Kytkentäkentät, luento 2
- Kolmiportaiset kentät

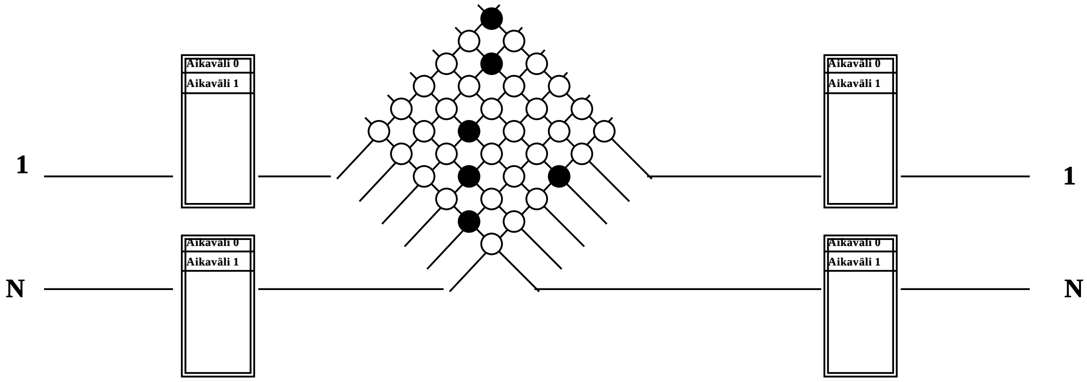
- ✔ Kolmiportaiset kytkentäkentät - esitystapoja ja esimerkkejä
- ✔ Kytkentäkenttien vertailuperusteet
  - § Estottomuus, looginen syvyys, ajokyky
- ✔ Closin -verkko
- ✔ Paull'in matriisi
- ✔ Kentän esitys graafina
- ✔ Closin teoreema
- ✔ Kentän rakentaminen rekursiolla

Kolmeportaiset kytkentäkentät

- ✔ Kolmeportaiset kytkentäkentät muodostuvat kolmesta peräkkäisestä aika- ja/tai tilakytkimestä.
- ✔ Mahdollisia toteutuksia ovat:
  - § Aika-aika-aika (AAA) (=A)
  - § Aika-aika-tila (AAT) (=AT)
  - § Aika-tila-aika (ATA)
  - § Aika-tila-tila (ATT)
  - § Tila- aika-aika (TAA) (=TA)
  - § Tila-aika-tila (TAT)
  - § Tila- tila-aika (TTA) (=TA)
  - § Tila-tila-tila (TTT) (=T)
- ✔ Kolme kiinnostavaa uutta ratkaisua ATA, ATT ja TAT.

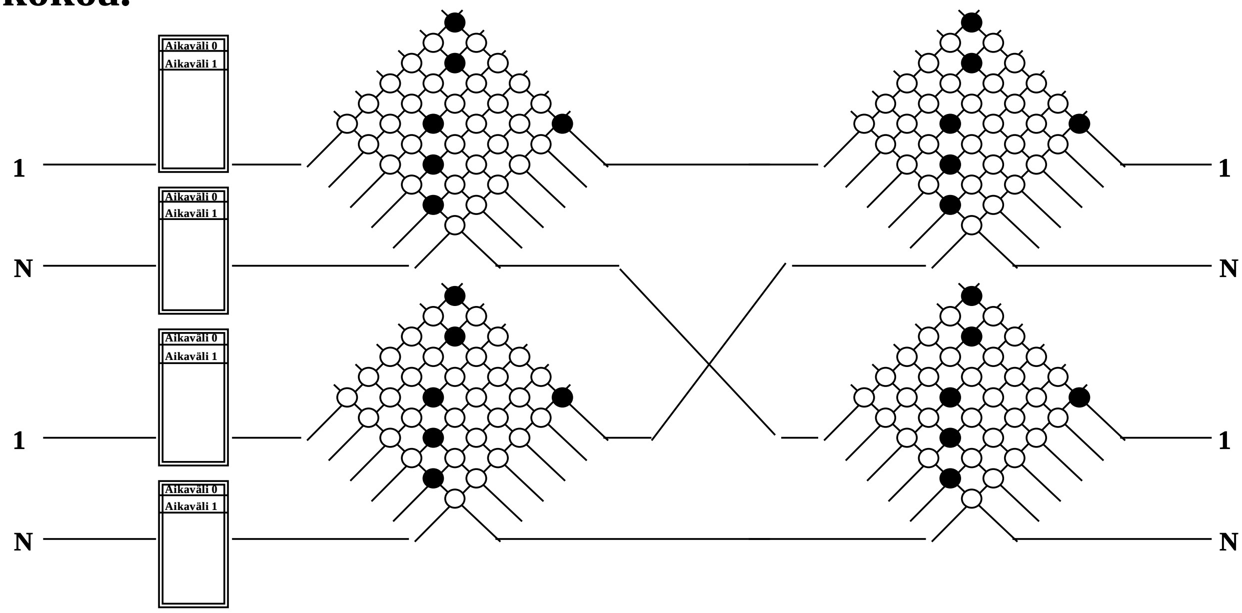
Aika-Tila-Aika -kytkentäkenttä

✔ ATA-kentässä on mahdollista suorittaa aikavälien järjestelyä eston minimoimiseksi.



