

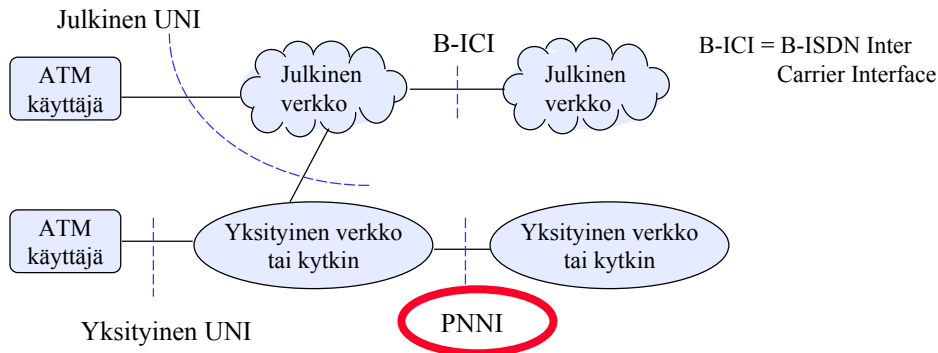
PNNI - Private Network to Network Interface

Principles
Topology concepts
Routing Protocols
Topology aggregation
Call setup and routing algorithm

ATM:n perusteita

- ATM = Asynchronous Transfer Mode
- Yhteydellinen siirto
 - VCI (Virtual channel identifier)
 - VPI (Virtual path identifier)
- Tieto lähetetään kiinteän mittaisissa paketeissa, *soluissa*
 - 5 tavua otsikko + 48 tavua data → solun pituus 53 tavua
- Kahdentyypisiä liitäntöjä
 - UNI (User-network interface)
 - Kytkee päätelaitteen kytkimeen
 - NNI (Network node interface)
 - Kahden kytkimen välinen liitäntä
- Sekä UNI että NNI voidaan jakaa yksityiseen ja julkiseen versioon

ATM Forumin mallissa PNNI yhdistää yksityisiä verkkoja

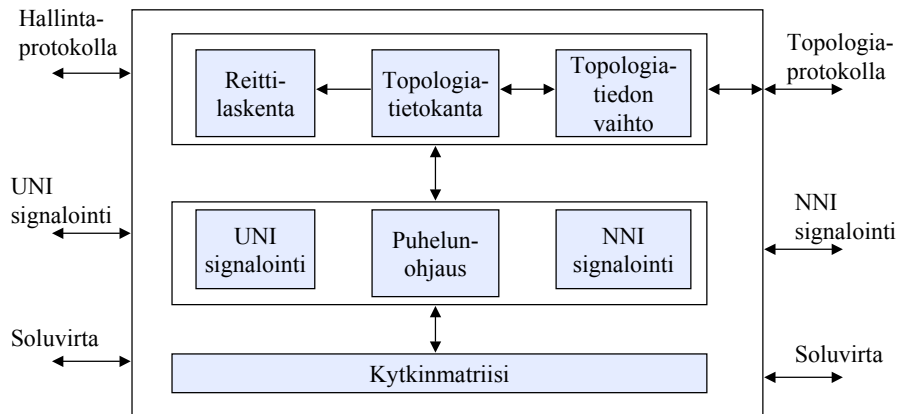


PNNI 1.0 speksi on af-pnni-0055.000, päivätty maaliskuussa 1996, yli 365 sivua.

Private-Network-to-Network Interface (PNNI) on tarkoitettu yhdistämään yksityisen verkon ATM kytkimiä

- PNNI sisältää reititys- ja signointiprotokollan.
- Vaatimuksia ovat skaalautuvuus, tehokkuus, QoS tuki, vikasietoisuus linkkien ja solmujen suhteen sekä yhteiskäyttö muiden protokollien kanssa.
- PNNI-reititys perustuu OSPF:n tapaan verkkotopologiaan, jota hierarkisoidaan ja aggregoidaan.
- PNNI signointi periytyy ATM-Forumun UNI merkinannosta. Lisänä lähdereititys ja crankback.

