Tarkoituksena oli toteuttaa monipuoliset palvelut nopeita tiedonsiirtoyhteyksiä vaativille sovelluksille. Tällaisia sovelluksia on esimerkiksi video-on-demand, suurivolyyminen tiedonsiirto ja maksu-TV.

N-ISDN:n käyttöönotto oli kuitenkin hidasta ja N-ISDN:n läpimurto tapahtuikin vasta Internetin kotiliittymien kehityksen myötä. N-ISDN nimen saama huono kaiku on vaikuttanut mm. yleiseen mielipiteeseen B-ISDN:stä. On jopa esitetty, että B-ISDN:lle annettaisiin uusi "modernimpi" nimi.

B-ISDN:n tavoitteena on joustava laajakaistaisten palveluiden tarjoaminen 150 Mbit/s ja sitä suuremmilla nopeuksilla. Tämä vaati aivan uudenlaista tekniikkaa. Tämän perusteella on ATM yleismaailmallisesti valittu B-ISDN- verkon tavoitetekniikaksi. Tänä päivänä ATM onkin melko pitkälle synonyymi B-ISDN:lle. Tämän havaitsee erinomaisesti B-ISDN:n protokollaviitemallista, joka perustuu suoraan ATM tekniikkaan.

1.1 Standardien kehitys

B-ISDN:n kehitystyö aloitettiin 1980- luvun alussa. B-ISDN:n kehitykseen on ollut vaikuttamassa kaksi tahoa: ITU-T ja ATM Forum. ITU-T on keskittynyt standardoimaan ATM:ää lähinnä julkisen B-ISDN verkon tarpeita varten. ATM forum on laitevalmistajien voittoa tuottamaton yhteenliittymä, jonka tarkoituksena nopeuttaa ATM tekniikan ja -palveluiden käyttöönottoa yksityisissä verkoissa.

Kun ITU-T:n toiminnassa pääpaino on palvelulla verkko-operaattoreita ja kansallisia telehallintojärjestelmiä niin ATM Forum kiinnittää enemmän huomiota käyttäjien ja laitevalmistajien tarpeisiin. Molemmilla laitoksilla on tärkeä rooli ATM:n kehitystyössä ja ne toimivat yhteistyössä tarkoituksena luoda yleismaailmallinen B-ISDN verkko.

Taulukko 1. Tärkeimmät B-ISDN:ään liittyvät ATM standardit

G.709	Synchronous Multiplexing Structure
I.113	Vocabulary of Terms for Broadband Aspects of ISDN
I.121	Broadband Aspects of ISDN
I.150	BISDN ATM Functional Characteristics
I.211	BISDN Service Aspects
1.311	BISDN General Network Aspects
I.321	BISDN Protocol Reference Model and its Application
1.327	BISDN Network Functional Architecture
1.361	BISDN ATM Layer Specification
1.362	BISDN ATM Adaptation Layer (AAL) Functional Description
I.363	BISDN ATM Adaptation Layer (AAL) Specification
1.364	Support of Broadband Connectionless Data Service on BISDN
I.371	Traffic and Congestion Control in BISDN
I.413	BISDN User-Network Interface
1.414	Overview of Recommendations on Layer 1 for ISDN and BISDN Customer Accesses
I.430	Layer 1 Specification at the Basic Rate
1.431	Layer 1 Specification at the Primary Rate User Network Interface
1.432	BISDN User-Network Interface Physical Layer Specification
I.441	ISDN User-Network Interface Data Link Layer Specification
I.600	Application of Maintenance Principles to ISDN Subscriber Access and Subscriber Installation
1.610	OAM Principles of BISDN Access
M.20	Maintenance Philosophy for Telecommunications Networks
M.30	Principles for a Telecommunication Management Network
M.36	Principles for the Maintenance of ISDNs
Q.2110	BISDN Signaling ATM Adaptation Layer (SAAL) – Service specific connection oriented protocol
Q.2130	BISDN Signaling ATM Adaptation Layer (SAAL) – Service specific coordination function for support of signaling at the UNI
Q.7140	BISDN Signaling ATM Adaptation Layer (SAAL) – Service specific coordination function for support of signaling at the NNI
Q.2761	Functional Description of the BISDN User Part of Signaling No 7
Q.2762	Functional Description of the BISDN User Part of Signaling No 7 General Functions of Messages and Signals
Q.2763	Functional Description of the BISDN User Part of signaling No 7 Formats and Codes
Q.2764	Functional Description of the BISDN User Part of signaling No 7 Signaling Procedures
Q.2931	BISDN User-Network Interface Layer 3 Protocol

