

Innhold

Innledning	13
Kapittel 1	
Introduksjon til datakommunikasjon	17
1.1 Introduksjon	18
1.2 IKT og datakommunikasjon	18
1.3 Hva er bredbånd?	19
1.4 Kort om den historiske utviklingen	21
Kapittel 2	
Grunnprinsipper	25
2.1 Grunnprinsipper	26
2.2 Standardisering	26
2.3 Standardiseringsorganisasjoner	27
2.3.1 ISO	28
2.3.2 ITU	28
2.3.3 IEEE	29
2.3.4 IETF	30
2.3.5 W3C	31
2.3.6 Arbeidsdelingen mellom standardiseringsorganisasjonene	32
2.3.7 Norske standardiseringsorganisasjoner	32
2.4 Lagdelte kommunikasjonsmodeller	33
2.4.1 Innkapslingsprinsippet (innpakking og utpakking)	35
2.4.2 Lagene og deres funksjoner	36
2.5 Pakkesvitsjede nettverk	36
2.5.1 Pakkesvitsjing	36
2.5.1.1 Datagramnettverk	37
2.5.1.2 Virtuell-kanal-nettverk	38
2.5.2 Linjesvitsjing	38
2.6 Klient-tjener-arkitektur	39

Kapittel 3	
Anvendelser av Internett,	43
applikasjonslaget	43
3.1 Hva er Internett?	44
3.2 Web	45
3.2.1 Nettleseren	45
3.2.2 Webtjeneren	46
3.2.3 HTML	46
3.2.4 URL	48
3.2.5 HTTP	48
3.2.5.1 HTTP-forespørsel	48
3.2.5.2 HTTP-svar	49
3.2.6 Metoder for å effektivisere webtjenesten	50
3.2.6.1 Lokal mellomagring	50
3.2.6.2 Vedvarende forbindelser	51
3.2.6.3 Vedvarende forbindelser med pipelining	52
3.2.6.4 Parallele forbindelser	52
3.2.6.5 Informasjonskapsler	52
3.3 E-post	53
3.3.1 E-postklienter	53
3.3.2 E-posttjenere	54
3.3.3 Sending av e-post med SMTP	54
3.3.4 Formatet på e-post	56
3.3.4.1 E-postformat og RFC 2822	56
3.3.4.2 MIME	56
3.3.5 Lesing av e-post med POP3 og IMAP4	58
3.4 Navnetjenesten DNS	59
3.4.1 Navneoppslag i DNS sett fra sluttbruker	59
3.4.2 DNS og virtuelle webtjenere	60
3.4.3 Strukturen på domenenavn	61
3.4.4 Forvaltning av domener	61
3.4.5 Kort om implementeringen av DNS	62
3.4.6 DNS-håndtering av oppslag fra lokal navnetjener	63
3.4.7 Flere funksjoner i DNS	64
3.5 Om applikasjonslagets protokoller	65
Kapittel 4	
Transportlaget	69
4.1 Transportlagets oppgave	70
4.2 Adressering på transportlaget	71
4.3 Pålitelig og upålitelig datakommunikasjon	72
4.4 Forbindelsesorientert og forbindelsesløs kommunikasjon	73
4.5 Glidende vindu	74
4.6 Deteksjon av bitfeil	76
4.6.1 Sjekksum	76

4.6.2	Andre feildeteksjonsmetoder	77
4.7	Pålitelig dataoverføring med TCP	77
4.7.1	TCP pakkeformat	78
4.7.2	Etablering av forbindelse	79
4.7.3	Pålitelig overføring av data	80
4.7.4	Tilpasning til mottakers kapasitet – flytkontroll	83
4.7.5	Tilpasning til nettets kapasitet, metningskontroll	84
4.7.6	TCPs sendevindu	85
4.7.7	TCPs tilstandskontroll	87
4.8	Upålitelig dataoverføring med UDP	87
4.9	Eksempler på bruk av porter	89
Kapittel 5		
Nettverkslaget		
		93
5.1	Nettverkslaget	94
5.2	Ulike typer nettverk	95
5.3	IP-adresser	96
5.4	Nettadresser	97
5.4.1	Nettmasker	97
5.4.2	Oppdeling av nettadresser	98
5.4.3	Klasseløse og klassebaserte nettadresser	99
5.5	Reserverte IP-adresser	100
5.5.1	Private IP-adresser	100
5.5.2	Link lokale adresser	100
5.5.3	Multicastadresser	101
5.6	IP-protokollen	101
5.7	Fragmentering av IP-pakker	104
5.8	Protokoll for feilmelding og informasjon (ICMP)	105
5.9	Rutere	106
Kapittel 6		
Lenkelaget og det fysiske laget		
		109
6.1	Oppgavene til lenkelaget og det fysiske laget	110
6.2	Lenkelaget	111
6.2.1	Praktisk håndtering av arbeidsoppgavene til lenkelaget	112
6.3	Konstruksjon av nettverk	113
6.3.1	Eksklusiv og delt tilgang	113
6.3.2	Full dupleks-, halv dupleks- og simpleksforbindelser	114
6.3.3	Punkt-til-punkt og multipunkt	115
6.3.4	Kollisjonsdomene og kringkastingsdomene	116
6.3.5	Teknologikombinasjoner	118
6.4	Aksessmekanismer	118
6.4.1	Konkurransen	119
6.4.2	Stafettpinne (Token passing)	119
6.4.3	Polling	120