PNNI:n solmun referenssimalli on



S-38.121 / S-03 / RKa, NB

PNNI-5

PNNI reititustoimintoja ovat

- Naapureiden ja linkkien tilan havaitseminen huomioprotokollan avulla. *Vertaisryhmien* muodostus.
- Topologiatietokantojen synkronointi välittämällä *topologiatilaelementtejä* (*PSTE = PNNI Topology State Elements*) horisontaalisesti ryhmän sisällä.
- *Vertaisryhmän johtajien* (*PGL*) valinta topologiatilaelementtien tietojen perusteella.
- Topologiatiedon aggregointi (*PGL:n* tehtävä).
- Reititushierarkian muodostaminen (*PGL* välittää äitiryhmälle aggregoimansa tiedot

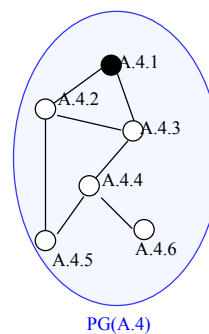
S-38.121 / S-03 / RKa, NB

PNNI-6

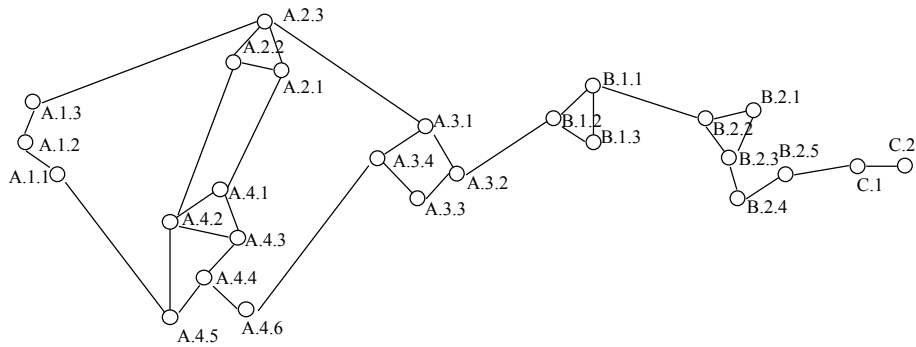
Tarkastellaan PNNI topologiakäsitteitä ja topologiaprotokollia

Vertaisryhmä on PNNI reitityksen avainkäsite

- **Vertaisryhmä** (*peer group*) on loogisten solmujen joukko, joiden näkemät verkkotopologiatiedot ovat samat.
 - Tämä sisältää sekä ryhmän oman topologian, että muun verkon kuvauksen.
- Solmuilla on yhteinen **osoiteprefiksi** (esim A.4) tehokkaan koodauksen takia.
 - Prefiksi on konfigurointiparametri ja sen asettaa operaattori.
- Vertaisryhmän toimiva koko on max. kymmeniä solmuja (esim 30 50).



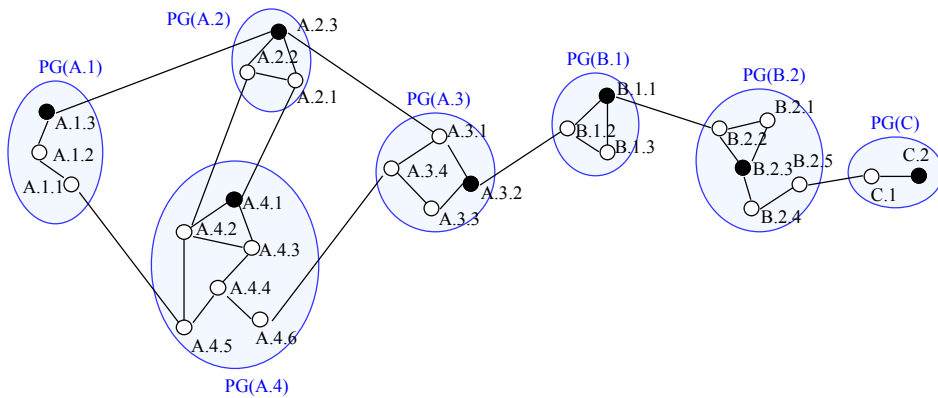
Esimerkkitopologia (1)



