

# S-38.118 Teletekniikan perusteet

## Laskuharjoitus 3 Paketoinnin hyötysuhde

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

1

## Harjoitus 3 koostuu:

- Demoluento (45 min)
  - Datan siirtäminen Internetissä yleensä
  - Laskuesimerkki datan siirtämisestä
  - Äänen siirtäminen Internetissä
- Laskutehtävät (45 min)
  - paketoinnin hyötysuhde siirrettäessä ääntä Internetissä

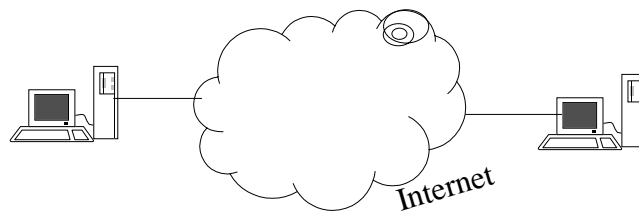
10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

2

# 1. Datat siirtäminen Internetissä

- Internet kehitettiin datan siirtämistä varten
- Dataa ovat: sähköposti, tiedostojen siirto jne



Kuva 1. Datat siirtäminen Internetissä

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

3

## OSI-kerrosmalli

Kehitettiin yhteensovitusongelmien ratkaisuksi.

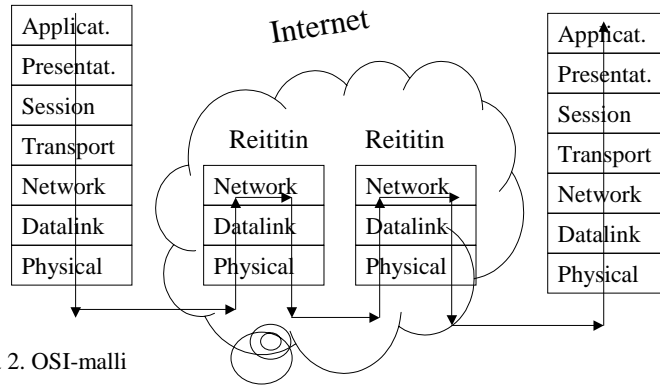
Applicat.	Sovelluskerros: sovellusten välinen komm. e-mail, FTP
Presentat.	Esitystapakerros: yhteinen muoto tiedon esittämiselle
Session	Yhteyskerros: yhteyden käyttö, käyttäjätunnus, salasanat
Transport	Kuljetuskerros: päästä-päähän siirto, TCP
Network	Verkkokerros: sanomien perillevienti, reititys, IP
Datalink	Siirtoyhteyshkerros: luotettava siirtoyhteys, virh.tark.
Physical	Fyysinen kerros: sähköiset omin., bittien siirto, PCM

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

4

## Tiedonsiirto OSI-mallin mukaisesti



Kuva 2. OSI-malli

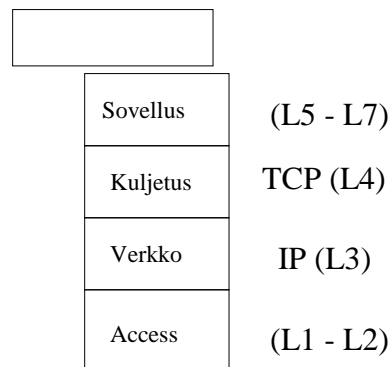
10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa

5

## TCP/IP arkkitehtuuri

- Internetissä yleisin käytetty protokolla on **TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) (kts. kuva 3)
- TCP:n otsikon pituus on **20 tavua** samoin kuin IP:n eli **yhteensä 40 tavua**. Molemmat protokollat ovat välttämättömiä.
- Lisäksi tarvitaan muitakin protokollia, jotta siirto päästä-päähän onnistuisi



Kuva 3. TCP/IP -pino

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa

6

- Internetissä älykkyys sijaitsee päätelaitteissa, jossa mm. virheet havaitaan ja korjataan.
- Kun TCP havaitsee virheen, se lähettää paketin uudelleen, kunnes saa kuittauksen perillemenosta.
- TCP –yhteydellä kulkee siis muitakin paketteja kuin varsinaista dataa.
- Kuittaukset ja uudelleenlähettämiset vievät aikaa, mutta se ei ole kriittistä datan siirron ollessa kyseessä.
- Vievät tosin tiedonsiirtokaistaa.

