

1. Tarkastellaan luentokalvolla L10/9 esitettyä piirikytkentäistä verkkoa, jossa on siis neljä solmua (a, b, c ja d), kolme linkkiä (a — c, b — c ja c — d) sekä kaksi yhteysluokkaa:

- Luokka 1 käyttää reittiä a — c — d
- Luokka 2 käyttää reittiä b — c — d

Oletetaan lisäksi, että luokkien liikenneintensiteetit ovat  $a_1 = 1$  ja  $a_2 = 2$ . Laske kunkin luokan kokemat päästä-päähän estot

- (a) tarkalla kaavalla,  
(b) luennolla esitetyllä likimääräisellä tulorajamenetelmällä.

2. Tarkastellaan demotehtävässä D10/3 kuvattua pakettikytkentäistä verkkoa, jossa on siis kolme solmua (a, b ja c) kytkettynä kolmioksi kuudella linkkiä. Laske pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet eri reiteillä siinä tapauksessa, että linkkiyhteys solmujen a ja c välillä katkeaa (kumpaankin suuntaan), jolloin alunperin reittiä 2 (a → c → b) noudattavat paketit ohjataan reitille 1 (a → b) ja alunperin reittiä 3 (a → c) noudattavat paketit ohjataan uudelle reitille 6 (a → b → c).

3. Tarkastellaan luentokalvolla L12/26 esitettyä esimerkkiverkkoa, jossa on siis viisi solmua (a, b, c, d ja e) ja 12 linkkiä. Linkkien a → d ja d → a kapasiteetti on 1 ja kaikkien muiden linkkien kapasiteetti on 2. Oletetaan nyt, että verkkoa kuormittaa ainoastaan OD-parin (a,d) liikenne  $t_{ad} = x$ .

- (a) Muotoile kuormantasausongelma (ts. suhteellisten linkkikuormien maksimin minimointi) ja esitä sen ratkaisu perusteluineen. Laske myös tämän optimaalisen reitityksen aiheuttamat suhteelliset linkkikuormat.
- (b) Oletetaan nyt, että reititykseen käytetään lyhimmän polun algoritmia yhdistettynä ECMP-periaatteeseen. Linkkipainoja muuttamalla on mahdollista saavuttaa neljä erilaista suhteellisten linkkikuormien maksimia:  $x$ ,  $x/2$ ,  $x/3$  ja  $x/4$ . Anna neljät eri linkkipainot, jotka johtavat näihin lopputuloksiin.