S-38.121 / S-03 / RKa, NB

PNNI-9

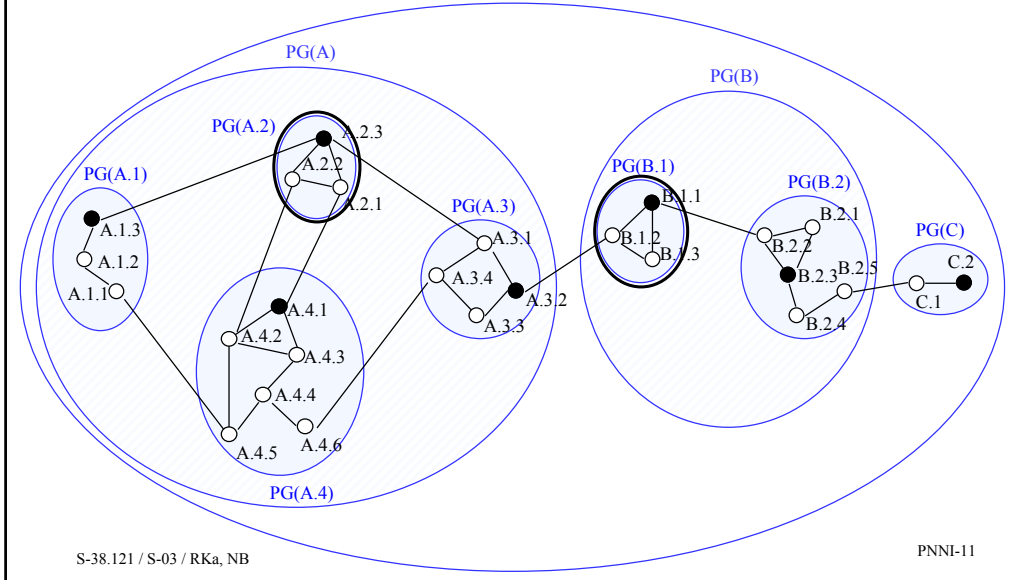
Esimerkkitopologia (2)



S-38.121 / S-03 / RKa, NB

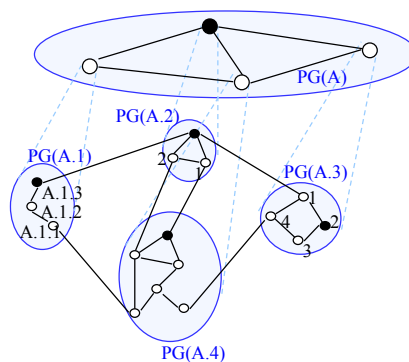
PNNI-10

Esimerkkitopologia (3)



Vertaisryhmät muodostavat hierarkian

- Vertaisryhmät muodostavat hierarkian. Osoiteresoluutio huononee eli prefiksi lyhenee ylöspäin. Prefixin pituus kertoo hierarkiatason, eli tasojen numerointi alkaa “ylhäältä”.
- **Vertaisryhmän johtaja**, PGL –peer group leader (vrt. designated router OSPF:ssä) aggregoi ryhmän kuvauksen ja välittää sen hierarkiassa seuraavalle vertaisryhmälle.
- PGL myös vastaanottaa ulkoiset topologiatiedot ja levittää ne ryhmäänsä.



