

## S-72.3235 Network Access 3 cr

Tentti 6.3.2008

A-osa: Ilman lähdemateriaalia suoritettavat tehtävät (3 tehtävää)

Tentti koostuu kahdesta osasta. Kun olet suorittanut A-osan tehtävät, sinun tulee antaa vastauksesi tentin valvojalle, joka sitten antaa sinulle tentin B-osan. B-osa koostuu neljästä tehtävästä, joista kolme parasta arvostellaan. Voit käyttää B-osassa vapaastivalitsemaasi lähdemateriaalia.

Voit valita itse miten jaat ajan tentin eri osien suhteeseen. Tentin kokonaisteksti on kolme tuntia. Voit poistua tenttilaisuudesta tunnin kuluttua sen alkamisesta.

*Mitkä kotitehtävät olet palauttanut?*

### Tehtävä A.1

Kuvaille lyhyesti seuraavat konseptit/lyhenteet/standardit

- a) Non-pre-emptive ja pre-emptive priority (2 p)
- b) IEEE802.11e EDCF (2 p)
- c) IEEE802.11 HCF (2 p)
- d) Collision resolution (2 p)
- e) Hidden and exposed node problem (2 p)

### Tehtävä A.2

“Spectrum commons” -regulointi politiikassa, taajuuksia allokoidaan ryhmälle käyttäjiä, jotka sitten yhteisomistavat spektrin. Käyttäjät voivat itse hallinnoida omistamaansa taajuuskaistaa. Tarkastele tapausta, jossa taajuuskaista on allokoidu  $M$  matkapuhelinoperaattoriin yhteiseksi. Operaattorit voivat

## S-72.3235 Network Access 3 cr

Exam 6.3.2008

Part A: Closed book tasks (3 tasks)

The examination consists of two parts. When you have done the tasks in Part A (closed book) you should give the answers to the exam supervisor, and then you will get Part B (open book) including 4 problems, out of which 3 best will be graded. You are allowed to use any literature that you feel useful in part B.

You can decide yourself the time you spend with each part, but the total exam duration is 3 h. You can leave the exam room 1 hour after the exam start.

*Which homework problems (if any) you have submitted?*

### Problem A.1

Describe briefly the following concepts/abbreviations/standards

- f) Non-pre-emptive and pre-emptive priority (2 p)
- g) IEEE802.11e EDCF (2 p)
- h) IEEE802.11 HCF (2 p)
- i) Collision resolution (2 p)
- j) Hidden and exposed node problem (2 p)

### Problem A.2

In the “spectrum commons” regulation policy, frequencies are allocated to a group of users who then treat it as common property. The users are allowed to manage the allocated spectrum themselves. Consider a case where a certain frequency band is allocated to the group of  $M$  mobile operators. The operators could

- b) Divide the spectrum further among the operators to allow interference free band for each operator. The bandwidth

- a) jakaa taajuuskaistan keskenään siten, että kukin operaattori saa oman interferenssivapaan kaistan jonka kaistanleveys on  $1/M$  alkuperäisestä.
- b) käyttää älykkäättä radiota (cognitive radio), jotka käyttävät spektriä interferenssimittauksiin perustuen kilpavarausperiaatteella..
- a) käyttää yhteistä infrastruktuuria ja toimia virtuaalioperaattoreina sen päällä. Tällöin kaikkien operaattorin liikenne on ohjattu yhteen järjestelmään, jossa käytetään konfliktivapaata MAC-protokollaa.

Mitä etuja ja haittoja vaihtoehtojen a)-c) järjestelyissä on?

*Tehtävä A.3*

Aiotko antaa kurssipalautetta?

(Palutteen antamisesta saa yhden lisäpisteen)

allocated to each operator is fraction  $1/M$  of the overall bandwidth.

- c) Use a cognitive radio approach in which radios are allowed to use the spectrum based on interference measurements using contention based MAC.
- d) Use jointly owned infrastructure and act as virtual operators. In this case, the traffic handled by all the  $M$  operators are aggregated into the same system which uses conflict free MAC.

What are the merits and shortcomings of the alternatives a)-c)?

*Problem A.3*

Will you give course feedback?

(By giving feedback you obtain one additional point)

## S-72.3235 Network Access 3 cr

Tentti 6.3.2008

B-osa: Lähdemateriaalin kanssa suoritettavat tehtävät (4 tehtävää)

Tässä osassa on neljä tehtävää, joista kolme parhaiten suoritettua otetaan huomioon arvostelussa.

Voit käyttää vapaavalintaisia lähteitä.