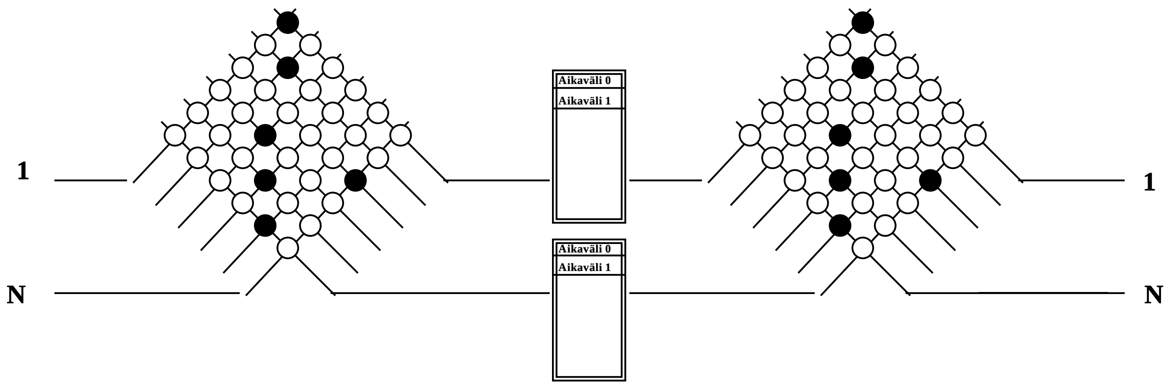
Aika-Tila-Tila -kytkentäkenttä

✔ ATT-kentällä on mahdollista kasvattaa kytkentäkentän kokoa.



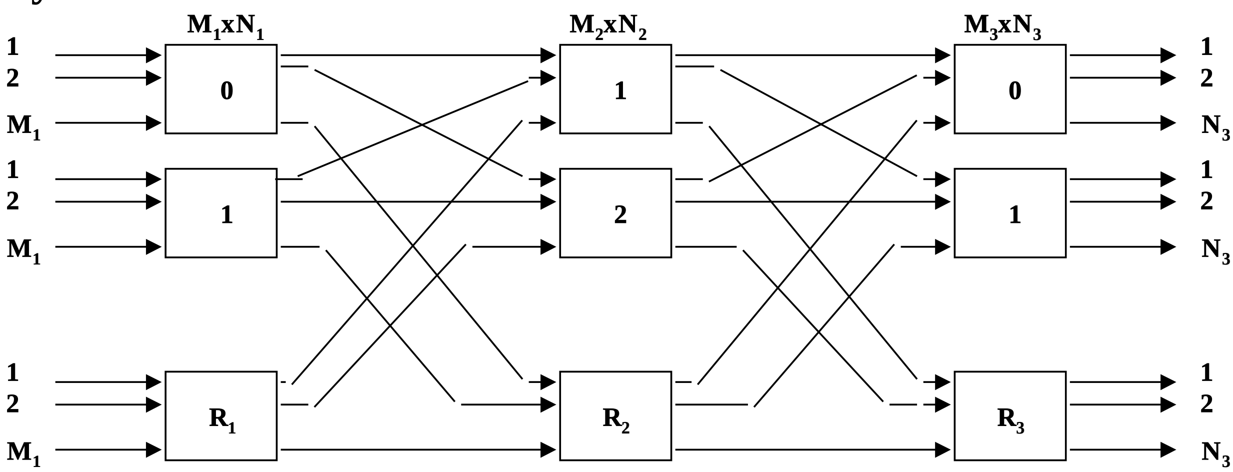
Tila-Aika-Tila -kytkentäkenttä

✔ **TAT -kenttä on rakenteeltaan yhtä hankala kuin TA-kentä on. Sen ominaispiirre on eston herkkyys, mikä ei ole suotavaa yleisen verkon keskukselle.**

