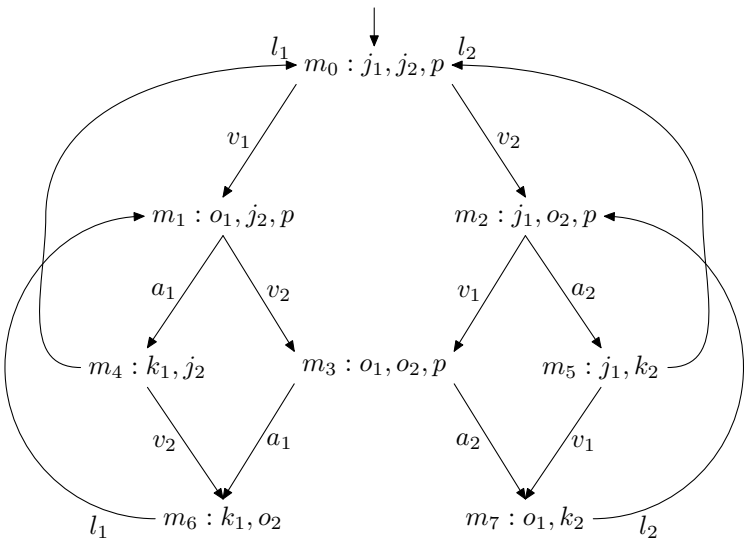
1. Muodostetaan järjestelmän saavutettavuusgraafi:




Saavutettavuusgraafista saadaan siirtymänopeusmatriisi $\mathbf{Q}$. Matriisissa siirtymien $v_1$ ja $v_2$ laukeamistiheyttä esittävät vakiot $v_1$ ja $v_2$.

$$\mathbf{Q} = \begin{pmatrix} -v_1 - v_2 & v_1 & v_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -20 - v_2 & 0 & v_2 & 20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -15 - v_1 & v_1 & 0 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -35 & 0 & 0 & 20 & 15 \\ 30 & 0 & 0 & 0 & -30 - v_2 & 0 & v_2 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & -15 - v_1 & 0 & v_1 \\ 0 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & -30 & 0 \\ 0 & 0 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & -15 \end{pmatrix}$$

Nyt voidaan laskea järjestelmän tasapainotilat:

$$\begin{aligned} \pi \cdot \mathbf{Q} &= \mathbf{0} \\ \pi \cdot \mathbf{E} &= \mathbf{e} \end{aligned}$$

Yhtälöistä saadaan $\pi = \mathbf{e} \cdot (\mathbf{Q} + \mathbf{E})^{-1}$. Tämä yhtälö voidaan ratkaista esimerkiksi Octavella komennolla `ones(1,8)*inverse(Q+ones(8))`, kun `Q` on määritelty.

Paikkojen keskimääräinen merkintä saadaan kertomalla $\pi$ pystyvektorilla, joka kuvaa paikan merkintää kussakin saavutettavassa tilassa. Esimerkiksi paikan $k_1$ keskimääräinen merkintä saadaan laskemalla $\pi \cdot (0\,0\,0\,0\,1\,0\,1\,0)^T$.

Kurssin kotisivulla on Octavelle tehty funktio, joka laskee tasapainotilan ja paikkojen $o_1, o_2, k_1, k_2$ keskimääräisen merkinnän, kun siirtymien $v_1, v_2$ laukeamistiheydet on annettu.

2. Protokollan CCS-kuvaus:

$$
\begin{array}{lcl@{\qquad}lcl}
S & ::= & m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2 & D & ::= & send_1 \cdot (rec_1 \cdot D + lose \cdot D) + \\
S_1 & ::= & send_1 \cdot S_3 & & & send_2 \cdot (rec_2 \cdot D + lose \cdot D) \\
S_2 & ::= & send_2 \cdot S_4 & A & ::= & a_1 \cdot ack_1 \cdot A + a_2 \cdot ack_2 \cdot A \\
S_3 & ::= & ack_1 \cdot S + tout \cdot S_1 & R & ::= & rec_1 \cdot a_1 \cdot r_1 \cdot R + \\
S_4 & ::= & ack_2 \cdot S + tout \cdot S_2 & & & rec_2 \cdot a_2 \cdot r_2 \cdot R
\end{array}
$$

$$P ::= S \mid R \mid D \mid A$$

$m_i$ Viesti annetaan protokollalle lähetettäväksi

$send_i$ Viesti välitetään kanavaan

$rec_i$ Viesti saapuu vastaanottajan päähän

$r_i$ Protokolla välittää viestin vastaanottajalle

$a_i$ Vastaanottaja lähettää kuittauksen

$ack_i$ Lähettäjä saa kuittauksen

$tout$ Lähettäjän ajastin laukeaa

$lose$ Sanomakanava hukkaa viestin

Agentit voidaan muuntaa paikka–siirtymä-järjestelmäksi tulkitsemalla ne rinnankytketyiksi siirtymäjärjestelmiksi, jotka voidaan muuttaa paikka–siirtymäverkoiksi. Jokaista siirtymäjärjestelmän tilaa kohden tulee verkkoon yksi paikka ja jokaista siirtymäjärjestelmän kaarta kohden yksi siirtymä. Paikassa on merkki, jos siirtymäjärjestelmä on vastaavassa tilassa. Verkon alkumerkintä voidaan siis katsoa siirtymäjärjestelmien alkutiloista.

Tässä tapauksessa kuvataan ensin agentit $S$, $R$, $D$ ja $A$ erillisiksi verkoiksi. Järjestelmän osia vastaavat verkot voidaan yhdistää rinnankytkentää vastaavalla tavalla yhdistämällä verkkojen samannimiset siirtymät.

Siirtymien yhdistämisessä täytyy ottaa huomioon käytetty rinnankytkentäoperaatio. CCS:n perusrinnankytkentä $\|$ edellyttää muitakin siirtymiä kuin laskuharjoituksessa määritelty $|$.

Protokolla muistuttaa laskuharjoituksessa 1 käsiteltyä protokollaa, jossa kuittauskanava on häviötön. Tässäkään tapauksessa protokolla ei toimi oikein. Virhetilanteet löytyvät katsomalla verkon vahvasti kytkettyjä komponentteja (komennot `strong` ja `terminal` auttavat virheiden löytämisessä).

Kurssin kotisivulla on järjestelmää vastaava paikka–siirtymä-järjestelmä.