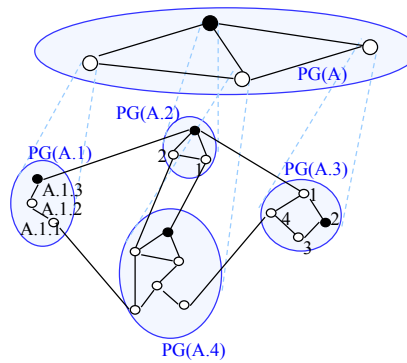
Topologia koostuu loogisista solmuista ja loogisista linkeistä

Ylemmillä tasoilla:

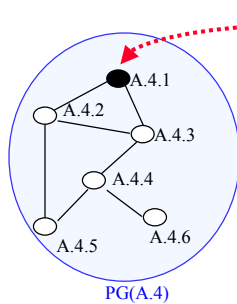
- Looginen solmu edustaa seuraavaa alemman tason vertaisryhmää.
 - Käytännössä loogisen solmun toiminnot hoitaa edellisen tason PGL.
- Looginen linkki = alemman tason vertaisryhmiä yhdistävä suora linkki

Alimman tason vertaisryhmässä

- Looginen solmu = fyysinen solmu.
- Looginen linkki = fyysinen linkki



Vertaisryhmän johtajan valinta on pitkälle automaattista eikä häiritse yhteyksien muodostusta



PGL:n tehtävänä on

- aggregoida ryhmänsä topologia
- välittää se ylöspäin vertaisryhmähierarkiassa
- vastaanottaa ylempää hierarkiasta lähetetty topologia ja levittää se omaan ryhmään.

PGL:n valinta

- PGL valinta perustuu kerättyihin topologiatietoihin.
- Valittavalla pitää olla tarpeeksi korkea prioriteetti ja sen pitää tietää äiti-vertaisryhmän tunniste
- Valitun PGL:n prioriteetti nostetaan stabiilisuussyistä
- Kaikkien solmujen ei tarvitse olla vaalikelpoisia.
- PGL voidaan uudelleevalita automaattisesti operaattorin puuttumatta asiaan.

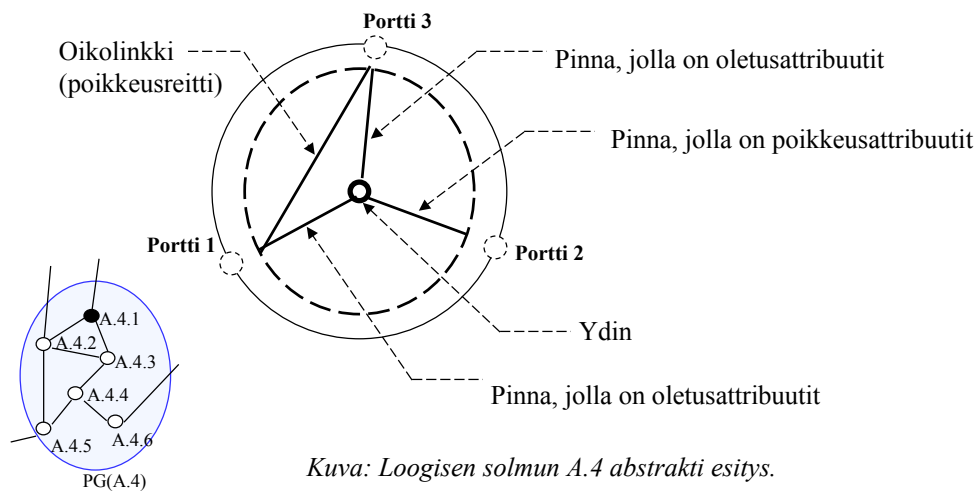
Topologiatilaelementit (PSTE:t) kuvaavat topologian

PSTE:t muodostetaan huomioprotokollan välittämistä tiedoista ja levitetään vertaisryhmiin.

Otsikko	PTSE:n tunnistetiedot, järjestystiedot PTSE:n vanhenemistiedot
lähettäjän tiedot	Lähettäjän tunniste Lähettäjän reitityskyvyt, vaalikelpoisuus ja PGL prioriteetti
käsitys topologiasta	Linkkien (horisontaalinen/vertikaalinen) ja solmujen parametrit: jaetaan attribuutteihin ja mittoihin (metriikkoihin)
saavutettavuus-tiedot	Sisäiset ja ulkoiset (myös ei-PNNI) osoitteet, joihin solmu reitittää liikennettä

PSTE = PNNI Topology State Element.