*Laskuista on esitettävä välivaiheet!*

---

### Tehtävä B.1

Tarkastellaan TDMA-järjestelmää. Käyttäjä generoi paketteja Poisson-prosessin mukaisesti. Viestin pituus on tasajakautunut välille  $1 - K$  MAC-kerroksen SDU:ta (pakettia). Kanava on häipyvä ja kohinanainen. MAC-kerroksen paketti katoaa todennäköisyydellä  $p$ .

i)  
Olettaa että stop-and-wait ARQ -protokolla käytetään siirtoyhteyskerroksella varmistamaan virheetön tiedonsiirto. Tarkastele tilannetta, jossa vastaanottaja ehtii signaloida NAK/ACK viestin ennen seuraavan kehyksen alkua.

- a) Ratkaise viestin lähettämiseen kuluvien aikavälien määrän kaksi ensimmäistä momenttia (3 p)
- b) Ratkaise keskimääräinen viestiviive (2 p)

ii)

## S-72.3235 Network Access 3 cr

Exam 6.3.2008

Part B: Open book tasks (4 tasks)

---

There are four problems in this part, out of which three best are taken into consideration in the grading.

You are allowed to use any literature that you feel useful.

*In mathematical problems, intermediate steps should be given, not just the final answer!*

---

### Problem B.1

Consider a TDMA system. An user generates messages according to Poission process. The message size is uniformly distributed between 1 and  $K$  MAC-layer SDUs (packets). The channel is subject to fast fading and noise. A MAC layer packet is lost in the channel with probability  $p$ .

- i)  
Assume that stop-and-wait ARQ protocol is utilized on the MAC layer for ensuring error free communications. Consider the case, in which the receiver can signal NAK/ACK message before the start of the next frame.
  - e) Determine the first two moments of the message transmission time (in slots) (3 p)
  - f) Determine the expected message delay (2 p)
- ii)

Oletta etta stop-and-wait ARQ -protokollaa käytetään kuljetuskerroksella varmistamaan virheetön tiedonsiirto. Koko viesti pitää lähetettää uudelleen mikäli yksikin siihen kuuluvista paketeista katoaa.

- c) Ratkaise viestin lähetämiseen kuluvien aikavälien määrän kaksi ensimmäistä momenttia (3 p)
- d) Ratkaise keskimääräinen viestiviive (2 p)

#### Tehtävä B.2

Tarkastellaan matkapuhelinkärjestelmää, jossa suorasaantikanavassa käytetään aikavälistä (slotted) ALOHA-protokollaa. Aikavälin pituus on  $T$ . Avoimen silmukan tehonsäätö käytetään etäisyyssvaimennuksen kompensointiin, joten keskimääräinen vastaanotettu teho kaikista asemista on vakio. Paketti vastaanotetaan virheettömästi, jos signaalinterferenssihuone vastaanottimessa on suurempi kuin  $\gamma$ . Kanava on Rayleigh-häipynyt. Mikäli kohinan teho on merkityksettömän pieni, todennäköisyys sille että paketti vastaanotetaan oikein  $n$  paketin törmätessä on  $q_n = \frac{1}{(1+\gamma)^{n-1}}$ . Oletta, että asemat generoivat

paketteja Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä  $g$ . Olkoon  $G=gT$ . Ratkaise

- a) Todennäköisyys sille, että kiireinen (busy) aikaväli on menestyksellinen:  
 $P_s = \Pr\{\text{successful transmission} | \text{at least one user arrived}\}$  (2 p)
- b) Keskimääräinen kiireisen periodin pituus  $B$  (2 p)
- c) Keskimääräinen menestyksekkäiden aikavälien määrä  $U$  kiireisessä periodissa. (2 p)
- d) Keskimääräinen joutilaan (idle) periodin pituus  $I$  (2 p)
- e) Kapasiteetti (throughput)  $S$  (2 p)

#### Tehtävä B.3

Assume that stop and wait ARQ protocol is utilized on transport layer. That is, the whole message is first transmitted and if there is error, then the message is repeated.