Taulukko 2. Tärkeimmät ATM Forumin spesifikaatiot

DXI	Data Exchange Interface	1993
UNI 3.1	User-Network Interface Specification Version 3.1	1994
IISP	Interim Interswitch Signaling Protocol	1995
LANE	LAN Emulation (V1)	1995
AMS	Audio Visual Multimedia Services	1995
CES	Circuit Emulation Service	1995
FUNI	Frame User-Network Interface	1995
UNI 4.0	Signalling version 4.0	1996
PNNI	Private Network-to-Network Interface Phase 1	1996
B-ICI	Broadband Inter-Carrier-Interface (V2)	1996
TM	Traffic Management 4.0	1996

1.2 ATM:n perusteita

Suurin syy miksi ATM valittiin B-ISDN:n tavoiteteknologiaksi on se, että ATM pystyy palvelemaan hyvin erilaisia sovelluksia. ATM ei ole kehitetty mitään erillistä sovellusta (ääni, data, video) varten. Pikemminkin ATM on kompromissi erilaisten sovellusten välillä.

ATM on pakettimuotoinen kiinteämittaisten solujen siirtotapa, joka perustuu asynkroniseen aikajakoiseen kanavointiin. Jokainen solu koostuu 5 tavuisesta otsikosta ja maksimissaan 48 tavun mittaisesta hyötykuormasta. Soluotsaketta voidaan jatkaa määräämällä hyötykuormasta muutama lisätavu otsikolle. Otsikkoa käytetään lähinnä solujen reititykseen ja näin samaan virtuaaliyhteyteen kuuluvat solut tunnistetaan otsikon perusteella. ATM solujen sisältämä käyttäjän informaatio siirretään verkon yli läpinäkyvästi eli kytkimissä tarkastetaan ja päivitetään ainoastaan otsikkotietoja.

ATM on yhteydellinen tiedonsiirtotapa. Päätelaitteiden välille muodostetaan kahdenlaisia yhteyksiä: virtuaalipolkuyhteyksiä (VPC) ja virtuaalikanava-yhteyksiä (VCC). Solujen reititys kytkimessä tapahtuu ensin virtuaalipolussa ja sen jälkeen virtuaalikanavassa. Fyysisestä siirtotiestä muodostetaan looginen verkko (virtuaaliverkko) VPI/VCI- taulujen avulla. Virtuaaliverkot voivat olla joko pysyviä tai kytkentäisiä. Pysyvät virtuaaliverkot muodostetaan verkonhallinnan ja kytkentäiset virtuaaliverkot signaloinnin avulla.

Otsikkossa olevat reititystiedot ovat määrätty jokaista yhteysväliä kohti ja ne muuttuvat kun solu reititetään edelleen kytkimessä. Yhteys muodostuu virtuaalipoluista (VP) ja virtuaalikanavista (VC). Virtuaalipolku on "putki" verkon osan läpi. Se voi päättyä joko päätelaitteessa tai solmussa. Virtuaalipolku voi sisältää useita virtuaalikanavia. Soluotsakkeessa olevat

VPI- ja VCI- kentät määräävät solun virtuaalireitin verkossa. VPI- ja VCI- arvot voidaan asettaa käyttäjän, verkon tai valmiiden standardien pohjalta (esim. signaalintikanavat).