6.5	Det fysiske laget	121
6.5.1	Praktisk håndtering av arbeidsoppgavene til det fysiske laget	121
6.6	Medier	121
6.6.1	Valg av overføringsmedium	121
6.6.2	Trådparkabler	122
6.6.3	Fiber	126
6.6.4	Trådløs kommunikasjon	129
6.7	Analoge og digitale data og signaler	131
6.7.1	Symboler, signaleringsrate og bitrate	133
6.7.2	Digital signalering – sprangvis variasjon	133
6.7.3	Analog signalering – modulering av bærebølge	135
6.7.4	Synkronisering	137
6.8	Multipleksing	138
6.8.1	Frekvensdelt multipleksing	139
6.8.2	Tidsdelt multipleksing	139
6.8.3	Statistisk multipleksing	140

Kapittel 7

Ethernet og trådløse lokalnettverk	143	
7.1	Innledning	144
7.2	Ethernet	145
7.2.1	Hvordan Ethernet fungerer	145
7.2.2	Regulering av tilgang til mediet med CSMA/CD	146
7.2.3	Svitsjet Ethernet	147
7.2.4	Kollisjonsdomene og kringkastingsdomene	149
7.2.5	Ethernet rammeformat	151
7.2.6	Behandling av Ethernet-rammer	153
7.2.7	MAC-adresser	153
7.2.8	Ethernet-standarder	155
7.3	Trådløse nettverk	156
7.3.1	Ulike bruksområder, ulike løsninger	156
7.3.2	Trådløse lokalnettverk	157
7.3.3	Ytelse i trådløse lokalnettverk	158
7.3.4	Operasjon i et trådløst lokalnettverk	159
7.3.5	Regulering av tilgang til mediet med CSMA/CA	161
7.3.6	Regulering av tilgang til mediet med 802.11 PCF	163
7.3.7	Sikkerhet i trådløse lokalnettverk	163
7.3.7.1	Wired Equivalent Privacy (WEP)	164
7.3.7.2	MAC-aksessliste	164
7.3.7.3	Skjult nettverksnavn (ESSID)	164
7.3.7.4	Wi-Fi Protected Access (WPA)	165
7.3.7.5	IEEE 802.11i (WPA2)	165
7.3.7.6	Webinnlogging	165
7.3.7.7	Virtuelt Privat Nettverk (VPN)	166
7.3.7.8	Bruke krypterte protokoller	166

Kapittel 8

Nettverk i praksis	169
8.1 Hvordan komme seg på nett?	170
8.1.1 Forbindelsen til Internett	170
8.1.2 Infrastrukturen	172
8.1.3 Oppsett på datamaskinen	172
8.1.4 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	176
8.1.5 Kopling mellom IP- og MAC-adresser: ARP	178
8.1.6 Network Address Translation (NAT)	179
8.1.6.1 Statisk videresending av porter (port forwarding) ...	182
8.1.7 Alternativ infrastruktur	182
8.2 Nettverkskomponenter	184
8.2.1 Det fysiske laget – repetere, mediekonvertere og huber	185
8.2.2 Lenkelaget – broer, svitsjer og trådløse aksesspunkter	186
8.2.3 Nettverkslaget – rutere	189
8.2.4 Over nettverkslaget – gateway	190
8.2.5 Brannmur	191
8.2.6 Sikkerhetskomponenter	192

