

**PEMODELAN DAN ANALISIS RANGKAIAN KAWASAN SETEMPAT
PELBAGAI SALURAN OPTIKAL**

AZNOR HANAH BINTI ABDUL HALIM

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
2007**

**PEMODELAN DAN ANALISIS RANGKAIAN KAWASAN SETEMPAT
PELBAGAI SALURAN OPTIKAL**

oleh

AZNOR HANAH BINTI ABDUL HALIM

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

MAC 2007

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur saya ke hadrat Illahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya, berkat junjungan kekasih-Nya, karomah dan hikmah kedua ibu dan bapa, tesis sarjana penyelidikan ini dapat disiapkan dengan jayanya.

Jutaan terima kasih saya kepada semua penyelia saya iaitu Dr. R. Badlishah Ahmad, Dr. Kamal Zuhairi Zamli dan Dr. Mohd Ansor Yusof yang telah membantu dari awal hingga akhir penyelidikan ini dengan memberi galakan, tunjuk ajar, pertolongan, motivasi, sokongan, pendapat, kritikan dan nasihat yang berguna sepanjang penyelidikan ini.

Penghargaan yang tidak terhingga kepada semua guru saya, ibu saya Pn. Hj. Nor Salaniah binti Harun, bapa saya Tn. Hj. Abdul Halim bin Ahmad, serta seluruh anggota keluarga yang sentiasa memberikan sokongan moral, doa dan semangat yang tidak berbelah-bahagi untuk menamatkan pengajian di peringkat sarjana penyelidikan ini.

Seterusnya, khas buat rakan-rakan seperjuangan, Nurazreena binti Ahmad dan Mohd Fazli Izwan bin Abd Jalil serta sahabat-sahabat yang sentiasa memberikan dorongan dan galakkan untuk menyiapkan tesis penyelidikan ini.

Akhir sekali, penghargaan kepada semua pihak yang telah terlibat dalam proses penyelidikan ini dijalankan dan juga penulisan tesis ini.

AZNOR HANAH BINTI ABDUL HALIM

SUSUNAN KANDUNGAN

Muka surat

PENGHARGAAN	ii
SUSUNAN KANDUNGAN	iii
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI TATANAMA	xiv
SENARAI SINGKATAN	xv
SENARAI LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xviii
BAB 1 : PENGENALAN	1
1.1 Pengenalan dan Latar Belakang	1
1.2 Objektif Penyelidikan	3
1.3 Tinjauan Tesis	4
BAB 2 : KAJIAN ILMIAH	
2.1 Pengenalan	6
2.2 Rangkaian Kawasan Setempat (LAN)	6
2.2.1 Sistem pengkabelan LAN	7
2.2.2 Topologi Pengkabelan LAN	10
2.2.3 Kaedah Capaian Medium LAN	13
2.2.4 Protokol LAN	14
2.2.5 Ukuran Prestasi dan Analisis LAN	14
2.3 Ethernet	17
2.3.1 Komponen Rangkaian Ethernet	19
2.3.2 Pengesanan Pembawa Berbilang Capaian / Pengesanan Perlanggaran (CSMA/CD)	20
2.3.3 Algoritma <i>Binary Exponential Backoff</i>	22
2.3.4 Perkembangan teknologi Ethernet	24
2.3.5 Kelebihan Gentian Optik dalam Ethernet Berbanding Kabel Biasa (Transition Network, 2000)	25
2.3.6 Kajian-Kajian Yang Telah Dijalankan Berhubung Ethernet	26
2.4 Pemultipleksan Pembahagi Panjang Gelombang (WDM)	30
2.4.1 Latar Belakang dan Prinsip Asas	31