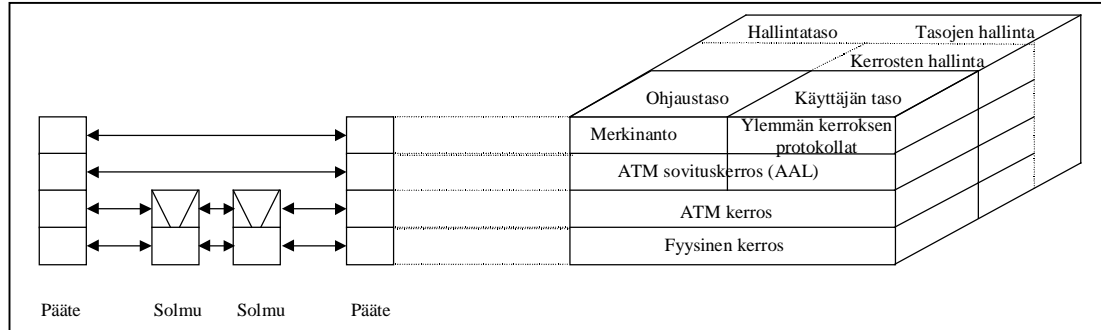
Virtuaalikanavassa kulkee varsinainen siirrettävä informaatio. Virtuaalikanavalle voidaan määrätä attribuutteja, kuten QoS ja läpäisy. Signaali ja käyttäjän informaatio siirretään erillisessä virtuaalikanavassa.

1.3 B-ISDN:n protokollaviitemalli

B-ISDN:n standardit ja protokollat on kehitetty B-ISDN:n protokollaviitemallin ympärille (kuva 1). ISO:n OSI:sta tuttu kerrosrakenne helpottaa protokollien ja standardien suunnittelua. ISO:n OSI- mallin ja B-ISDN:n protokollaviitemallilla ei kuitenkaan ole mitään muuta yhteistä kuin, että fyysinen kerros on melkein vastaava OSI:n ensimmäisen kerroksen kanssa. B-ISDN:n protokollaviitemallista voidaan havaita B-ISDN:n yhteys ATM:n kanssa.

B-ISDN:n protokollaviitemalli on jaettu kolmeen eri tasoon:

- Käyttäjän taso: Käyttäjän informaation siirto
- Ohjaustaso: Yhteyksien ohjaus ja valvonta
- Hallintataso: Verkonhallinnan toiminnot



Kuva 1. B-ISDN:n protokollaviitemalli

1.4 Fyysinen kerros

Fyysisen kerroksen tehtävänä on sovittaa bittivirta fyysiseen siirtotiehen ts. siirtää ATM- solut bittivirtana annettua siirtotietä pitkin. Fyysisen kerros on jaettu kahteen alikerrokseen (kuva 2). PH:n (Physical medium) ja TC:n (Transmission convergence). Fyysinen kerros tukee monia fyysisiä siirtoteitä (valokaapeli, kuparikaapeli, ym.)

Konvergenssi		AAL
Segmentointi ja uudelleen kokoaminen		
Geneerinen virran kontrollointi (GFC) Solun VPI / VCI muunnos Solujen multipleksointi ja demultipleksointi Soluotsakkeen luonti ja poisto		ATM
Solunopeuden irtikytkentä	TC	FYYSINEN
Soluotsakkeen tarkatuskentän luonti ja tarkistus Siirtokehykseen mahdolluttaminen Siirtokehyksen luonti ja poisto		
Bittiajoitus Fyysinen väliaine	PM	

Kuva 2. ATM kerroksien tärkeimmät tehtävät

1.4.1 PM (physical medium)

PM- alikerros sisältää ainoastaan fyysiseen siirtotiehen liittyviä toimintoja. Kerros on vastuussa bittien virheettömästä lähettämisestä ja vastaanotosta. Tähän kuuluu mm. bittien ajastus ja linjakoodaus.

1.4.2 TC (Transmission convergence)

TC- alikerroksella on viisi tehtävää. Ensimmäinen tehtävä on siirtokehyksen luonti ja vastaanotto. Seuraavaksi kerros huolehtii soluvirran sovittamisesta alla olevalle tiedonsiirtoprotokollalle sopivaksi. Tiedonsiirtoprotokolla voi olla esim. SDH. Lisäksi kerros huolehtii, että vastaanottaja pystyy erottelemaan eri solut toisistaan. Kerros lisää solun otsikkoon HEC tarkistussarjan. Tällä voidaan tarkastaa onko solun otsikossa tapahtunut virheitä siirtotiellä. Viimeinen tehtävä on lisätä soluvirtaan ajastussoluja, joilla voidaan säätää tiedonsiirron nopeutta.

1.5 ATM- kerros

ATM- kerros on täysin fyysisestä siirtotiestä itsenäinen palveluriippumaton kerros. ATM:n käyttämä lyhyt kiinteämittainen solu mahdollistaa nopean kytkentäteknikan. Samalla se kuitenkin aiheuttaa ongelmia liikenteen hallinnan kanssa. ATM- kerroksella on neljä eri tehtävää.