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

7

## Tiedonsiirron vaatimukset

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kriittinen:           <ul style="list-style-type: none"> <li>– virheettömyys</li> <li>– ei vääristymiä               <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>0 \rightarrow 1</math></li> <li>• pakettien katoamisia</li> </ul> </li> <li>– korjausmahdollisuus (virheen ilmetessä <math>\rightarrow</math> datan uudelleenlähetys)</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei-kriittinen:           <ul style="list-style-type: none"> <li>– kulkeaika (viive)</li> <li>– kulkuajan vaihtelu (huojunta, jitter)</li> </ul> </li> </ul> |
|---|--|

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

8

## Laskuesimerkki

- Siirretään 8 kilotavua (8192 tavua) 512 tavun mittaisia segmenttejä eli yhteensä 16 segmenttiä. Jokaiseen segmenttiin liitetään ensin TCP –otsake (20 tavua) ja sitten IP –otsake (20 tavua). *Näin ollen segmentin koko linkillä on  $512 + 20 + 20 = 552$  tavua.* Lisäksi yhteyden muodostukseen (3), kuittauksiin (7) ja sulkemiseen (3) menee yhteensä 12 kpl 40 tavun mittaisia kontrollipaketteja.

20	20	512 tavua	x 16
IP	TCP	kuorma	

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

9

## Laskuesimerkki jatkuu ...

- Mikä on siirrettävä datamäärä ja otsikoiden ja kontrollipakettien (ei hyötydata) osuus?
- Entä jos otsikot ja kontrollipaketit pakataan? *(Pakkaus on toteutettu muistamalla edellisen paketin kentät, ja lähettämällä vain muuttuneet kentät. Näin saavutetaan noin **40 tavua** -> **10 tavua kompressio**. Jos lisäksi lähetetään vain delta-arvo (kuinka paljon kentän arvo on muuttunut), päästään 40 -> 5 pakkaussuhteeseen, ja 40 -> 3 tyypillisissä telnet ja FTP-yhteyksissä.)*
- Jos siirretään 16 ktavua (16384 tavua) 1024 tavun mittaisissa segmenteissä, niin paljonko silloin pakkaamattomien otsikoiden ja kontrollipakettien osuus olisi?
- Entä jos otsikot ja kontrollipaketit pakataan?

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

10

## Laskuesimerkin ratkaisu

- **Siirretään 8 ktavua 512 ktavun segmenteissä ilman pakkausta**
- Datan osuus             $16 \times 512 \text{ tavua} = 8192 \text{ tavua}$
- Otsikoiden osuus       $16 \times 40 \text{ tavua} = 640 \text{ tavua}$
- Kontr.paketit          $12 \times 40 \text{ tavua} = \underline{480 \text{ tavua}}$
- YHTEENSÄ       $9312 \text{ tavua}$
  
- Ei hyötydatan osuus on  $(640 + 480)/9312 \text{ tavua} \Rightarrow \mathbf{12,0\%}$

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

11

## Laskuesimerkin ratkaisu

- **Siirretään 8 ktavua 512 ktavun segmenteissä ja otsikot ja kontrollipaketit pakataan (40 tavua  $\rightarrow$  10 tavua).**
- Datan osuus:             $16 \times 512 \text{ tavua} = 8192 \text{ tavua}$
- Otsikoiden osuus:       $16 \times 4 \text{ tavua} = 64 \text{ tavua}$
- Kontr.paketit          $12 \times 10 \text{ tavua} = \underline{120 \text{ tavua}}$
- YHTEENSÄ       $8376 \text{ tavua}$
  
- Ei hyötydatan osuus on  $(64 + 120)/8376 \text{ tavua} \Rightarrow \mathbf{2,2 \%}$

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

12

## Laskuesimerkin ratkaisu ...

- **Siirretään 16 ktavua 1024 tavun segmenteissä, otsikoita ei pakattu**
- Datan osuus:  $16 \times 1024 \text{ tavua} = 16384 \text{ tavua}$
- Otsikoiden osuus:  $16 \times 40 \text{ tavua} = 640 \text{ tavua}$
- Kontr.paketit  $12 \times 40 \text{ tavua} = \underline{480 \text{ tavua}}$
- **YHTEENSÄ 17504 tavua**
  