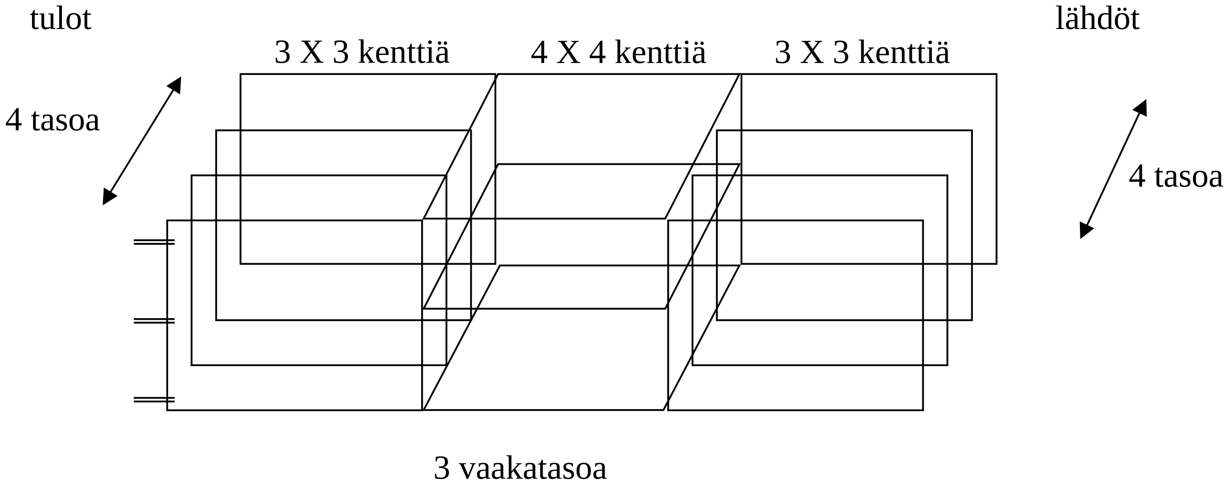


Kolmiportaisen kytkentäkentän yleinen esitystapa

✔ **Kolmiportainen kytkentäkenttä, palautettuna puhtaaseen tilakytkentään, voidaan esittää tilakytkiminä, joista jokainen on kytketty seuraavan portaan jokaiseen kytkimeen.**

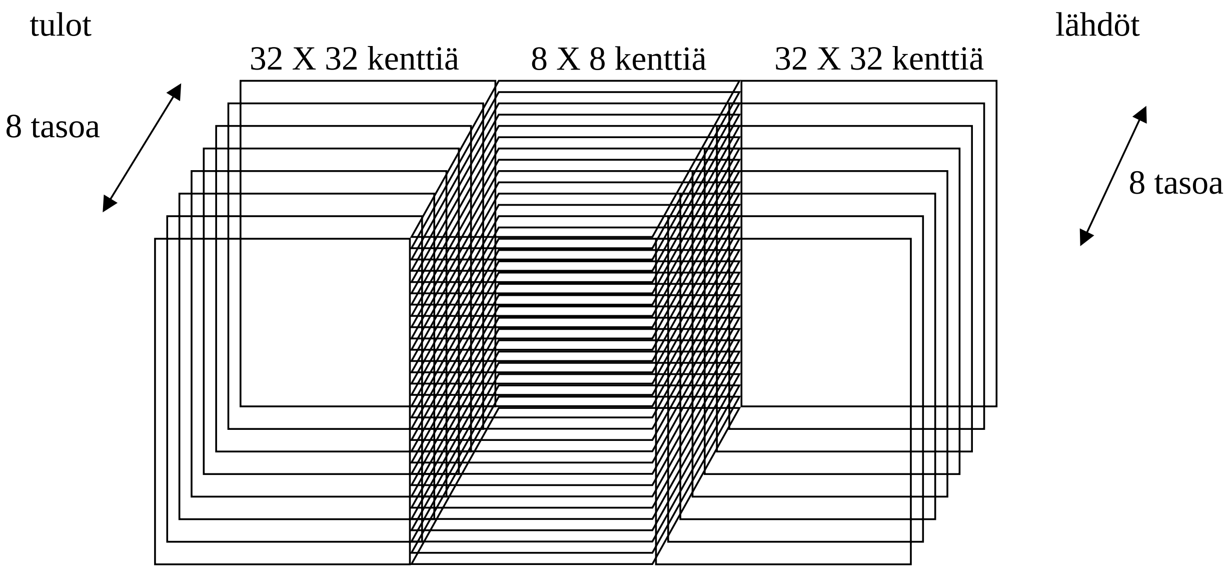


ATA -kentän TTT esitys



Kolmas porras on tarpeen, jotta lähtevät aikavälit saadaan järjestettyä halutulla tavalla

Esimerkki: 8 PCM:n 3-porraskenttä



Arviointiperusteita kytkentäkentille

- ✔ Kytkentäpisteiden lukumäärä
- ✔ Looginen syvyys
- ✔ Estollisuus
- ✔ Kytkentöjen kokonaismäärä kentässä
- ✔ Portin ajokyky (fan-out)
- ✔ Kentän ohjauksen monimutkaisuus (tien haku, syklisyys…)

Kytkentäpisteet ja looginen syvyys

- ✔ **Kytkentäpisteiden lukumäärä on ristikytkentäpisteiden lukumäärä kentässä.**
  - § **Kytkentäpisteiden lukumäärän merkitys on pienentynyt integrointiasteen kasvaessa mutta, koska kytkentä on aktiivinen toimenpide ja vaatii siten energiaa esiintyy kytkentäpisteiden lukumäärälle tehon tarpeen asettamia rajoituksia.**
  - § **Kytkentäpisteiden suureen määrään liittyy usein myös ristikytkennnän väylien suuri pituus. Pitkät väylät edellyttävät suurehkoa tehoa ajavilta piireiltä --> isot häiriöt tai hidas toiminta.**
- ✔ **Looginen syvyys on signaalin kulkutiellä olevien kytkinten lukumäärä.**
  - § **Looginen syvyys vaikuttaa suoraan signaalin kulkuaika-viiveeseen. Mikäli kenttä on moniportainen, saattaa signaali häiriöiden seuraksena vääristyä kentässä.**

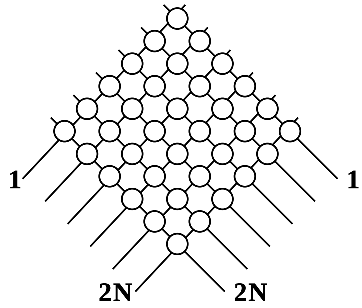
Esimerkki

✔ **Keskukseen, johon on mahdollista liittää N -tilaajaa, tarvitaan kytkentäkenttä, jossa on 2N -tuloa sekä lähtöä (kaksisuuntainen kytkentä).**