Kapittel 9

Teletjenester	195
9.1 Teletjenester	196
9.2 Infrastruktur for telekommunikasjon	198
9.2.1 Tjenestenett	198
9.2.2 Aksessnett	198
9.2.2.1 Telefon	200
9.2.2.2 Modem	200
9.2.2.3 ISDN	202
9.2.2.4 ADSL	205
9.2.2.5 ADSL 2+	207
9.2.3 Transportnett	208
9.3 Bruk av teletjenester	209
9.4 Digital Subscriber Lines – DSL	210
9.5 ADSL	212
9.6 ADSL2+	214
9.7 SHDSL	215
9.8 Very High Speed Digital Subscriber Line	216
9.9 Sammenligning av egenskaper for ulike DSL-teknologier	218
9.10 Teletjenester	218
9.10.1 Faste leide linjer	218
9.10.2 Frame Relay	220
9.10.3 Asynchronous Transfer Mode	222
9.10.4 Multiprotocol Label Switching (MPLS)	225
9.10.4.1 Nordic Connect	229
9.10.5 Triple play	232

9.10.6 X.25-nett (smalbånd)	235
9.10.7 Sammenligning av teletjenester	236

Kapittel 10

Mer om nettvorking	239
10.1 Innledning	240
10.2 Nettverksteknologier på lenkelaget	240
10.2.1 Virtuelle lokalnett (VLAN)	240
10.2.2 Spanning Tree Protocol (STP)	242
10.3 Nettverksteknologier på nettverkslaget	243
10.3.1 Virtuelle private nett (VPN)	243
10.3.1.1 Bakgrunn	244
10.3.1.2 VPN-teknologier	245
10.3.2 IP versjon 6 (IPv6)	247
10.3.2.1 Hva skiller IPv6 og IPv4?	248
10.4 Rutingprotokoller og autonome systemer	249
10.4.1 Rutingalgoritmer	249
10.4.2 Autonome systemer	250
10.4.3 Rutingprotokoller på Internett	251
10.5 Nettverksadministrasjon	252
10.5.1 Hvordan utføre administrasjon?	253
10.5.2 Telnet og SSH	254
10.5.3 Web	254
10.5.4 Simple Network Management Protocol (SNMP)	255
10.5.5 Network Management System (NMS)	257
10.6 Sikker kommunikasjon	257
10.6.1 Fire behov for sikker kommunikasjon	257
10.6.2 Tre teknikker for å sikre kommunikasjonen	258
10.6.3 Digitale sertifikat og PKI	261
10.7 Multimedia	262
10.7.1 Digitalisering og koding av lyd	262
10.7.2 Digitalisering og koding av video	263
10.7.3 Avspilling og kommunikasjon i sanntid	264

Vedlegg A

Hjelpeprogram	267
A.1 Innledning	268
A.2 Pakkeanalyse – Wireshark	268
A.2.1 Installasjon av Wireshark	269
A.2.2 Bruk av Wireshark	269
A.3 Test konnektivitet – ping	274
A.4 Spore rute på nettet – traceroute, tracert	274
A.5 TCP/IP-oppsett – ipconfig og ifconfig	276
A.6 Rutingtabell på PC – route og netstat	277
A.7 Aktive sesjoner – netstat	277

A.8 Informasjonssanking – whois	278
A.9 Informasjonssanking – nslookup og dig	279
A.10 Kopling mellom logiske og fysiske adresser – arp	281
A.11 Teste tjenester – Telnet	281
A.12 Referanser	282
Vedlegg B	
Socketprogrammering	283
B.1 Innledning	284
B.2 Programkode for DatakomKlient	284
B.3 Programkode for DatakomTjener	286
B.4 Sammenhengen mellom programkode og pakker på nettet	288
Vedlegg C	
Detaljer om Ethernet	289
C.1 Innledning	290
C.2 Historisk overblikk over Ethernet	290
C.3 Ethernet rammeformat	293
C.4 Behandling av Ethernet-rammer	296
Stikkord	299

Innledning

Vår hensikt med denne boka er å gi studenter et tilbud om en norsk lærebok i datakommunikasjon, med eksempler tilpasset norske forhold og de teknologier som faktisk blir brukt i Norge i dag. Vi har lagt vekt på å gi konkrete eksempler som viser virkemåten til de ulike kommunikasjonsløsningene. Dette gjøres blant annet gjennom bruk av den utbredte pakkeanalytoren Wireshark for å studere innholdet i datapakkene.