- Ei hyötydatan osuus on  $(640 + 480)/17504 \text{ tavua} \Rightarrow \mathbf{6,4 \%}$

## Laskuesimerkin ratkaisu ...

- **Siirretään 16 ktavua 1024 ktavun segmenteissä ja otsikot ja kontrollipaketit pakataan (40 tavua  $\rightarrow$  10 tavua).**
- Datan osuus:  $16 \times 1024 \text{ tavua} = 16384 \text{ tavua}$
- Otsikoiden osuus:  $16 \times 4 \text{ tavua} = 64 \text{ tavua}$
- Kontr.paketit  $12 \times 10 \text{ tavua} = \underline{120 \text{ tavua}}$
- **YHTEENSÄ 16568 tavua**
  
- Ei hyötydatan osuus on  $(64 + 120)/16568 \text{ tavua} \Rightarrow \mathbf{1,1 \%}$

## Tiedonsiirron hyötysuhde

Segmentin koko	Pakkaamaton	Pakattu 40->10 tavua
512 tavua	12 %	2,2 %
1024 tavua	6,4 %	1,1 %

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

15

## 2. Puheen siirtäminen Internetissä

- Multimedia koostuu mm. puheesta, kuvasta ja videosta. Se eroaa datan siirrosta mm. siinä, että se on **reaaliaikaista**.
- Reaaliaikaisessa tiedonsiirrossa on otettava huomioon mm, että se:

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

16



## Tiedonsiirron vaatimukset

- **Kriittinen:**
  - ei siedä uudelleenlähetyksiä
  - ei siedä paljoa viivettä (gsm 200ms, satel. 500ms)
  - ei siedä paljoa viiveen vaihtelua
- **Ei kriittinen:**
  - sietää virheitä
    - korva ei erota pieniä virheitä
    - eikä muutamia puuttuvia paketteja

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

17

## UDP/IP protokollapino

- Käytetyt protokollat ovat IP –protokolla sekä **UDP** (User Datagram Protocol) –protokolla vastaavasti
  - UDP on pelkistetty protokolla, jossa ei ole virhekorjaus- eikä uudelleenlähetyksen proseduuria, vaan ainoastaan virheenhavaitseminen.
  - Sen otsikko sisältää vain **8 tavua**.

Sovellus	(L5 - L7)
Kuljetus	<b>UDP</b> (L4)
Verkko	IP (L3)
Access	(L1 - L3)

Kuva 4. UDP/IP -pino

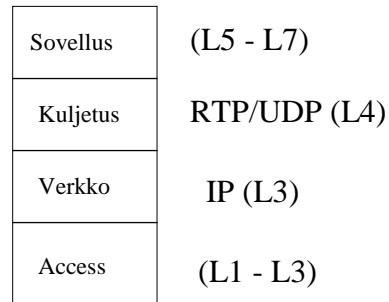
10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

18

# RTP/UDP/IP protokollapino

- UDP -protokollan apuna käytetään **RTP** (Real-time Transport Protocol) -protokollaa.
  - Sen avulla viiveen vaihtelu voidaan kompensoida (dejitter buffer) ja paketit voidaan järjestää oikeaan järjestykseen (kts. kuva 6).
  - Sen otsikko sisältää **12 tavua**.

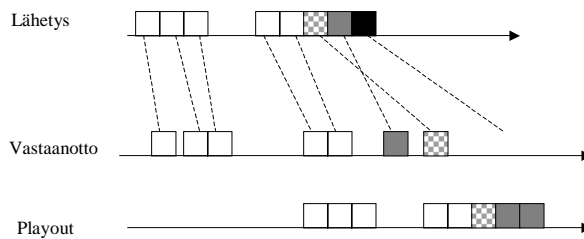


Kuva 5. RTP/UDP/IP -pino

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

19



Kuva 6. Pakettien lähettäminen ja vastaanottaminen Internetissä RTP -protokollaa käyttäen

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

20

## 2.1 Puheen siirtämisen vaiheet

- Vaihe 1: Puheen muuttaminen digitaaliseksi
  - näytteenotto, kvantisointi, koodaus
  - Nyqvistin teoreema (8000 näytettä/s)
  - koodekit