Vertaisryhmän topologia voidaan aggregoida abstrahoimalla sen rakenne loogiseksi solmuksi

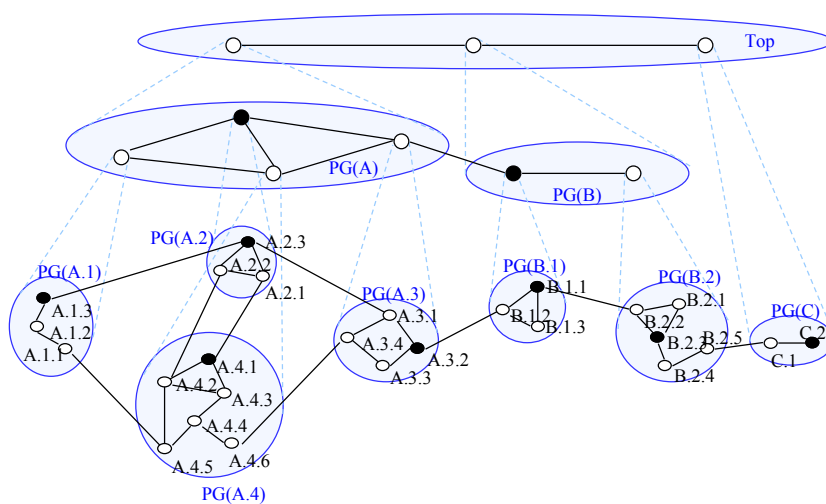


Kuva: Loogisen solmun A.4 abstrakti esitys.

Vertaisryhmäjohtajat muodostavat ja ylläpitävät ryhmien hierarkiaa

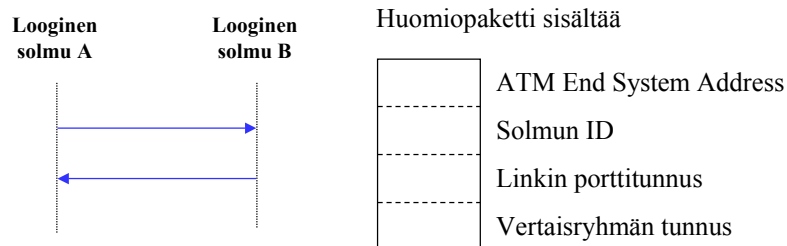
- Pohjatason PGL:t muodostavat äiti-vertaisryhmiä
- Äitiryhmässä on yhtenäinen topologiakuva
- Äitiryhmän topologiakuva jaellaan lapsiryhmiin
- Äitiryhmän solmut valitsevat johtajan
- Äitiryhmän johtaja edustaa ryhmää seuraavan tason vertaisryhmässä
- Ryhmäjäsennyksen avainkriteeri on pisin yhteinen osoite-prefiksi

Esimerkin topologiahierarkia



Huomioprotokolla toimii tunnetulla VCC:llä naapureiden välillä

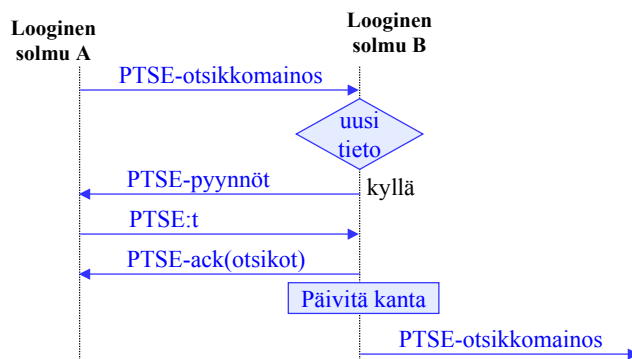
- Huomioprotokolla toimii jatkuvasti ja paljastaa linkkien vikaantumisen.
- Protokollan tiedoilla muodostetaan topologiatietokannan ensimmäinen versio.