Yksiportainen täysiulotteinen ristikytkentämatriisi sisältäisi tällöin:

⇨ **$(2N)^2$ -kytkentäpistettä**
⇨ **looginen syvyys on 1**

✔ **Jokainen tulo- ja lähtöväylä on pituudeltaan 2N, mikä rajoittaa suoraan kentän kokoa.**



Esto ja portin ajokyky

✔ **Esto määräytyy kentän rakenteesta.**

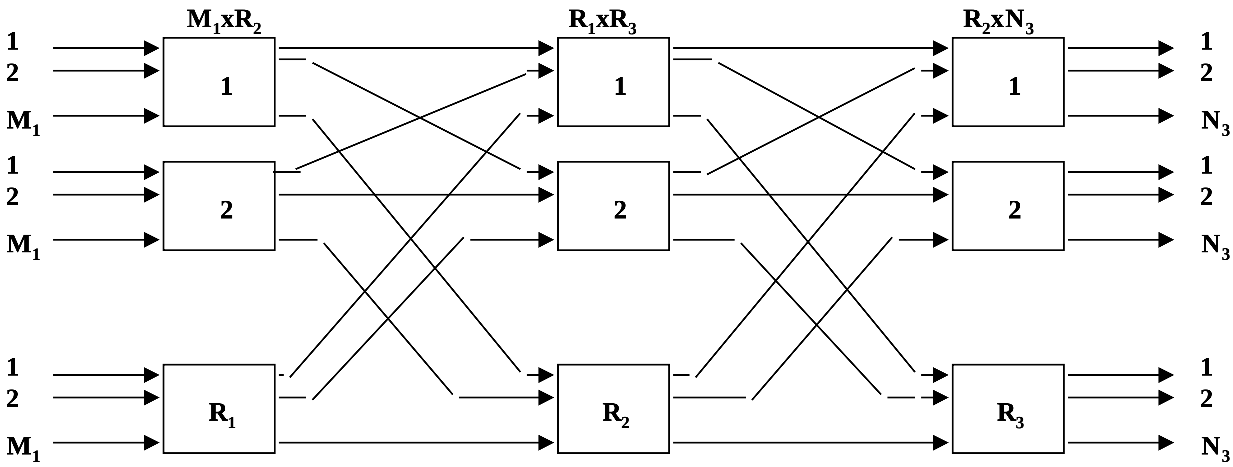
- § **Mikäli kytkentäkentässä on löydettävissä mielivaltaiselle yhteydelle reitti ilman aikaisempien reittien uudelleen järjestelyä, puhutaan *tiukasti estottomasta* kytkentäkentästä.**
- § **Mikäli uusi yhteys vaatii edellisten uudelleen reititystä, puhutaan *uudelleen järjesteltävästi estottomasta* kytkentäkentästä.**

✔ **Kytkentäpisteen ajokyky määritellään ajettavien kytkentäpisteiden lukumäärällä.**

- § **Mikäli lähtöportti kykenee ajamaan rinnan kolmea tuloporttia, ajokyky on 3.**

Closin -verkko on erikoitapaus yleisestä kolmiportaisesta kentästä

- ✔ Closin -verkossa jokainen edellisen tason kytkin on kytketty <u>yhdellä</u> linkillä seuraavan tason kytkimeen.