G.711 (1977)	PCM	48, 56, 64	GSTN, H.323 & H.320 videokonf.
G.728 (1992)	LD-CELP	16	GSTN, H.320 videopuhelu
G.723.1 (1995)	ACELP	5.3	GSTN videopuhelut
	MP-MLQ	6.3	GSTN videopuhelut
G.729 (1995)	ACELP	8	GSTN puhelut, langat /PCS /FPLMTS

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

21

## 2.1 Puheen siirtämisen vaiheet ...

- Vaihe 2: Korjaukset
  - hiljaisuuden poisto
- Vaihe 3: Pakkaaminen ja kehystys
  - poistetaan turha informaatio (ennustettavissa tai toistuu)
  - kehystys

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

22

## 2.1 Puheen siirtämisen vaiheet ...

- Vaihe 4: IP -paketin muodostaminen
  - reititys Internetissä
  - RTP -otsikko = 12 tavua
  - UDP -otsikko = 8 tavua
  - IP -otsikko = 20 tavua
  - yhteensä = 40 tavua
  - otsikot voidaan pakata -> (2-4 tavua)

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

23

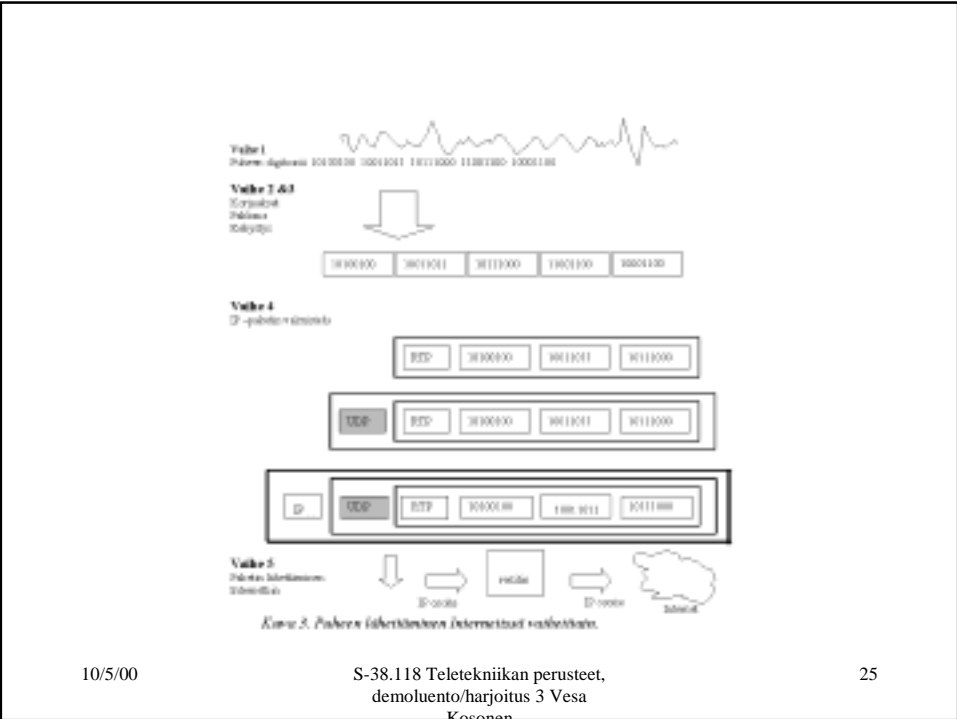
## 2.1 Puheen siirtämisen vaiheet ...

- Vaihe 5: IP -pakettien siirtäminen
  - paketit lähetetään Internetiin kuten datapaketit
  - reitittimet välittävät paketit määränpäähänsä
  - voivat mennä eri reittejä ja kestää eri ajan
- Vaihe 6: Vastaanotto
  - poistetaan IP/UDP/RTP otsikot
  - lisätään hiljaisuus ja muutetaan anal. ääneksi

10/5/00

S-38.118 Teletekniikan perusteet,  
demoluento/harjoitus 3 Vesa  
Kosonen

24



## Ja sitten laskemaan ...

- Pakettiverkon tiedonsiirron hyötysuhteita
- Pakkaamisen vaikutuksia