S-38.121 / S-03 / RKa, NB

PNNI-19

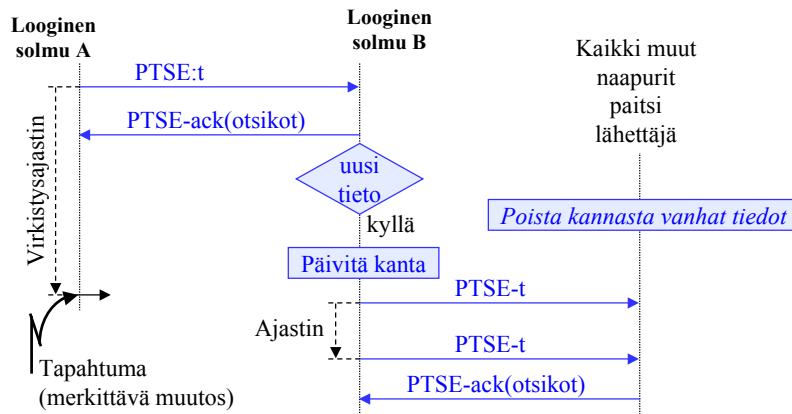
Kun naapurit on tunnistettu huomioprotokollan avulla, topologiakannat synkronoidaan



S-38.121 / S-03 / RKa, NB

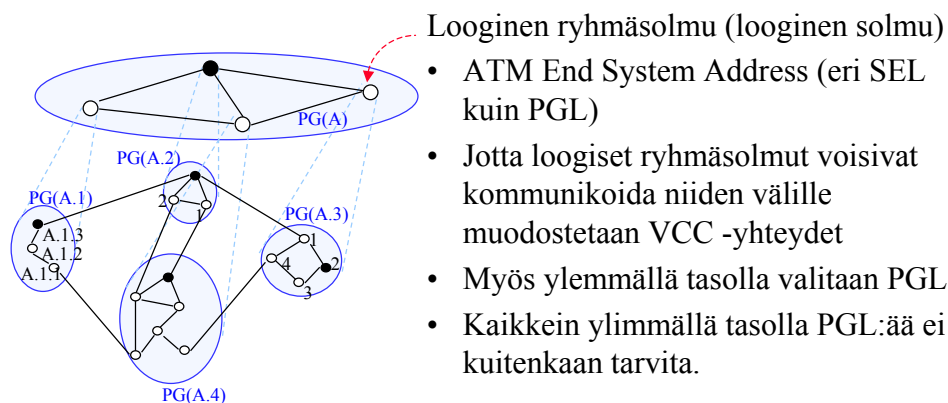
PNNI-20

PNNI levitysprotokolla on OSPF-levitysprotokollan kaltainen

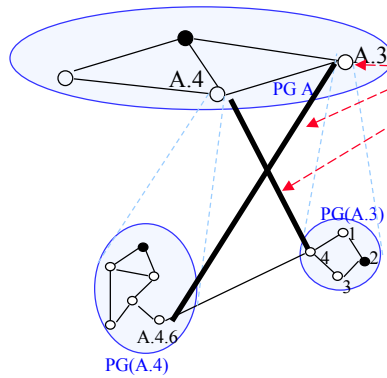


*Tilaelementtien lähetyksenopeus on kompromissi reitityksen epäonnistumis-
mahdollisuuden ja PTSE-tietomäärän minimointitarpeen välillä.
Mikä on merkittävä muutos asetetaan konfiguraatioparametreilla.*

Ylemmän tason vertaisryhmät ovat alimman tason ryhmien kaltaisia



Reunasolmut kuvaavat yhteydet naapuriryhmiin ylöslinkeinä

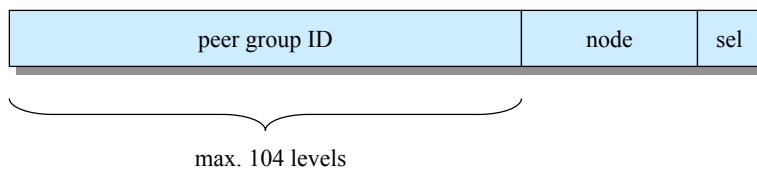


Ylösolmu
 Ylöslinkki A.4.6 -- A.4
 Ylöslinkki A.3.4 -- A.4

- Topologiakantojen synkronointia ei tehdä vertaisryhmien välillä (esim A.4.6 – A.3.4)
- Reunasolmut vaihtavat tietoja hierarkiasta Huomioprotokollan avulla ja päättävät mikä on alin yhteinen vertaisryhmä
- Ylöslinkki on reunasolmun tapa kertoa ryhmälleen yhteyksistä ylemmän tason naapuriin
- Ylöslinkkitiedoilla (PGL:t) / loogiset ryhmäsolmut voivat muodostaa VCC:t solmusta toiseen