Målgruppe

Læreboka er rettet mot studenter i høyere utdanning, og dekker den grunnleggende innføringen i datakommunikasjon. Boka kan dessuten leses av alle med interesse for fagområdet og som er nysgjerrige på hvordan datakommunikasjon egentlig foregår.

Organisering av innholdet

Boka er organisert rundt den lagdelte modellen for datakommunikasjon. Først gjennomgår de grunnleggende prinsippene, som hele boka bygger på, i kapittel 2. Deretter har vi valgt å starte gjennomgangen på *toppen* av den lagdelte kommunikasjonsmodellen, med anvendelser av Internett, i kapittel 3. Utover i boka arbeider vi oss nedover i den lagdelte kommunikasjonsmodellen.

Kapittel 8 omhandler nettverk i praksis – om hvordan vi kommer oss på nett og bruker det nettverksutstyret vi oftest kommer i kontakt med. Vi beskriver aktuelle tele-tjenester i kapittel 9.

En rekke tema i tilknytning til datakommunikasjon er så omfattende at de er egne fagområder i deg selv, for eksempel sikkerhet og multimedia. Vi gir en introduksjon til disse temaene, sammen med omtale av spesielle nettverksteknologier, i kapittel 10.

Bruk av Wireshark og andre nyttige hjelpeprogram forklares i vedlegg A. Grensesnittet mellom Internett-applikasjoner og datakommunikasjon skjer gjennom en *socket*, og vi har tatt med et programeksempel i vedlegg B. I vedlegg C tar vi for oss detaljer omkring Ethernet-teknologien for de som har lyst på en fordypning i emnet.

Konvensjoner

Spesielt viktige deler av teksten er satt i blå rammer. Interessante ekstraopplysninger er markert med en lyspære i venstre kant. Referanser er markert med braketter i teksten og er listet opp alfabetisk i slutten av hvert kapittel. Eksempel på referanse: [URL-Datakom.no].

Betegnelsen byte (B) brukes i betydningen 8 bit, altså det samme som en oktett (*octet*). Størrelsesbetegnelsene kilobyte (kB), megabyte (MB) og gigabyte (GB) brukes i betydningen 1024 byte, 1024 kilobyte og 1024 megabyte.

Bokas forfattere

Kapittel 1, 3, 4 og vedlegg B er skrevet av Olav Skundberg.

Kapittel 2 og 9 er skrevet av Bjørn Klefstad.

Kapittel 6, 7, 8 og vedlegg C er skrevet av Øyvind Hallsteinsen.

Kapittel 5 er skrevet av Olav Skundberg og Bjørn Klefstad i fellesskap

Kapittel 10 er skrevet av Øyvind Hallsteinsen og Olav Skundberg i fellesskap.

Vedlegg A er skrevet av Øyvind Hallsteinsen og Bjørn Klefstad i fellesskap.

Webressurser

I tilknytning til boka er det produsert ulike digitale ressurser som er tilgjengelige på bokas webside: <http://datakom.no>. Dette omfatter øvingsoppgaver, flervalgstester og logger for analyse av datapakker. Vi har egne skjermopptak (videosnutter med lyd) som utdyper en del av eksemplene i boka. Det er dessuten egne sider med løsningsforslag og andre hjelpemidler for faglærere som bruker boka i undervisning.

Takk

Vi takker Nils Ulltveit-Moe ved Høgskolen i Agder og Herman Ranæs ved Høgskolen i Sør-Trøndelag for nyttige tilbakemeldinger og kommentarer underveis i prosessen med å skrive boka. Vi takker også Ivar Tormod Berg Ørstavik og Else Lervik for hjelp og kommentarer til utvikling av java-applikasjonen som brukes i boka. Takk til Svend Andreas Horgen for hjelp med produksjonsprosessen.

Anbefalt videre lesning

Computer Communications and Networking Technologies

Michael A. Gallo and William M. Hancock

Brooks/cole

ISBN: 0-534-37780-7

Computer Networking, 4. utgave

James F. Kurose and Keith W. Ross

Addison-Wesley

ISBN: 0-321-49770-8

Computer Networking and the Internet, 5. utgave

Fred Halshall

Addison-Wesley

ISBN: 0-321-26358-8

Data And Computer Communications, 7. utgave

William Stallings

Pearson Prentice Hall

ISBN: 0-13-183311-1