2.5	Kelebihan Penggunaan Teknologi Ethernet dan WDM di dalam kajian Model Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) Pelbagai Saluran Optik	37
2.6	Ringkasan	39
BAB 3 : REKABENTUK MODEL RANGKAIAN		
3.1	Pengenalan	40
3.2	Pengenalan Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) Pelbagai Saluran Optik	40
3.3	Ciri-Ciri Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) Pelbagai Saluran Optik yang dimodelkan	45
3.4	Sistem dalam Model Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) Pelbagai Saluran Optik	46
3.5	Operasi Model Rangkaian Kawasan Setempat Pelbagai Saluran Optik	47
3.5.1	Algoritma Pemilihan Rawak Dan Perlaksanaan <i>Binary Exponential Backoff</i> (RS BEB)	50
3.5.2	Algoritma Pemilihan Rawak Dan Perlaksanaan <i>Truncated Binary Exponential Backoff</i> (RS TBEB)	51
3.5.3	Algoritma Pemilihan Susunan Menaik Dan Perlaksanaan <i>Binary Exponential Backoff</i> (SI BEB)	52
3.5.4	Algoritma Pemilihan Susunan Menaik Dan Perlaksanaan <i>Binary Exponential Backoff</i> (SI TBEB)	54
3.6	Ringkasan	54
BAB 4 : METODOLOGI		
4.1	Pengenalan	55
4.2	Pengenalan Perisian OMNet++	56
4.2.1	Hierarki Modul	57
4.2.2	Parameter dan Get bagi modul	61
4.2.3	Topologi Rangkaian Modul	62
4.2.4	Penyelakuan dan Kemudahan	63
4.3	Permodelan Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) Pelbagai Saluran Optik Menggunakan Perisian OMNeT++	64
4.3.1	Ciri dan Konsep Asas Setiap Bahagian Rekabentuk Model	65
4.3.1.1	Modul Gen	65
4.3.1.2	Modul Mac	66
4.3.1.3	Modul Sink	66

4.3.1.4	Modul Hub	67
4.3.2	Konsep Rekabentuk Aturcara	67
4.3.3	Penghasilan Modul Mudah	68
4.3.4	Penghasilan Modul Gabungan	69
4.3.5	Penghasilan Modul Sistem	70
4.3.6	Penghasilan Fail Aktiviti Setiap Modul	70
4.3.6.1	Modul Gen	71
4.3.6.2	Modul Mac	74
4.3.6.3	Modul Sink	78
4.3.6.4	Modul Hub	78
4.3.6.5	Konsep Permodelan Fail Aktiviti Rangkaian 3 Saluran	81
4.4	Keadaan-keadaan yang Terdapat dalam Proses Penghantaran Paket	85
4.4.1	MELAHU	86
4.4.2	HANTAR	86
4.4.3	HANTAR_SEMULA	87
4.5	Penyelakuan Rangkaian LAN Pelbagai Saluran Optik Menggunakan OMNet++	88
4.6	Modifikasi Untuk Pertambahan Bilangan Nod Di Dalam Model Rangkaian LAN Pelbagai Saluran Optik	91
4.6.1	Modifikasi Fail NED Modul Topologi Rangkaian	92
4.6.2	Modifikasi Fail Aktiviti Setiap Modul	92
4.6.2.1	Modifikasi Fail Aktiviti Modul Mac	93
4.6.2.2	Modifikasi Fail Aktiviti Modul Sink	93
4.7	Pengesahan Model Operasi Rangkaian	94
4.8	Kaedah Kutipan Data	97
4.9	Ringkasan	99
BAB 5 : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		
5.1	Pengenalan	100
5.2	Perbandingan 4 Jenis Algoritma	101
5.2.1	Celusan Ternormal	101
5.2.2	Purata Lengahan Baris-Gilir	105
5.2.3	Perbincangan Perbandingan 4 jenis Algoritma	109
5.3	Kesan Pertambahan Bilangan Nod Bagi Setiap Algoritma	110
5.3.1	Celusan Ternormal	110