ATM Addresses

- 19 octet address + 1 octet selector
- Peer group ID at most 13 octets
 - $8 * 13 = 104$ levels



Metriikat kumuloidaan reittilaskennassa

PNNI tukee QoS reititystä / reittien optimointia

- Viiveen vaihtelun
 - CDV - cell delay variation
- Maksimiviiveen
 - maxCTD - Maximum Cell Transfer Delay
- Hallinnollisen painon mukaan
 - AW - administrative weight
 - administraattori voi itse asettaa AW:n tulkinnan

Optimointi tehdään yhdellä kriteerillä kerrallaan

Topologia-attribuutit huomioidaan reittilaskennassa yksi kerrallaan

Suorituskykyyn/resursseihin liittyvät parametrit

<ul style="list-style-type: none">• Soluhukan todennäköisyys CLP=0 soluille CLP_0• Soluhukan todennäköisyys CLP=0+1 soluille CLP_{0+1}• Maksimisolunopeus (maxCR - Max Cell Rate)• Käytettävissä oleva solunopeus (AvCR - Available Cell Rate)• Rajasolunopeus (CRM - Cell Rate Margin)• Varianssitekijä (VF - variance factor)	RAIG tiedot
--	-------------

- Haarautumisen rajoituslippu (Restricted Branching Flag)

Kauttakulun rajoituslippu (restricted transit flag) luetaan hallinnollisiin parametreihin (policy).

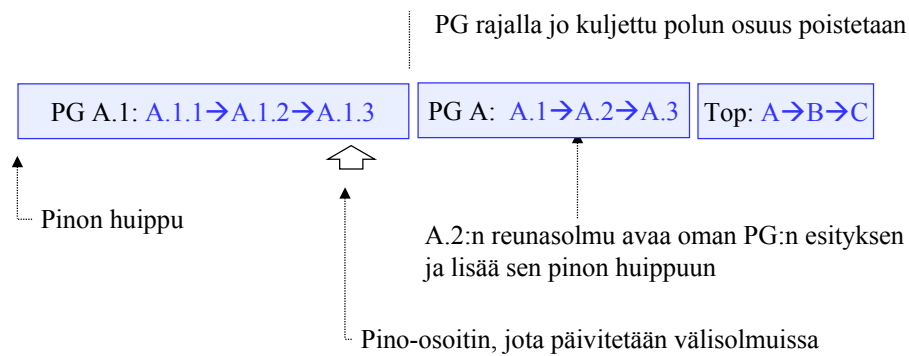
RAIG = Resource Availability Information Group

PNNI signalointi ja reititysalgoritmi

Miksi?

- Miksi PNNI perustuu lähdereititykseen?

Hierarkinen pinoesitys A.1.1:sta C.2:een kertoo reitin



Puhutaan **DTL -pinosta** (designated transit list). Se kuvaa lähdereitin.