- g) Determine the first two moments of the message transmission time (in slots) (3 p)
- h) Determine the expected message delay (2 p)

#### Problem B.2

Consider a mobile communication system in which slotted ALOHA protocol is utilized in the random access channel. The slot length is  $T$ . Open loop power control is utilized to compensate for the path loss. That is, the mean received power is equal for all users. A packet can be successfully decoded at the receiver if its signal-to-interference ratio exceeds  $\gamma$ . The channel is subject to Rayleigh fading. Assuming that the noise power is negligible, the probability that a packet can be decoded successfully at the receiver given that  $n$  packets collided is  $q_n = \frac{1}{(1+\gamma)^{n-1}}$ . Assume that

the users generate packets according to Poisson process with intensity  $g$ . Let  $G=gT$  and determine

- f) Probability that a busy slot is successful  $P_s = \Pr\{\text{successful transmission} | \text{at least one user arrived}\}$  (2 p)
- g) Determine the average length of the busy period  $B$  (2 p)
- h) Determine the average number of useful slots  $U$  within busy period (2 p)
- i) Determine the average number of idle slots  $I$  (2 p)
- j) Determine the throughput  $S$  (2 p)

#### Problem B.3

Consider the IEEE802.11 DCF protocol with BEB and RTS-CTS handshake.

- a) Determine the maximum achievable throughput when the user is alone in the channel. (5 p)

Tarkastellaan IEEE802.11 DCF -protokollaa BEB:n ja RTS-CTS kättelyn kera.

- a) Ratkaise suurin mahdollinen kanavan käyttöaste (throughput) kun käyttäjä on kanavalla yksin. (5 p)  
 b) Oletta, että paketti katoaa todennäköisyydellä 0.03. Ratkaise kanavan käyttöaste (throughput) (5 p)

Käytä seuraavia parametreja: CWmin=14, CWmax=1023, T\_DIFS= 34  $\mu$ s, T\_SIFS=27  $\mu$ s, T\_RTS=T\_CTS=T\_ACK=24  $\mu$ s, T\_Payload=157  $\mu$ s and T\_Header=20  $\mu$ s.

#### Tehtävä B.4

Tarkastellaan IEEE802.11 DCF -protokollaa BEB:n ja RTS-CTS kättelyn kera.

- a) Mitä etuja ja haittoja protokollaan liittyy? Mihin sovelluksiin se sopii? (2 p)  
 c) Mikä olisi optimaalinen ikkunan koko ja miksi sitä on vaise käyttää käytännössä? (2 p)  
 d) Miten CSMA/CA toimisi, jos ikkunan koko olisi kiinteä CW=CWmin? Miten kiinteän ikkunan koko CWmin pitäisi valita? (6 p)

#### Hyödyllisiä kaavoja

$$E[A|B] = \frac{E[A,B]}{E[B]}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!} = e^x, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{n}\right)^n = e^x$$

$N \sim \text{Poisson}(\lambda)$ :

$$\Pr\{N=n\} = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \quad n=0,1,2,\dots$$

$$E[N] = \lambda$$

$$E[N^2] = 2\lambda$$

$K \sim \text{Geo}(p)$ :

$$\Pr\{K=k\} = (1-p)^k p, \quad k=1,2,\dots$$

$$E[K] = \frac{1}{p}$$

$$E[K^2] = \frac{2-p}{p^2}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1-x}, \quad |x| < 1$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} kx^k = \frac{x}{(1-x)^2}, \quad |x| < 1$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k^2 x^k = \frac{3x^2 - 2x + 1}{(1-x)^3}, \quad |x| < 1$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} k = \frac{K(K+1)}{2}$$

- b) Assume that packets are lost with probability 0.03. Determine the throughput. (5 p)

Use the following parameters: CWmin=14, CWmax=1023, T\_DIFS= 34  $\mu$ s, T\_SIFS=27  $\mu$ s, T\_RTS=T\_CTS=T\_ACK=24  $\mu$ s, T\_Payload=157  $\mu$ s and T\_Header=20  $\mu$ s.

#### Problem B.4

Consider the CSMA/CA protocol with binary exponential backoff (BEB) and RTS-CTS handshake.

- a) What are its merits and shortcomings? For what applications it would be suited for? (2 p)  
 c) What would be the optimal window size and why it would be difficult to utilize it? (2 p)  
 d) How well would CSMA/CA work with fixed window CW=CWmin size? How should be window size CWmin be selected in such case? (4 p)

#### Some useful formulas

$$E[A|B] = \frac{E[A,B]}{E[B]}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!} = e^x, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{n}\right)^n = e^x$$

$N \sim \text{Poisson}(\lambda)$ :

$$\Pr\{N=n\} = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \quad n=0,1,2,\dots$$

$$E[N] = \lambda$$

$$E[N^2] = 2\lambda$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} kx^k = \frac{x}{(1-x)^2}, \quad |x| < 1$$

$K \sim \text{Geo}(p)$ :

$$\Pr\{K=k\} = (1-p)^k p, \quad k=1,2,\dots$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} k = \frac{K(K+1)}{2}$$

$$E[K] = \frac{1}{p}$$

$$E[K^2] = \frac{2-p}{p^2}$$