5.3.2	Purata Lengan Baris-Gilir	114
5.3.3	Perbincangan Kesan Pertambahan Bilangan Nod Bagi Setiap Algoritma	116
5.4	Kesan Penjanaan Panjang Paket Mengikut Taburan Normal	118
5.4.1	Kesan Peningkatan Nilai Min Taburan Normal Pada Varians 512	118
5.4.1.1	Rangkaian 3 Nod	118
5.4.1.2	Rangkaian 5 Nod	120
5.4.2	Kesan Peningkatan Nilai Min Taburan Normal Pada Varians 712	122
5.4.2.1	Rangkaian 3 Nod	122
5.4.2.2	Rangkaian 5 Nod	124
5.4.3	Perbincangan Kesan Peningkatan Nilai Min Taburan Normal Dengan Varians Tetap	126
5.4.4	Kesan Peningkatan Nilai Varians Taburan Normal	129
5.4.4.1	Rangkaian 3 Nod	129
5.4.4.2	Rangkaian 5 Nod	133
5.4.4	Perbincangan Kesan Peningkatan Nilai Varians Taburan Normal	137
5.5	Kesan Pemanjangan Paket Dengan Taburan Rawak	138
5.5.1	Rangkaian 3 nod stesen	138
5.5.2	Rangkaian 5 nod stesen	143
5.5.3	Perbincangan Kesan Pemanjangan Paket Dengan Taburan Rawak	147
5.6	Kesan Perubahan Varians Taburan Poisson Masa Penjanaan Paket	150
5.6.1	Perbincangan Kesan Perubahan Varians Taburan Poisson Masa Penjanaan Paket	153
5.7	Kesan Pertambahan Nod Bagi Masa Penjanaan Paket Dengan Taburan Poisson Yang Berlainan Varians	154
5.7.1	Perbincangan Kesan Pertambahan Nod Bagi Masa Penjanaan Paket Dengan Taburan Poisson Yang Berlainan Varians	156
5.8	Kesan Pertambahan Bilangan Nod Dengan Taburan Eksponen Terhadap Masa Penjanaan Paket	157

5.8.1	Perbandingan Antara Taburan Poisson Dan Taburan Eksponen Bagi Masa Penjanaan Paket	158
5.8.2	Perbincangan Kesan Taburan Eksponen Terhadap Rangkaian	160
BAB 6 : KESIMPULAN		
6.1	Pengenalan	162
6.2	Kesimpulan Tesis	162
6.3	Cadangan Penyelidikan pada Masa Hadapan	164
6.4	Penutup	166
SENARAI RUJUKAN		167
LAMPIRAN		
Lampiran A : Fail NED Modul Mudah		
Lampiran B : Fail NED Modul Gabungan		
Lampiran C : Fail NED Modul Sistem – Rangkaian		
Lampiran D : Fail Aktiviti Modul Mudah Gen (gen.cc)		

SENARAI RAJAH

Rajah		Muka surat
2.1	LAN dapat menghubungkan pelbagai peralatan elektronik	7
2.2	Rekabentuk LAN dengan topologi bus	11
2.3	Rekabentuk LAN dengan topologi bintang	12
2.4	Rekabentuk LAN dengan topologi cincin	13
2.5	Cara kiraan purata lengahan baris-gilir	16
2.6	Komponen utama rangkaian Ethernet	20
2.7	Gambar rajah sistem WDM mudah	32
2.8	Saluran Optikal WDM dinyahmultipleks oleh penapis optikal	33
2.9	Sistem WDM mudah titik-ke-titik	34
2.10	Rangkaian pelbagai pengguna yang menggunakan sistem komunikasi penghalaan panjang gelombang	35
3.1	Hab Ethernet berfungsi sebagai domain perlanggaran tunggal	42
3.2	Hab bersuis menyokong operasi silang-penyambungan secara serentak	43
3.3	Hab yang berfungsi sebagai suis Ethernet	43
3.4	Gabungan rangkaian yang menggunakan hab Ethernet dan suis Ethernet	44
3.5	Kod sumber untuk mengesan saluran yang tidak sibuk untuk penghantaran paket	49
3.6	Nod 0 dan Nod 2 menghantar paket ke destinasi menggunakan Hab 0	50
3.7	Nod 0 memilih Hab 0 dan Nod 2 memilih Hab 1 dan perlanggaran tidak akan berlaku lagi	51
3.8	Jadual Slot Masa <i>Truncated Binary Exponential Backoff</i>	52
3.9	Nod 1 memilih Hab 0 dan Nod 2 memilih Hab 0 untuk penghantaran dan perlanggaran telah berlaku	53
3.10	Nod 1 dan Nod 2 telah memilih Hab 1 untuk penghantaran semula berdasarkan susunan menaik saluran	53
4.1	Hierarki Modul bagi perisian OMNeT++	57
4.2	Contoh gambarajah grafik modul-modul mudah dan modul gabungan daripada perisian OMNeT++	60
4.3	Contoh gambarajah grafik modul sistem daripada perisian OMNeT++	60