- Soluotsakkeen generointi (paitsi HEC tarkistussarja) ja poisto. Ainoastaan hyötykuormakenttä siirretään ATM- sovituserrokselle.
- Solujen multipleksointi ja demultipleksointi. Lähtevät solut, jotka on ohjattu eri virtuaalipoluille ja –kanaville multipleksoidaan yhteen soluvirtaan. Tulevasta soluvirrasta ohjataan solut oikealle virtuaalipolulle ja –kanavalle.

- Virtuaalipolkujen ja –kanavien osoitteet päivitetään, kun solu saapuu ATM- kytkimeen. Jos solu saapuu ATM- solmuun, niin ainoastaan virtuaalipolun osoite päivitetään.
- Soluvirran kontrollointi (GFC) asiakkaan verkossa.

1.6 ATM sovituseros (AAL)

ATM sovituseros on ensimmäinen kerros, joka on vastuussa päästä-päähän tiedonsiirrosta (ks. kuva 1). Pelkistetysti ATM sovituseroksen tehtävänä on sovittaa eri palvelutyypin erityiset tarpeet ATM- kerroksen tarjoamaan solukuljetuspalveluun. ATM sovituseros jakaantuu edelleen kahteen alikerrokseen: Sovitusalikerrokseen (convergence sublayer) ja paloittelualikerrokseen (segmentation and reassembly sublayer). Vaikka ATM sovituseros tarkistaa mahdolliset virheet ei se niitä kuitenkaan korjaa. Korjaus on jätetty ylempien kerrosten vastuulle.

Paloittelualikerros pilkkoo ylemmiltä kerroksilta tulevat datalohkot sopivan kokoisiksi paloiksi ja vastaavasti kokoaa alemmalta kerrokselta tulevat solut datalohkoiksi. Sovitusalikerros tukee datan siirtoa ATM- verkon yli. Käyttäjät voi valita haluamansa AAL- tyyppin palveluluokan mukaan.

1.6.1 Palveluluokat

Kaikkien liikennetyyppien tarpeita ei voida tyydyttää yhdellä sovituseroksella, joten erilaisille palvelutyypeille on oma ATM sovituseros. Palveluluokkia on viisi erilaista (taulukko 3). Taulukosta puuttuu luokka X, joka on pitkälti käyttäjän määriteltävissä.

Taulukko 3. ATM sovituseroksen palveluluokat

	A (AAL 1)	B (AAL 2)	C (AAL ¾ AAL 5)	D (AAL 5 AAL ¾)
Ajastus	Tulee siirtää		Ei tarpeen	
Bittinopeus	Vakio	Vaihteleva		
Yhteysmuoto	Yhteydellinen			Yhteydetön

Luokka X on yhteydellinen ATM- kuljetuspalvelu, jonka ominaisuudet on käyttäjänsä määriteltävissä. Verkkoa koskevat ainoastaan vaadittu kaista ja QoS- parametrit. Tämä luokka ei ole ITU-T:n standardoima vaan ainoastaa ATM Forumin esittämä.

Luokka A on tarkoitettu piiriemulointiin. Sillä voidaan emuloida vuokrattua johtoa. Luokka on tarkoitettu vakionopeuksisille ääni- ja videosovelluksille (CBR). Sovelluksille tunnusomaisia piirteitä ovat vakionopeuksinen tiedonsiirto sekä lähteessä että vastaanottopäässä. Vastaanottajalla ja lähettäjällä on tiukka ajoitussuhde ja palvelun käyttäjien välillä on yhteys.

Luokka B on tarkoitettu vaihtuvanopeuksisille sovelluksille. Luokka B eroaa luokka A:sta ainoastaan siinä, että tiedonsiirtonopeus ei ole vakio. Tällaisia sovelluksia on esim. vaihtuvanopeuksisesti koodattu ääni ja -kuva (VBR).

Luokka C vastaa perinteisten pakettiverkkojen, kuten X.25, liikennettä. palvelun käyttäjien välillä on yhteys ja liikenne on vaihtuvanopeuksista, purskeista.

Luokka D vastaa yhteydettömien tiedonsiirtotapojen, kuten TCP/IP, liikennettä. Tiedonsiirto on vaihtuvanopeuksista.