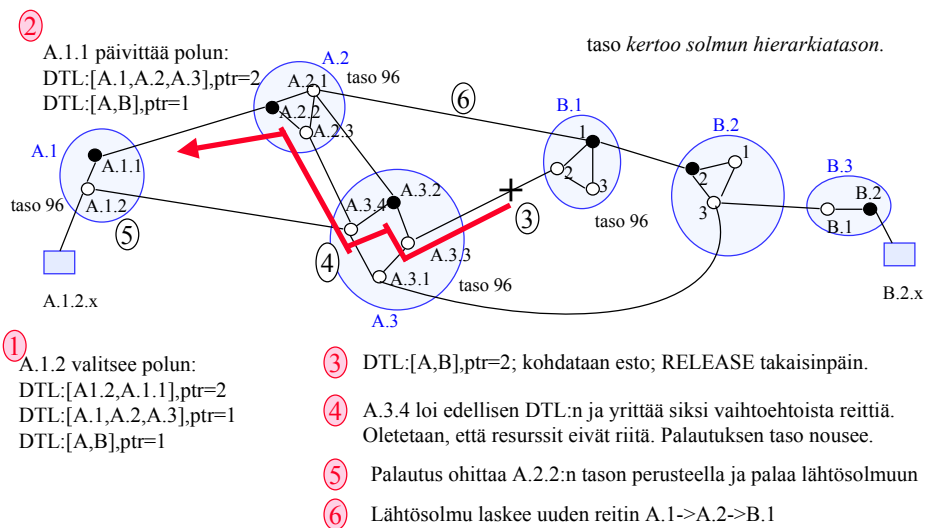
Yhteyden muodostus perustuu hierarkian mukaiseen lähdereititykseen

1. Jos kohdeosoite on samassa vertaisryhmässä, lähtösolmu laskee reitin valmiiksi
2. Jos kohdeosoite on eri vertaisryhmässä
 1. Lähtösolmu hakee alimman yhteisen vertaisryhmän ja muodostaa DTL pinon
 2. Lähtösolmu lähettää yhteyspyynnön pinon huipun DTL-ohjeen mukaan. Välisolmut päivittävät pino-osoitinta. PG rajalla alimman tason osuus pinosta on kulutettu ja poistetaan pinosta. Yhteyspyyntö lähetetään PG rajan yli.
 3. Vastaanottava reunasolmu etsii kohdetta omasta vertaisryhmästä, jos löytyy se laskee reitin valmiiksi. Jos ei löydy, se laskee polun alimman tason ryhmänsä läpi kohti solmua, jolla on sopiva linkki ulospäin ja päivittää sen pinon huippuun. Jatka kohdasta 2.2.

Jos PNNI yhteys kohtaa estoa, yhteys palautetaan taaksepäin

- Palautus (crankback) joudutaan tekemään, jos kaikkea topologiatietoa ei ole ehditty mainostaa.
- Palautuksen takia, mikä tahansa polun solmu voi joutua tekemään reitityspäätöksen.
- Palautus tapahtuu DTL:n mukaisessa järjestyksessä.
- Palautus jatkuu normaalisti niin kauas, että alkuperäinen reittivalinta/policy voidaan pitää voimassa: Ensin lähimpään reunasolmuun, sitten seuraavan ylemmän tason reunasolmuun jne.

Palautus tapahtuu reuna- tai lähtösolmuun



PNNI-reitityksen peruseriaatteita

- Reititys tapahtuu *vertaisryhmittäin* (PG - peer group).
- Valittua reittiä kuvataan *DTL-listalla/pinolla* (designated transit list), alkuperäis-DTL-pinon muodostaa lähtösolmu.
- Kunkin transitvertaisryhmän *reunasolmu (tulosolmu)* päivittää DTL-pinoa laskemalla reitin oman ryhmän läpi ja lisäämällä sen pinon huippuun.
- Vertaisryhmän sisäiset solmut toimivat DTL-ohjeen mukaan ja päivittävät *DTL-osoitinta*.
- Jos kohdataan estoa, yhteyspyyntö *palautetaan taaksepäin* niin pitkälle, että sopiva reunasolmu voi valita vaihtoehdoisen reitin.
- Kaikissa tilanteissa koko reitti pyritään valitsemaan lähtösolmun hyväksymien *QoS parametrien* mukaan.

Why is PNNI based on source routing?

- Algorithm can be different in different systems
 - Inconsistency in routing decisions when switches use different routing algorithms
- Circuit switching → loops and inefficient routes serious
 - Inconsistency in routing databases among the switches (typically due to changes in topology information that have not fully propagated yet)
- Replicates the cost of the path selection at each system
 - QoS calculations may be heavy