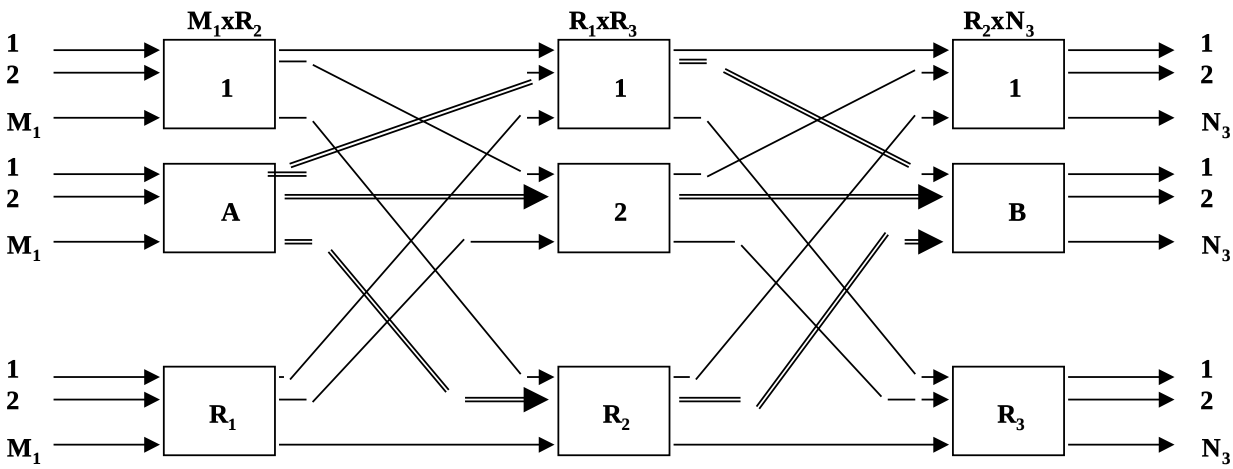


§ Porras 1: $N_1 = R_2$

§ Porras 2: $M_2 = R_1$ ja $N_2 = R_3$

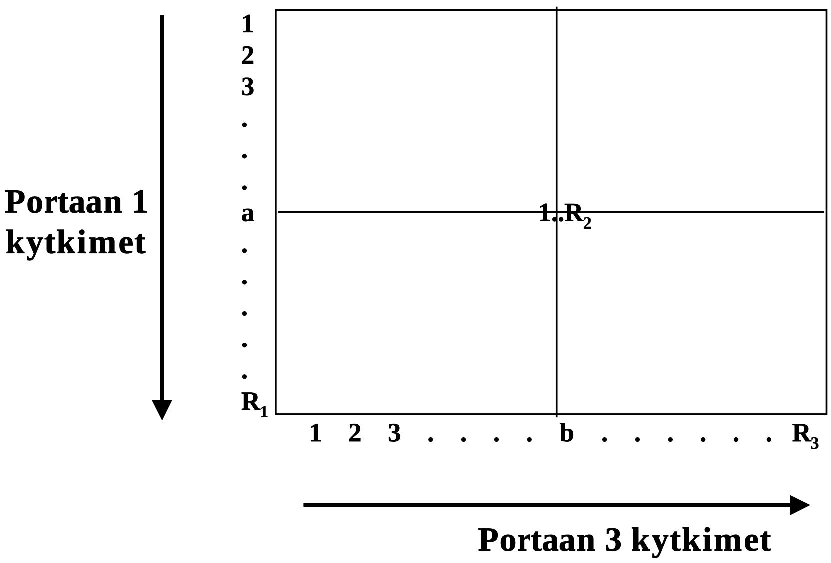
§ Porras 3: $M_3 = R_2$

Kytkentä kytkimestä A kytkimeen B



Paull’in matriisi

✔ **Paull’in matriisilla voidaan esittää kytkentä kolmiportaisen verkon läpi, sekä tarkastella sen estolisuutta**



Kytkentäkentän yleiset ominaisuudet

Täysiulotteisuus:

Kentässä on mahdollista kytkeä mikä tahansa tulo mihin tahansa lähtöön.

Estottomuus:

Kytkentä miltä tahansa tulolta mihin tahansa vapaaseen lähtöön on *aina* mahdollinen.

Tiukasti estoton:

Kytkentä vapaaseen lähtöön on mahdollinen aina riippumatta muista kytkennöistä.

Uudelleen järjestettävästi estoton:

Kytkentä on aina mahdollinen, mutta voi edellyttää aiemmin tehtyjen kytkentöjen uudelleen järjestelyä.

Tiukasti estoton Closin -verkko

✔ **Closin -verkko on tiukasti estoton, kun toisen portaan kytkinten lukumäärä on**

$$R_2 \Rightarrow M_1 + N_3 - 1$$

✔ **Erikoistapauksena symmetrinen kytkinkenttä, jossa $M_1 = N_3 = N$**

$$R_2 \Rightarrow 2N - 1$$

Uudelleen järjesteltävä Clos -verkko

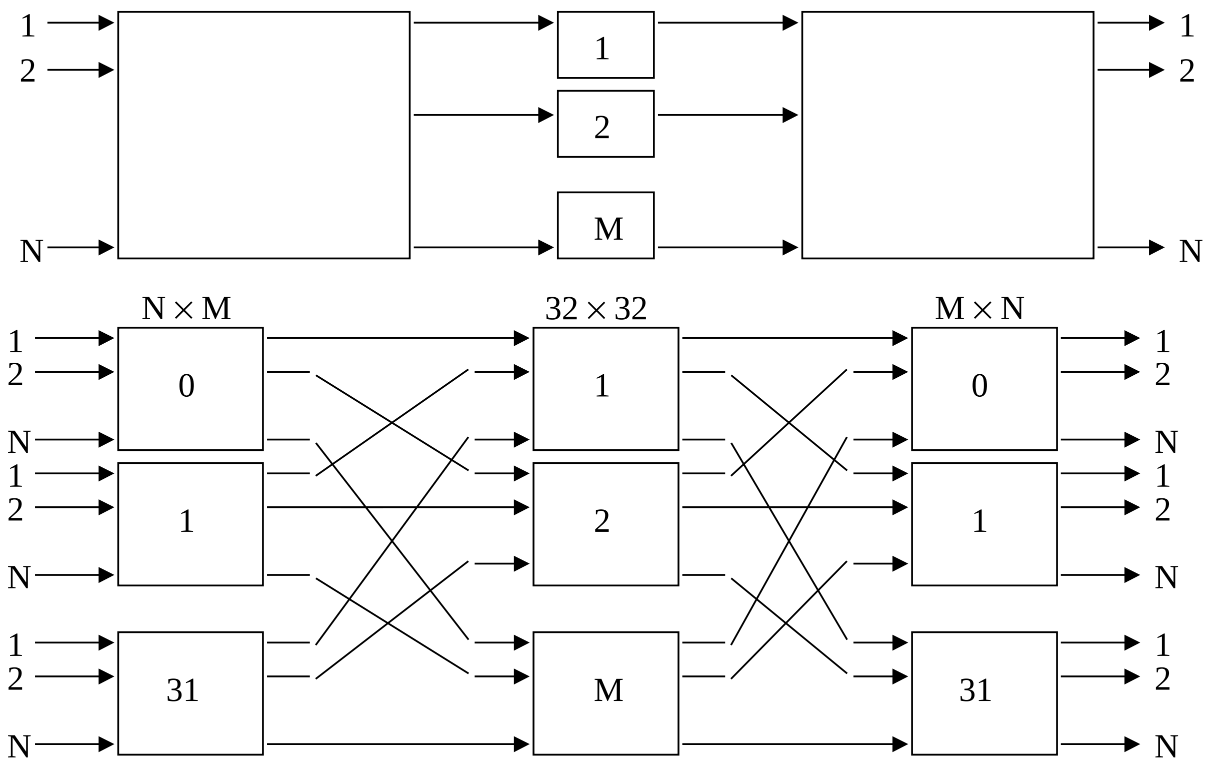
✔ **Kolmiportainen Closin -verkko on uudelleen järjeteltävän estoton, kun**