1.6.2 AAL- tyypit

Alunperin jokaiselle palveluluokalle määriteltiin oma AAL- tyyppinsä. Myöhemmin lisättiin vielä yksi yksinkertaisempi AAL- tyyppi (AAL 5), koska AAL- tyyppi $\frac{3}{4}$ oli turhan monimutkainen. Nykyisin kytkentä palveluokkien ja AAL- tyyppien välillä on purettu ja näitä voidaan yhdistellä vapaasti.

AAL- tyypit:

- AAL 0: Ei sovitusta, Solut siirretään ATM- verkon läpi läpinäkyvästi
- AAL 1: Tarjoaa palveluluokan A sovitustoimenpiteet
- AAL 2: Tarjoaa palveluluokan B sovitustoimenpiteet
- AAL $\frac{3}{4}$: Sovitus luokille C ja D. Tyypit 3 ja 4 yhdistettiin suunnittelun aikana. Ylisuunniteltu ja monimutkainen.
- AAL 5: Sovitus luokille C ja D. Suuniteltiin korvaamaan tyyppi $\frac{3}{4}$. Yksinkertaisempi kuin tyyppi $\frac{3}{4}$, mutta sisältää vähemmän toimintoja.
- SAAL: Merkinanto- AAL. Sovitus merkinanolle. Tehtävänä on siirtää UNI- ja NNI- liitäntöjen yli verkkokerrosten välistä informaatiota.

1.7 Sovelluksia

B-ISDN:lle on paljon hyödyllisiä sovelluksia. ATM- tekniikka tulee olemaan yleisin käytössä oleva protokolla runkoverkkoratkaisuissa. ATM pystyy palvelemaan hyvin erilaisia sovelluksia aina normaaleista puheluista suurta siirtokapasiteettia vaativiin sovelluksiin. Ehkä kiinnostavimmat B-ISDN sovellukset tulevat olemaan video-on-demand, videokonferenssi ja mobiilit tietoliikennesovellukset langattomissa verkoissa.

1.8 Yhteenveto

B-ISDN odottaa vielä tulemistaan. B-ISDN:n valmistumisen hitauteen on varmasti useita syitä, mutta uskaltaisin väittää, että ATM:n tekninen kypsymättömyys on ollut suuresti vaikuttamassa B-ISDN palveluiden puutteeseen. Palveluita ei ole saatu riittävän halvalla, jotta niitä voisi myydä kilpailukykyisillä hinnoilla. Luulen, että parin vuoden takaiset toiveet siitä, että ATM- johto vedettäisiin jokaisen omaan työasemaan on jo kuopattu ja

nyt haetaan uusia ratkaisuja. Tällaisia voisi olla esim. LANE (LAN-over-ATM) tai IP-over-ATM. ATM:n käyttö rajoittuu tulevaisuudessa lähinnä runkoverkkoihin.

1.9 Lyhenneluettelo

AAL	ATM Adaptation Layer
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
CBR	Constant Bit Rate
CRC	Cyclic Redundancy Check
GFC	Generic Flow Control
HEC	Header Checksum
ISO	International Organization for Standardization
ITU-T	International Telecommunications Union- Telecommunication Standardization Sector
N-ISDN	Narrowband Integrated Services Digital Network
NNI	Network-to-Network Interface
OSI	Open System Interconnection
PH	Physical Medium
QoS	Quality of Service
SAAL	Signaling ATM Adaption Layer
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
TC	Transmission Convergence
TCP / IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
UNI	User-to-Network Interface
VBR	Variable Bit Rate
VC	Virtual Channel
VCC	Virtual Channel Connection
VCI	Virtual Channel Identifier
VP	Virtual Path
VPC	Virtual Path Connection
VPI	Virtual Path Identifier

1.10 Lähdeluettelo

Stallings, William: ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM. 3. painos, 1995

Martin De Prycker: Asynchronous Transfer Mode- Solutions for Broadband ISDN, 3.painos, 1995

Fred Halsall: Data Communications, Computer Networks and Open Systems, 4. painos, 1996

<http://www.itu.int/>: International Telecommunications Union- homepage

<http://www.npac.syr.edu/users/gcf/atmmahesh/index.html>: Slitex Foilset
Asynchronous Transfer Mode Tutorial