4.4	Kod pengaturacaraan bagi sambungan	61
4.5	Hubungan antara modul melalui get masukan atau get keluaran	62
4.6	Modul-modul mudah dan modul gabungan yang diimplementasikan	65
4.7	Rekabentuk modular aturcara rangkaian	67
4.8	Contoh aturcara modul mudah	69
4.9	Bentuk paket yang dijanakan daripada penjana (modul Gen)	72
4.10	Carta-alir bagi aktiviti modul Gen	73
4.11	Contoh kod sumber bagi memilih hab yang tidak sibuk untuk penghantaran paket	74
4.12	Contoh kod sumber bagi melaksanakan algoritma BEB	75
4.13	Carta-alir bagi aktiviti modul Mac	77
4.14	Gambarajah pemasaan operasi pengesanan perlanggaran di dalam rangkaian	79
4.15	Carta-alir bagi aktiviti modul Hub	80
4.16	<i>Future Event Set</i>	81
4.17	Gambarajah pemasaan bagi model Rangkaian LAN Pelbagai Saluran Optik 3 saluran	84
4.18	Gambarajah keadaan penghantaran paket pada setiap nod	85
4.19	Model nod untuk 3 saluran	88
4.20	LAN pelbagai saluran optik dengan topologi bintang ($N=3$, $M=3$ dimana N adalah bilangan nod dan M adalah bilangan saluran)	89
4.21	Keadaan sebenar rangkaian LAN pelbagai saluran optik dikawal oleh satu hab sahaja	90
4.22	Gambarajah model rangkaian LAN pelbagai saluran daripada OMNet++	90
4.23	Carta-alir modifikasi rangkaian	91
4.24	Celusan ternormal untuk teori dan penyelakuan model bagi rangkaian 3 nod	95
4.25	Celusan ternormal untuk teori dan penyelakuan model bagi rangkaian 4 nod	96
4.26	Celusan ternormal untuk teori dan penyelakuan model bagi rangkaian 5 nod	95
4.27	Celusan ternormal untuk teori dan penyelakuan model bagi rangkaian 6 nod	97

4.28	Contoh graf yang diplotkan hasil penyelakuan yang diambil daripada OMNeT++	98
5.1	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 3 nod	101
5.2	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 4 nod	102
5.3	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 5 nod	103
5.4	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 6 nod	104
5.5	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi rangkaian 3 nod	105
5.6	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi rangkaian 4 nod	106
5.7	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi rangkaian 5 nod	107
5.8	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi rangkaian 6 nod	108
5.9	Celusan ternormal melawan kadar data bagi algoritma RS BEB	110
5.10	Celusan ternormal melawan kadar data bagi algoritma RS TBEB	111
5.11	Celusan ternormal melawan kadar data bagi algoritma SI BEB	112
5.12	Celusan ternormal melawan kadar data bagi algoritma SI TBEB	113
5.13	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi algoritma RS BEB	114
5.14	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi algoritma RS TBEB	115
5.15	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi algoritma SI BEB	115
5.16	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi algoritma SI TBEB	116
5.17	Celusan ternormal melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 512, rangkaian 3 nod	119
5.18	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 512, rangkaian 3 nod	119
5.19	Celusan ternormal melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 512, rangkaian 5 nod	121
5.20	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 512, rangkaian 5 nod	121
5.21	Celusan ternormal melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 712, rangkaian 3 nod	123

5.22	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 712, rangkaian 3 nod	123
5.23	Celusan ternormal melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 712, rangkaian 5 nod	125
5.24	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan varians taburan normal penjanaan panjang paket 712, rangkaian 5 nod	125
5.25	Masa perambatan, a , lebih kecil berbanding masa penghantaran iaitu 1	126
5.26	Masa perambatan, a , lebih besar berbanding masa penghantaran iaitu 1	127
5.27	Celusan ternormal melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 4464, rangkaian 3 nod	129
5.28	Celusan ternormal melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 6328, rangkaian 3 nod	130
5.29	Celusan ternormal melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 8192, rangkaian 3 nod	130
5.30	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 4464, rangkaian 3 nod	132
5.31	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 6328, rangkaian 3 nod	132
5.32	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 8192, rangkaian 3 nod	133
5.33	Celusan ternormal melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 4464, rangkaian 5 nod	134
5.34	Celusan ternormal melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 6328, rangkaian 5 nod	134
5.35	Celusan ternormal melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 8192, rangkaian 5 nod	135
5.36	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 4464, rangkaian 5 nod	136
5.37	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 6328, rangkaian 5 nod	136
5.38	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data dengan min taburan normal penjanaan panjang paket 8192, rangkaian 5 nod	137
5.39	Celusan ternormal melawan kadar data bagi panjang paket 512 – 4096 , 512 – 6328, 512 – 8192 dan 512 – 12144, rangkaian 3 nod	139

5.40	Celusan ternormal melawan kadar data bagi panjang paket 4096 – 6328 , 4096 – 8192, 4096 – 12144 dan 512 – 12144, rangkaian 3 nod	139
5.41	Celusan ternormal melawan kadar data bagi panjang paket 6328 – 8192 , 6328 – 12144, 8192-12144, 12144 dan 512 – 12144, rangkaian 3 nod	140
5.42	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi panjang paket 512 – 4096 , 512 – 6328, 512 – 8192 dan 512 – 12144, rangkaian 3 nod	141
5.43	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi panjang paket 4096 – 6328 , 4096 – 8192, 4096 – 12144 dan 512 – 12144, rangkaian 3 nod	142
5.44	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi panjang paket 6328 – 8192 , 6328 – 12144, 8192-12144, 12144 dan 512 – 12144, rangkaian 3 nod	142
5.45	Celusan ternormal melawan kadar data bagi panjang paket 512 – 4096 , 512 – 6328, 512 – 8192 dan 512 – 12144, rangkaian 5 nod	143
5.46	Celusan ternormal melawan kadar data bagi panjang paket 4096 – 6328 , 4096 – 8192, 4096 – 12144 dan 512 – 12144. , rangkaian 5 nod	144
5.47	Celusan ternormal melawan kadar data bagi panjang paket 6328 – 8192 , 6328 – 12144, 8192-12144, 12144 dan 512 – 12144. , rangkaian 5 nod	144
5.48	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi panjang paket 512 – 4096 , 512 – 6328, 512 – 8192 dan 512 – 12144, rangkaian 5 nod	145
5.49	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi panjang paket 4096 – 6328 , 4096 – 8192, 4096 – 12144 dan 512 – 12144, rangkaian 5 nod	146
5.50	Purata lengahan baris-gilir melawan kadar data bagi panjang paket 6328 – 8192 , 6328 – 12144, 8192-12144, 12144 dan 512 – 12144, rangkaian 5 nod	146
5.51	Celusan ternormal melawan kadar data dengan perubahan varians bagi rangkaian 3 nod stesen	150
5.52	Celusan ternormal melawan kadar data dengan perubahan varians bagi rangkaian 4 nod stesen	151

5.53	Celusan ternormal melawan kadar data dengan perubahan varians bagi rangkaian 5 nod stesen	152
5.54	Celusan ternormal melawan kadar data, dengan 0.25 varians	154
5.55	Celusan ternormal melawan kadar data, dengan 0.5 varians	155
5.56	Celusan ternormal melawan kadar data, dengan 0.75 varians	155
5.57	Celusan ternormal melawan kadar data, dengan 1 varians	156
5.58	Celusan ternormal bagi masa penjanaan paket mengikut taburan eksponen	157
5.59	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 3 nod stesen	158
5.60	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 4 nod stesen	159
5.61	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 5 nod stesen	159
5.62	Celusan ternormal melawan kadar data bagi rangkaian 6 nod stesen	160

SENARAI TATANAMA

awalan	preamble
celusan	throughput
celusan ternormal	normalize throughput
Kadar kehilangan paket	Packetloss
Kawalan Capaian Medium	Medium Access Control
kawasan takrifan awal memori	Predefine memory area
kerangka	frame
Kerangka Semak Turutan	Frame Check Sequence
lapisan fizikal	Physical layer
lapisan pautan data	data link layer
lapisan pengangkutan	Transport layer
lapisan penggunaan	Application layer
lapisan rangkaian	Network layer
lapisan sidang	Session layer
lengahan baris-gilir	queueing delay
Pemultipleksan Pembahagi Panjang Gelombang	Wavelength Division Multiplexing
Pengesan Pembawa Berbilang Capaian / Pengesanan Perlanggaran	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
penimbal	buffer
penyesuai	adapter
perlanggaran	collision
Rangkaian Kawasan Setempat	Local Area Network
sebar-siar	broadcast
Sub-lapisan	Sub-layer

SENARAI SINGKATAN

ATM	Asynchronous Transfer Mode
BEB	Binary Exponential Backoff
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
FCS	Frame Check Sequence
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frequency Division Multiplexing
FES	Future Event Set
LAN	Local Area Network
MAC	Medium Access Control
NED	Network Descriptive Language
OMNeT++	Objective Modular Network Testbed in C++
RS BEB	Randomly Select with Binary Exponential Backoff
RS TBEB	Randomly Select with Truncated Binary Exponential Backoff
SI BEB	Sort Increasing with Binary Exponential Backoff
SI TBEB	Sort Increasing with Truncated Binary Exponential Backoff
TBEB	Truncated Binary Exponential Backoff
WDM	Wavelength Division Multiplexing

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran A :	Fail NED Modul Mudah
Lampiran B :	Fail NED Modul Gabungan
Lampiran C :	Fail NED Modul Sistem – Rangkaian
Lampiran D :	Fail Aktiviti Modul Mudah Gen (gen.cc)

PEMODELAN DAN ANALISIS RANGKAIAN KAWASAN SETEMPAT PELBAGAI SALURAN OPTIKAL

ABSTRAK

Rangkaian Kawasan Setempat (*Local Area Network – LAN*) mempunyai pelbagai jenis protokol ~~penggunaan~~ dan Ethernet merupakan protokol yang digunakan secara meluas. Ethernet menggunakan teknik Pengesanan Pembawa Berbilang Capaian / Pengesananan Perlanggaran (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection - CSMA/CD*) iaitu cara capaian yang mendengar medium penghantaran dahulu sebelum penghantaran serta menyediakan langkah untuk mengesan dan mengatasi perlanggaran yang berlaku. ~~yang dikongsi dengan kaedah yang boleh dipercayai serta kaedah pengatanganan pelanggaran yang berlaku.~~ Di dalam sistem perhubungan optik pula, Pemultipleksan Pembahagi Panjang Gelombang (*Wavelength Division Multiplexing - WDM*) dapat menyediakan kapasiti penghantaran data yang sangat besar. Penyelidikan ini menggabungkan kedua-dua teknologi Ethernet dan WDM untuk memodel dan menganalisa rangkaian kawasan setempat pelbagai saluran optikal. ~~dianalisis, dengan mengkaji kesan-kesan perubahan parameter terhadap rangkaian.~~ Penyelidikan ini ditumpukan kepada prestasi rangkaian dari segi celusan ternormal dan purata lengahan baris-gilir. Rangkaian dimodelkan menggunakan perisian jenis penyelaku peristiwa diskrit iaitu OMNeT++. Empat jenis algoritma rangkaian yang dikaji adalah Pemilihan Rawak Dan Perlaksanaan *Binary Exponential Backoff* (RS BEB), Pemilihan Rawak Dan Perlaksanaan *Truncated Binary Exponential Backoff* (RS TBEB), Pemilihan

Susunan Menaik Dan Perlaksanaan *Binary Exponential Backoff* (SI BEB) dan Pemilihan Susunan Menaik Dan Perlaksanaan *Truncated Binary Exponential Backoff* (SI TBEB). ~~Didapati,~~Penyelidikan ini mendapati bahawa penambahan bilangan nod akan menurunkan prestasi rangkaian dari segi celusan ternormal dan purata lengahan baris-gilir. Prestasi celusan ternormal rangkaian pula dapat ditingkatkan dengan penggunaan paket yang panjang ~~dan-dengan~~ kadar kekerapan penjanaaan paket yang tinggi di dalam rangkaian. Namun begitu, aplikasi paket yang panjang akan meningkatkan nilai purata lengahan baris-gilir rangkaian.

MODELING AND ANALYSIS OF MULTIPLE OPTICAL CHANNEL LOCAL AREA NETWORK

ABSTRACT

Local Area Network (LAN) has many type of protocols and Ethernet protocol is the most widely used. Ethernet uses Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection (CSMA/CD) technique requiring each station to first listen to the medium before sending and adds a procedure to detect as well as handle collision. In optical communication, Wavelength Division Multiplexing (WDM) can accommodate much more bandwidth that enables the fiber to carry more throughput. This research combines both Ethernet and WDM technology to model and analyze a multiple optical channel local area network. This research focuses on the network performance in terms of normalized throughput and average queuing-delay. The network is modeled using a discrete event simulator software, OMNeT++. Four types of network algorithm that is used in this study are Randomly Select and Binary Exponential Backoff (RS BEB), Randomly Select and Truncated Binary Exponential Backoff (RS TBEB), Sort Increasing and Binary Exponential Backoff (SI BEB) dan Sort Increasing and Truncated Binary Exponential Backoff (SI TBEB). In this study it was found that with the increase of the number of stations in the network, the network performance decreases as far as normalized throughput and average queuing delay are concern. The normalized throughput performance can be increased by using longer packets as well as adopting high packet generation rate into the

network. However, longer packets tend to increase the average queuing-delay in the network.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan dan Latar Belakang

Perhubungan merupakan salah satu elemen yang penting dalam kehidupan manusia. Istilah perhubungan boleh diertikan sebagai proses penghantaran maklumat atau infomasi daripada satu entiti sumber kepada entiti yang lain. Sejak dari zaman purba lagi manusia telah menggunakan pelbagai medium untuk berhubung dengan dunia luar. Sebagai contoh, puak natif Amerika dan China telah menggunakan isyarat asap manakala puak natif Afrika telah menggunakan isyarat bunyi gendang.

Apabila tamadun manusia semakin berkembang, pelbagai alat perhubungan telah dicipta. Bermula pada tahun 1830an, telegraf telah diperkenalkan oleh Sir Charles Wheatstone dan Sir William Fothergill Cooke. Seterusnya Sir Alexander Graham Bell pada 1876 telah mencipta telefon iaitu penghantaran suara secara elektrik melalui talian. Cetusan idea oleh Guglielmo Marconi pula telah memulakan pancaran radio pertama dari Cornwall ke Newfoundland merentasi Lautan Atlantik. Memandangkan radio hanya terhad kepada penyebaran isyarat suara, beberapa ciptaan telah menginovasikan penghasilan televisyen.

Dengan perkembangan dunia perhubungan yang semakin pesat, pada 1951 komputer telah mula dipasarkan secara komersial. Penggunaan komputer yang semakin meluas telah membuka lembaran untuk teknologi rangkaian bagi menghasilkan sistem rangkaian yang berprestasi tinggi.

Kini, keperluan terhadap rangkaian merangkumi pelbagai aspek termasuk dari segi pembelajaran, kesihatan, perniagaan dan pentadbiran. Melalui rangkaian perhubungan, aplikasi perkongsian maklumat secara serentak dapat dilaksanakan contohnya, servis multimedia yang pelbagai dan aplikasi video. Secara tidak langsung, keperluan terhadap rangkaian perhubungan berkelajuan tinggi semakin meningkat.

Pelbagai teknologi rangkaian berkelajuan tinggi telah dicipta dan kebanyakan trafik yang dibina cenderung menyebabkan perebutan dan lengahan. Oleh itu, teknologi Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) yang berkelajuan tinggi dan menawarkan kapasiti data pembawa yang lebih banyak diperlukan seperti Ethernet dan Token Ring.

Lazimnya rangkaian perhubungan LAN merangkumi peta geografi yang kecil.

Medium pilihan untuk aplikasi LAN adalah wayar tembaga seperti kabel ~~koaxial~~ sepaksi dan kabel wayar terpiuh. Namun begitu, penggunaan kabel tembaga akan menghasilkan cakupan ruang pengkabelan yang agak besar. Oleh itu kebelakangan ini medium gentian optik lebih diminati. Meskipun pada masa kini gentian optik merupakan salah satu jenis pengkabelan yang melibatkan kos yang tinggi, namun pelbagai teknologi telah dibangunkan untuk penyambungan

kabel gentian kepada komponen elektronik yang dapat menurunkan kos tersebut (Radovanovic, 2003).——Gentian optik juga diketahui dapat meningkatkan kadar penghantaran data jika dibandingkan dengan kabel biasa. Pelbagai teknologi baru seperti Pemultipleksan Pembahagi Panjang Gelombang (WDM) telah diperkenalkan bagi meningkatkan lagi penggunaan lebar jalur berkesan gentian optik.

Demi merealisasikan keperluan terhadap rangkaian perhubungan berkelajuan tinggi di samping meminimumkan ruang pengkabelan, satu langkah permulaan bagi menghasilkan sebuah sistem perhubungan yang mengaplikasikan gentian optik dilaksanakan menerusi penyelidikan ini. Penyelidikan ini telah menggabungkan dua teknologi iaitu Ethernet dan WDM yang menghasilkan sebuah Rangkaian LAN Pelbagai Saluran Optik.

1.2 Objektif Penyelidikan

Di dalam tesis ini—, akan dibentangkan kajian prestasi rangkaian bagi model Rangkaian Kawasan Setempat (LAN) Pelbagai Saluran Optik yang dibina.

Antara objektif keseluruhan tesis penyelidikan ini adalah:

1. Memodel dan menganalisa prestasi rangkaian LAN pelbagai saluran optik menggunakan empat algoritma iaitu RS BEB, RS TBEB, SI BEB, SI TBEB.— ~~Membandingkan prestasi rangkaian di antara semua algoritma tersebut.~~—Prestasi rangkaian yang dikaji dari segi ialah purata lengahan baris-gilir, dan celusan ternormal.

2. Mengkaji kesan penambahan bilangan nod terhadap rangkaian berdasarkan empat algoritma.
3. Mengkaji kesan taburan saiz pemanjangan paket menggunakan taburan rawak dan taburan normal terhadap rangkaian terhadap prestasi rangkaian.
4. Mengkaji kesan penjanaan paket menggunakan taburan yang berlainan seperti taburan ~~poisson~~ Poisson dan taburan ~~exponential~~ ksponen terhadap rangkaian.

1.3 Tinjauan Tesis

Di dalam tesis ini, Bab 2 akan menerangkan beberapa konsep tentang Rangkaian Kawasan Setempat (LAN), Ethernet dan Pemultipleksan Pembahagi Panjang Gelombang (WDM). Dinyatakan juga kajian-kajian yang telah dilaksanakan berhubung teknologi tersebut.

Bab 3 akan menyentuh konsep permodelan rangkaian yang akan dilaksanakan. Pengenalan kepada gabungan dua teknologi Ethernet dan WDM untuk membentuk Rangkaian LAN Pelbagai Saluran Optik. Selain itu, penerangan ciri-ciri bagi rangkaian yang dimodelkan serta sistem yang dijalankan oleh model. Penjelasan algoritma yang dilaksanakan oleh model ~~yang~~ dibangunkan rangkaian juga diterangkan di dalam bab ini.

Antara kandungan di dalam Bab 4 ialah penerangan proses permodelan Rangkaian LAN Pelbagai Saluran Optik menggunakan perisian OMNet++. Selain itu, dijelaskan juga proses penyelakuan yang dilaksanakan untuk model yang telah dibina. