



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

Lisää reititystä

Tietokoneverkot 2008 (4 op)

Jaakko Kangasharju
`jkangash@cc.hut.fi`

Teknillinen korkeakoulu

Syksy 2008



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

② Mobile IP



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

② Mobile IP



Miksi monilähetys?

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Monilähetys: saman paketin toimittaminen usealle vastaanottajalle
- Parempi kuin yksilähetys kullekin erikseen
- Sovelluksia: TV-lähetykset, neuvottelut, yhteistoiminta ilman keskushallintoa



Peruskäsitteet

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Monilähetykseen osallistuvat muodostavat **ryhmän**
- Ryhmällä on osoite, johon lähetetyt paketit reititetään kaikille ryhmän jäsenille
- Ryhmään voi liittyä tai siitä voi poistua
- Kuka voi lähettää ryhmän osoitteeseen?



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

① Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

② Mobile IP



Monilähetyspuu

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

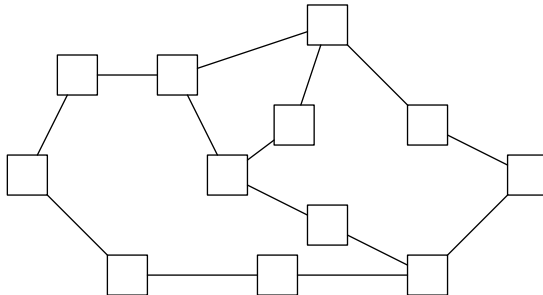
Yhteenveto

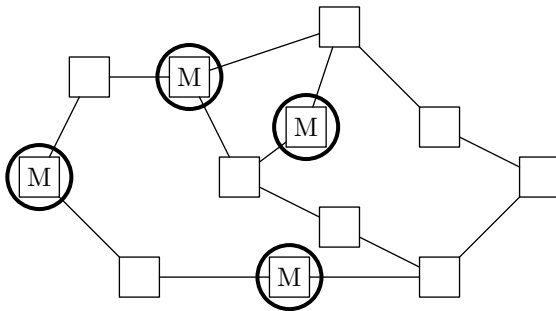
Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto







Monilähetyspuu

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

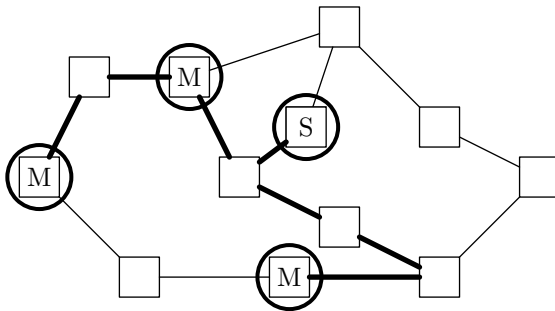
Yhteenveto

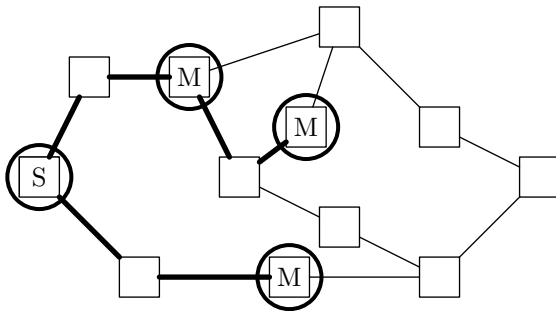
Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto







Monilähetysosoitteet

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetyso

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- IP-osoiteavaruuksissa varattu alueet monilähetysosoitteille
- IPv4:ssä luokka D: 224.0.0.0/4
- IPv6:ssa ff00::/8
- IPv4:ssä ei muuta rakennetta, IPv6:ssa 8 seuraavaa bittiä ilmaisevat mm. kantavuuden
- Monilähetysosoite ei ole paikallistin, ainoastaan ryhmän tunnistin



IP-monilähetys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Pysyviä ja väliaikaisia monilähetysosoitteita
- Kantavuus (scope): Paketin TTL (IPv4) tai osoitteessa (IPv6)
- Kuka tahansa voi lähettää (kuten IP:llä yleensäkin)
- Ei ICMP-virheviestejä lähettäjälle



Internet Group Management Protocol (IGMP)

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- IGMP: Protokolla monilähetysryhmien hallintaan
- Kaksi viestiä: QUERY ja REPORT
- QUERY reitittimeltä verkkoonsa, kysely ryhmän jäsenille
- REPORT jäseneltä reitittimelle, sisältää omat ryhmät
- Multicast Listener Discovery (MLD): vastaava protokolla IPv6:lle



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

① Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

② Mobile IP



Moni- ja yksilähetyksen erot

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetykset

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Voiko yksilähetyksen reititystauluja käyttää monilähetykseen?
- Voiko yksilähetyksen reititysprotokollia muokata helposti monilähetykseen sopiviksi?



Moni- ja yksilähetyksen erot

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetykset

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Voiko yksilähetyksen reititystauluja käyttää monilähetykseen?
- Voiko yksilähetyksen reititysprotokollia muokata helposti monilähetykseen sopiviksi?
- Ei ja ei



Reititystaulujen dynaamisuus

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

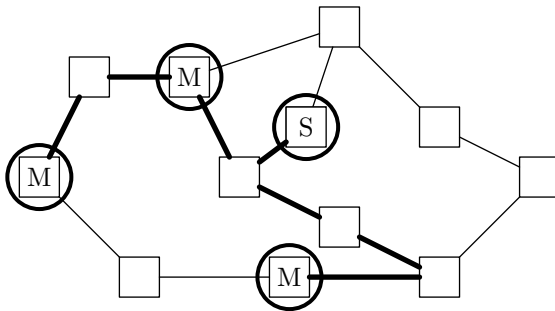
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





Reititystaulujen dynaamisuus

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

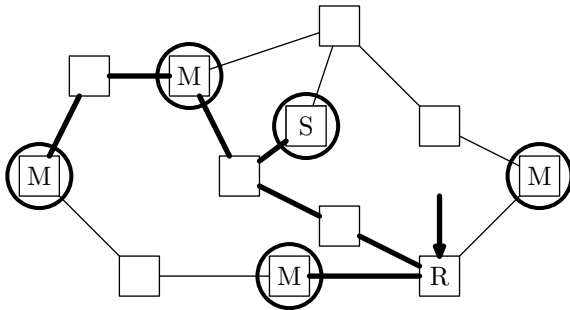
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto







Kohdeosoitteeseen reititys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

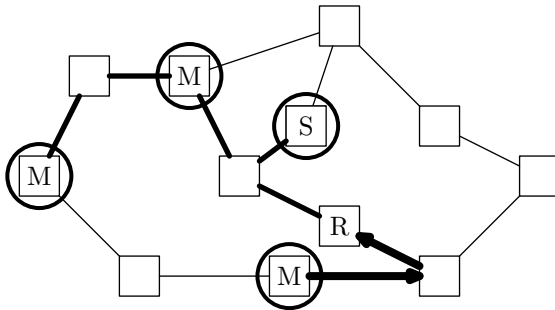
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





Kohdeosoitteeseen reititys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

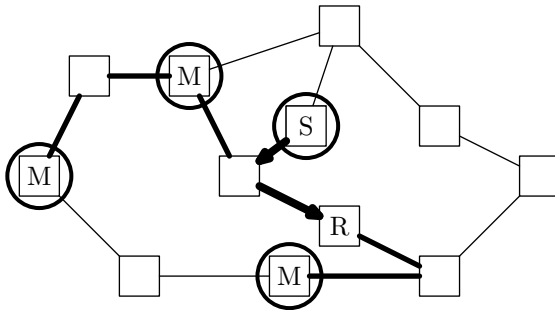
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

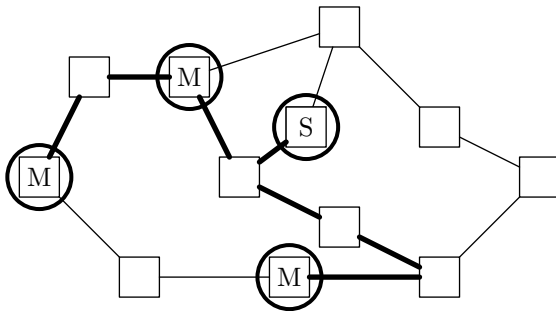
Kolmioreititys

Yhteenveto





- Perusteet
- Ongelmat**
- Mallit ja Protokollat
- Yhteenveto





Mielivaltaiset lähettäjät

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

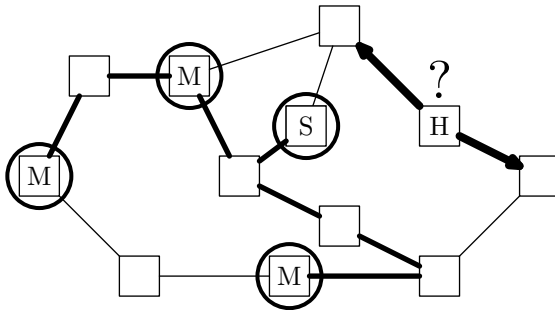
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





Viestien monistuminen

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

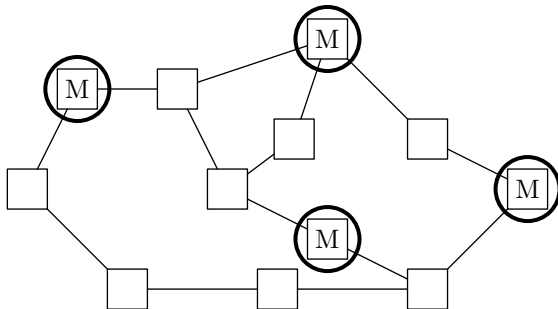
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





- Perusteet
- Ongelmat**
- Mallit ja Protokollat
- Yhteenveto





Viestien monistuminen

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

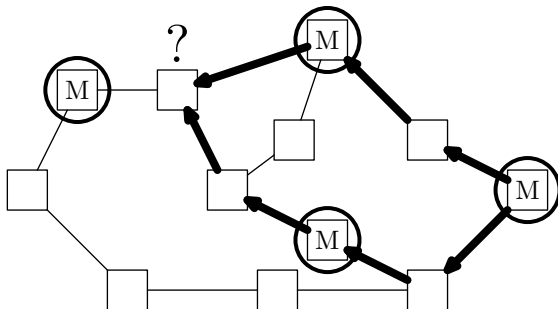
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





Viestien monistuminen

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

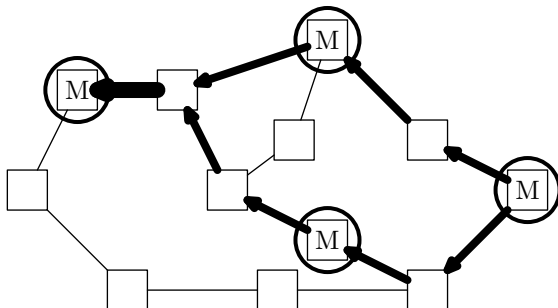
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





Käänteispolkureititys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Käänteispolkureititys (reverse path forwarding) ratkaisee ongelmia
- Käytetään tavallista reititystaulua ja lähettäjän osoitetta
- Jos paketti tuli lähettäjänsä suunnalta, reititetään, muuten hylätään
- Typistävä versio (Truncated RPF): Älä lähetä suuntiin, joissa ei ole ryhmän jäseniä
- Reittien kaksisuuntaisuus?



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

① Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

② Mobile IP



Monilähetysmallit

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Kaksi periaatteellista mallia
 - Any-Source Multicast (ASM)
 - Single-Source Multicast (SSM)
- SSM yksinkertaisempi mutta rajoitetumpi



Puun muodostus

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Kaksi tapaa monilähetyspuun muodostamiseen
- Datalähtöinen (data-driven): Lähetä kaikkialle kunnes tulee tieto, ettei tarvitse
- Tarvelähtöinen (demand-driven): Lähetä vasta kun tulee tieto tarpeesta



Datalähtöinen reititys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Alussa kaikki paketit lähetetään kaikkialle
- Puun “tyhjistä” lehtiverkoista ilmoituksia ylöspäin
- Tyhjiksi ilmoitettuihin suuntiin ei lähetetä
- Uusista liittymisistä ilmoitetaan tyhjäilmoitusuuntaan



Tarvelähtöinen reititys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Paketteja lähetetään vain suuntiin, joista on liitytty ryhmään
- Aluejako skaalautuvuuden vuoksi, yksilähetys alueen keskusreitittimelle
- Vertailu datalähtöiseen: vähemmän dataliikennettä, enemmän reititysliikennettä



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Olemassaoleviin reititysprotokolliin on olemassa monilähetyslaajennoksia
 - Distance Vector Multicast Routing Protocol (datalähtöinen)
 - Multicast OSPF (tarvelähtöinen)
 - Multiprotocol BGP
- Core Based Trees (tarvelähtöinen)
- Protocol Independent Multicasting (tarvelähtöinen)



Protocol Independent Multicasting (PIM)

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Käyttää yksilähetyksen reititysjärjestelmää
- Neljä eri käyttötapaa
 - Harva (sparse mode): tarvelähtöinen
 - Tiheä (dense mode): datalähtöinen
 - Kaksisuuntainen (bidirectional): kaksisuuntainen puu, ei lähettäjätilaa
 - Yksilähteinen (source-specific): dataa vain yhdeltä lähettäjältä



Luotettava monilähetys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Luotettava protokolla: Kaikki paketit menevät perille järjestyksessä ilman virheitä



Luotettava monilähetys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Luotettava protokolla: Kaikki paketit menevät perille järjestyksessä ilman virheitä
- Kuittaus kaikilta vastaanottajilta ei käy
⇒ Negatiiviset kuittaukset



Luotettava monilähetys

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto

- Luotettava protokolla: Kaikki paketit menevät perille järjestyksessä ilman virheitä
- Kuittaus kaikilta vastaanottajilta ei käy
 - ⇒ Negatiiviset kuittaukset
- Silti kuittautulvan mahdollisuus
 - ⇒ Hierarkinen reititys, kuittausten yhdistäminen



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

Yhteenveto

② Mobile IP



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Monilähetys tehokas tapa välittää tietoa useille vastaanottajille
- Vaatii uusia protokollia tai suuria muutoksia olemassaoleviin
- Kasvattaa reititystaulujen kokoa huomattavasti
- Käytetään erikoissovelluksissa, ei laajassa käytössä



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

② Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto



Miksi Mobile IP?

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- IP-osoite paitsi paikallistin myös tunnistin
- Liikkuessa haluaa esiintyä vieraassa verkossa “itsenään”
⇒ IP-osoitteen täytyy säilyä liikkuessa
- Kuljetusprotokollien täytyy toimia, Internetin laajuisia muutoksia ei hyväksytä
- Onko tarvetta?



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

② Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

Mobile Node (MN) Kone, joka liikkuu

Home Agent (HA) Kotiverkossa oleva Mobile IP -kone

Foreign Agent (FA) Vieraassa verkossa oleva Mobile IP -kone

Correspondent Node (CN) Kone, jonka kanssa MN viestii



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Liikkuvalla koneella on kotiosoite
- Vieraassa verkossa FA antaa koneelle tilapäisosoitteen, joka ilmoitetaan HA:lle
- Paketit reitittyvät kotiin, josta HA välittää ne vieraaseen verkkoon



Liikkuva kone

Lisää reititystä

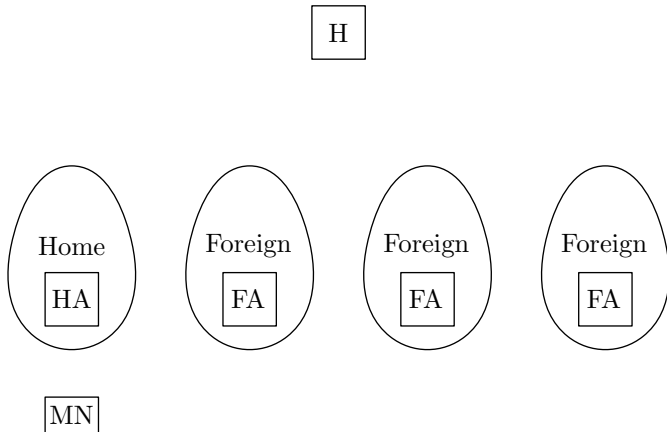
Jaakko
Kangasharju

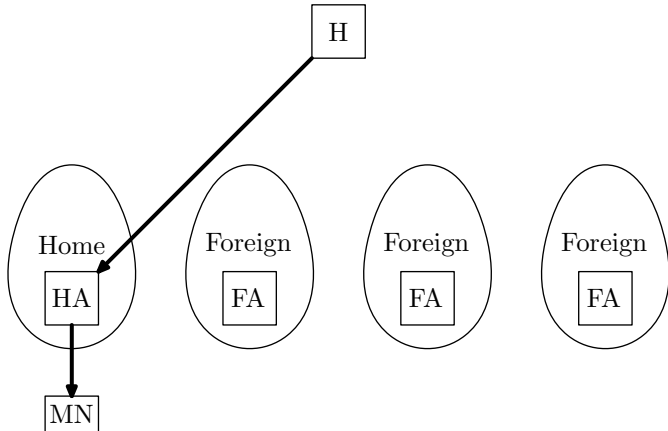
Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto







Liikkuva kone

Lisää reititystä

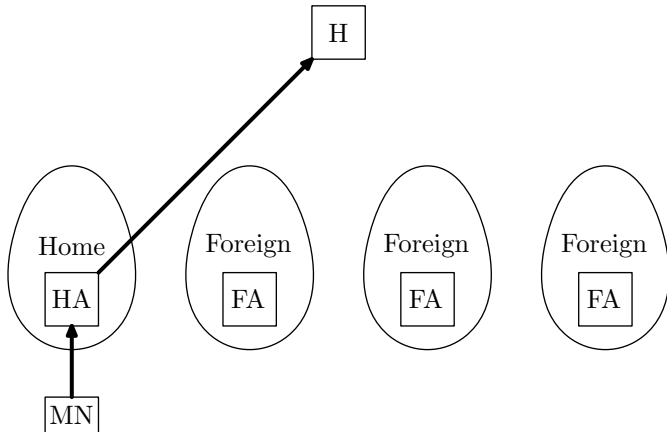
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Liikkuva kone

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet

Ongelmat

Mallit ja Protokollat

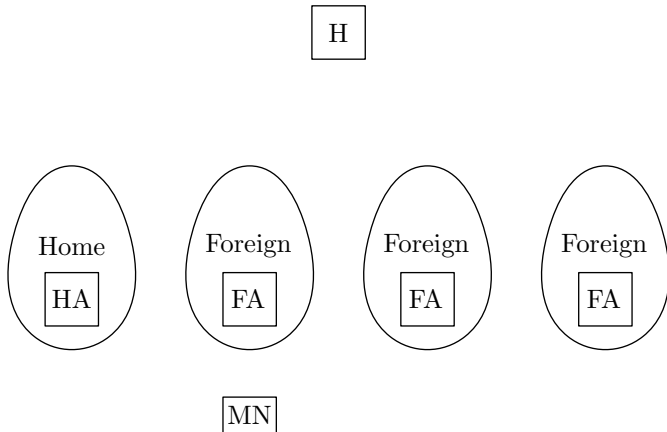
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta

Kolmioreititys

Yhteenveto





Liikkuva kone

Lisää reititystä

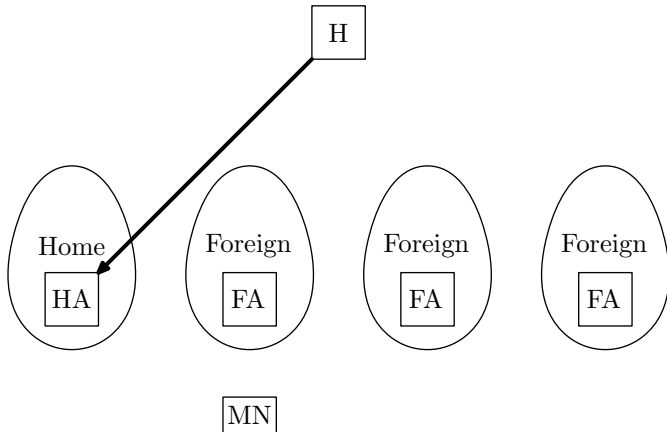
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Liikkuva kone

Lisää reititystä

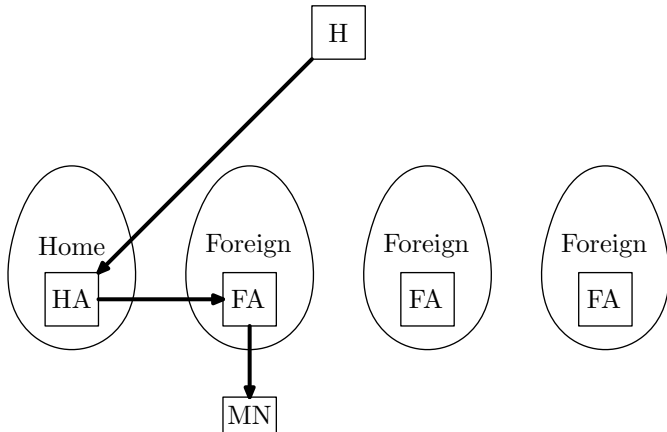
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Liikkuva kone

Lisää reititystä

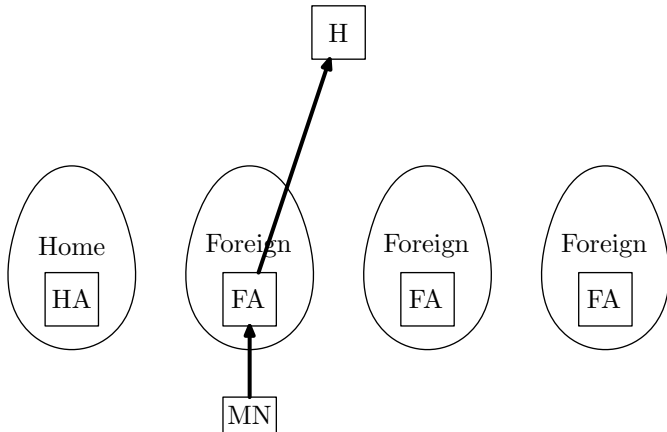
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

② Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto



Kolmioreititys

Lisää reititystä

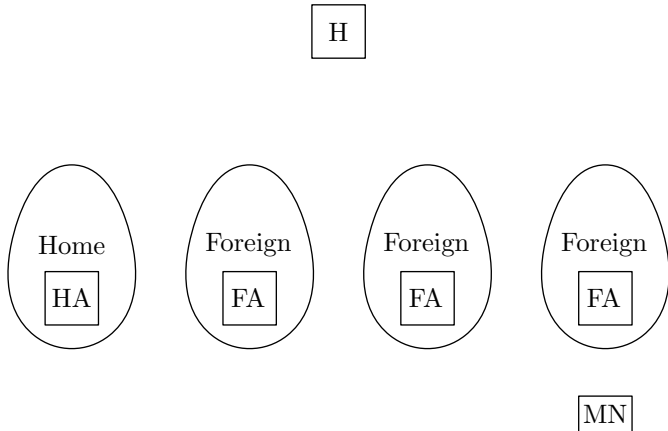
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Kolmioreititys

Lisää reititystä

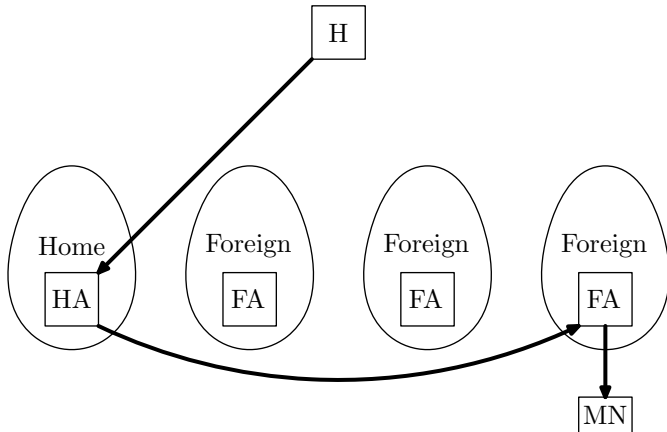
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Kolmioreititys

Lisää reititystä

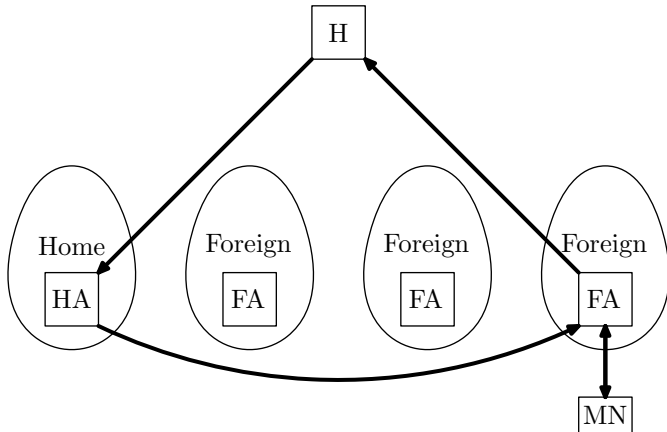
Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto





Reitin optimointi

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Route Optimization for Mobile IP, Mobile IPv6
- Toteuttavan CN:n kanssa viestintä suoraan
- MN:n kotiosoite otsaketiedoissa
- Draft-versio IPv4:lle, vanhentunut



Sisältö

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

① Monilähetys

② Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto



Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Monilähetys

Perusteet
Ongelmat
Mallit ja Protokollat
Yhteenveto

Mobile IP

Toiminta
Kolmioreititys
Yhteenveto

- Mobile IP mahdollistaa IP-osoitteen pysyvyyden liikuttaessa
- Ei suunniteltu tiheään liikkuvuuteen
- Kolmioreititysongelman ratkaisu vaatii päivitetyn IPv6:n
- Ei yleisesti käytössä



Luento päättynyt

Lisää reititystä

Jaakko
Kangasharju

Kysymyksiä?