$$R_2 \Rightarrow \max(M_1, N_3)$$

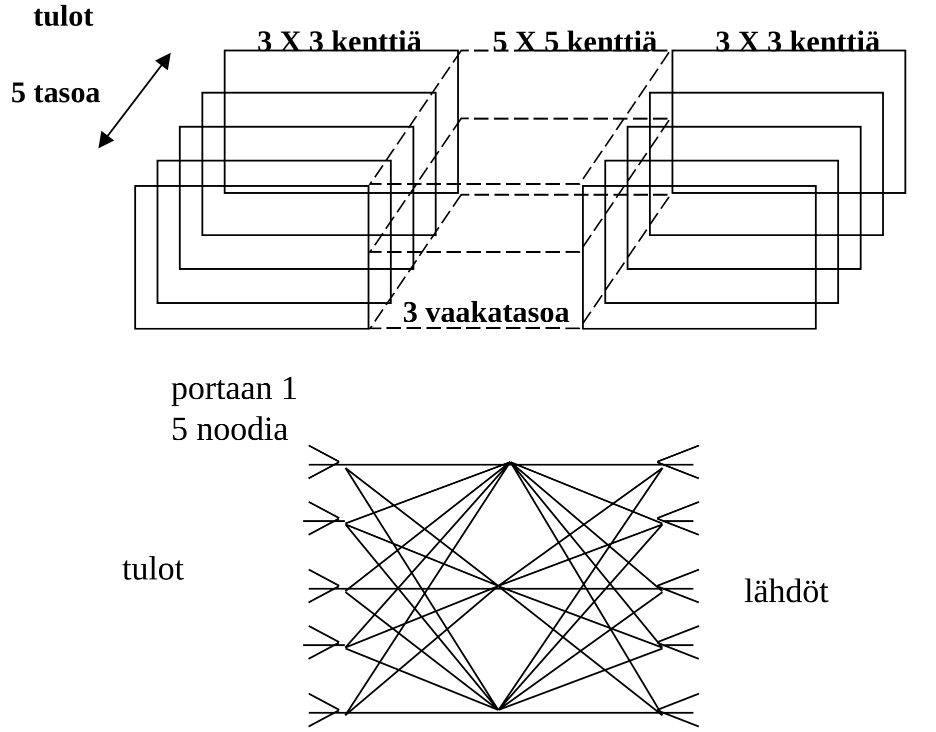
✔ **Erikoistapauksena symmetrinen kytkinkenttä, jossa $M_1 = N_3 = N$**

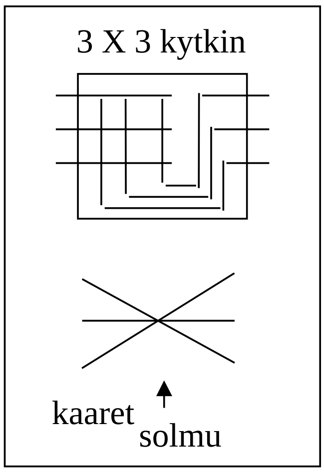
$$R_2 \Rightarrow N$$

Esimerkki muunnoksesta

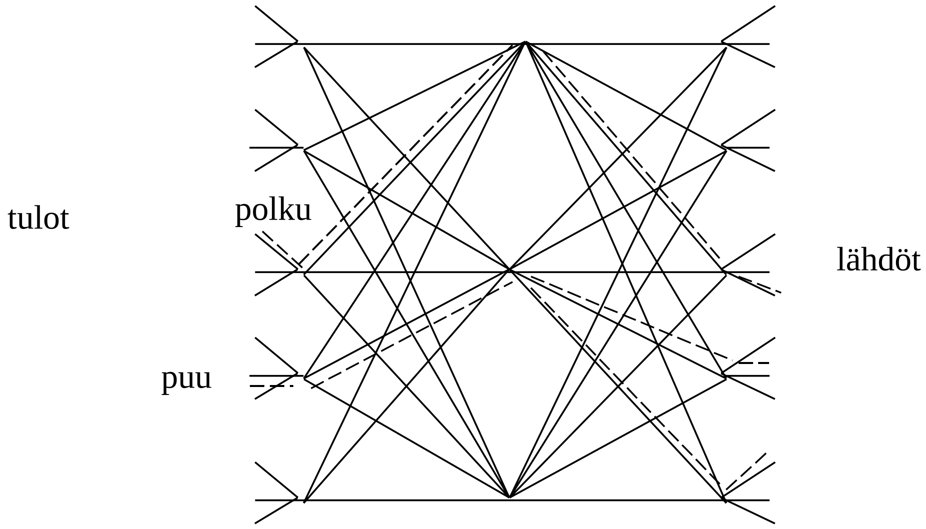


ATA -kentän tasoesitys ja vastaava graafiesitys



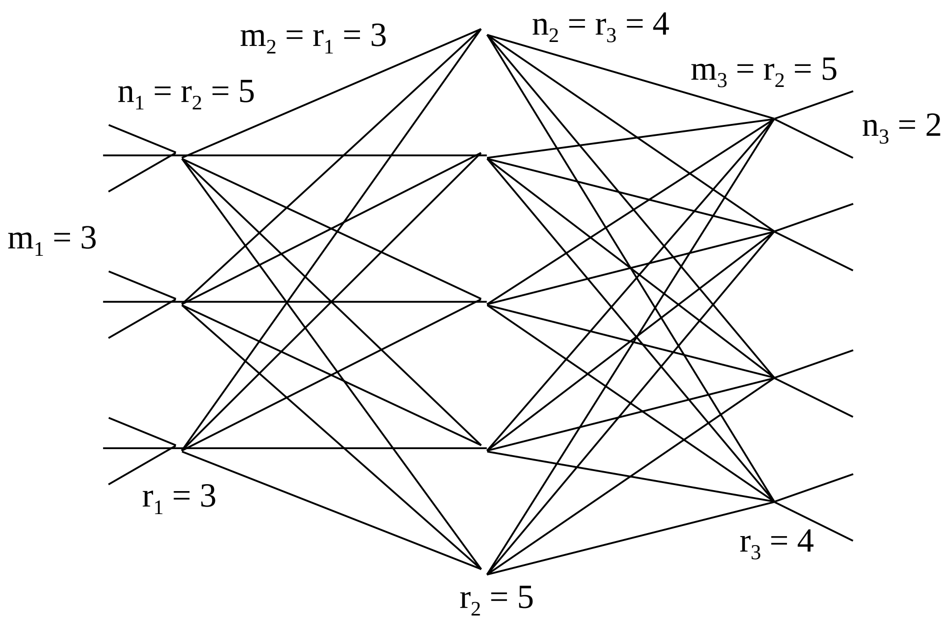


Kytkentöjen graafiesitys



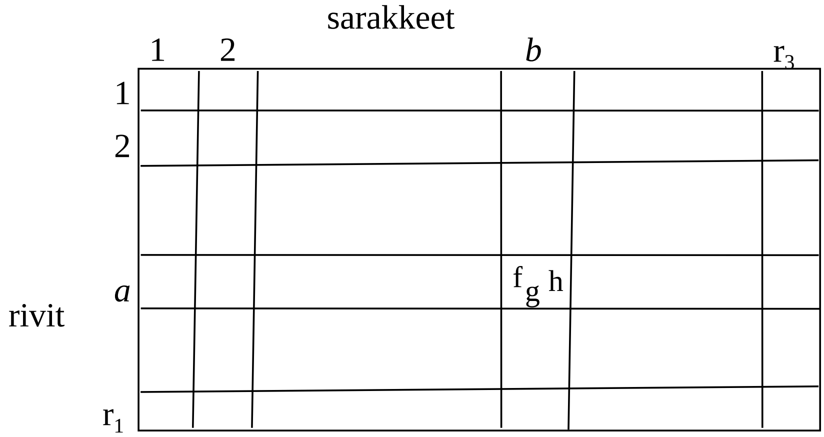
- Kytkentäpolut ja - puut muodostuvat erillisistä kaarista
  eli sama kaari ei esiinny kahdessa läpikytkennässä
- Yhden solmun läpi voi mennä useita kytkettyjä kaaria
- Esim. Kuinka monta ainutkertaista polkua on yo graafissa?

CLOSin verkko graafina



- Jokaisesta solmusta yksi kaari seuraavan portaan jokaiseen solmuun
- Jokaiseen solmuun yksi kaari edellisen portaan jokaisesta solmusta

Paullin matriisiesitys kolmiportaiselle kentälle



- Closin verkolla sama symboli voi esiintyä ***rivillä*** vain kerran.
- Closin verkolla sama symboli voi esiintyä ***sarakkeessa*** vain kerran.

- ***keskimmäisen*** portaan käytettyjä kytkimiä merkataan symboleilla f, g, h, ...
- kiinnostus kohdistuu kaarien erillisyyteen (käyttöön vain kerran) ja lukumäärään
- ruudussa voi olla 0, 1 tai monta symbolia
- sarakkeen symbolien lukumäärä = korkeintaan kytkimen b lähtöjen lkm
- rivin symbolien lukumäärä = korkeintaan kytkimen a tulojen lukumäärä
- matriisin symbolien lukumäärä = kytkentöjen lukumäärä kentässä

Closin teoreema

Closin verkko on tiukasti estoton, jos ja vain jos toisen portaan solmujen (kytkinten) lukumäärä on $r_2 \geq m_1 + n_3 - 1$

Erityisesti symmetrinen verkko, jolle pätee $m_1 = n_3 = n$, on tiukasti estoton jos ja vain jos $r_2 \geq 2n - 1$.

Todistus: Käytetään Paullin matriisia.
- Rivi a, jossa vapaa tulo ja sarake b, jossa vapaa lähtö
- vapaan tulon kytkentä vapaalle lähdölle merkataan uudelle symbolilla ruutuun (a, b)
- rivillä a on korkeintaan $m_1 - 1$ erilaista symbolia, koska kytkimessä a on m_1 tuloa
- sarakkeessa b on korkeintaan $n_3 - 1$ erilaista symbolia
- pahimmillaan yhteensä $m_1 - 1 + n_3 - 1$ erilaista symbolia
- jos meillä on yksi kytkin lisää, eli yhteensä $m_1 + n_3 - 1$, kytkentä onnistuu.

Välttämättömyys: Täytyy olla mahdollista tehdä seuraavat kytkennät:
- yhteensä m_1 kytkentää tulokytkimeltä a jaettuna kaikille lähtökytkimille
- lähtökytkimeltä b kaikille tulokytkimille, paitsi a: yhteensä $n_3 - 1$, eli
- riville a ja sarakkeeseen b tarvitaan yhteensä $m_1 + n_3 - 1$ erilaista symbolia

Kentän rekursiivinen rakentaminen

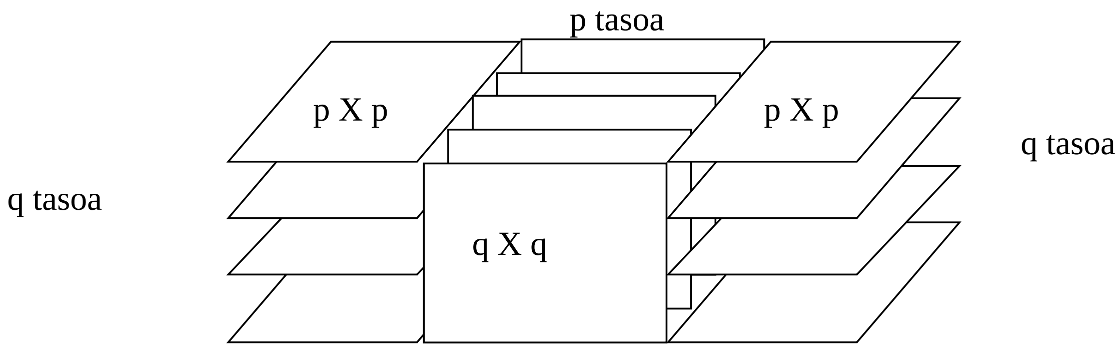
tulot

N = p X q

Uudelleen järjestettävästi estoton

lähdöt

N = p X q



Kytkentäpisteitä: $p^2q + q^2p + p^2q = 2p^2q + q^2p$

Kentän rekursiivinen rakentaminen -2

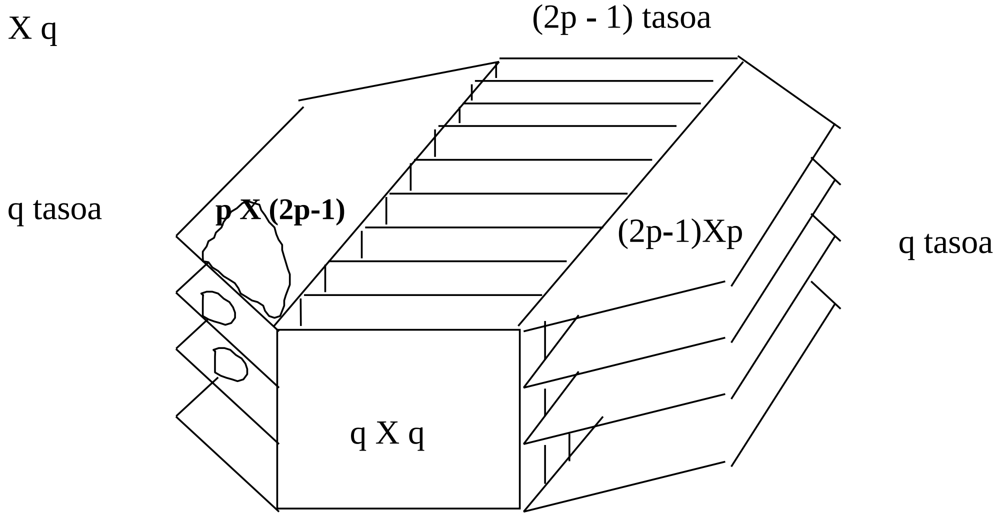
tulot

N = p X q

Tiukasti estoton

lähdöt

N = p X q



Kytkentäpisteitä: $p(2p-1)q + q^2(2p-1) + (2p-1)pq = 2p(2p-1)q + q^2(2p-1)$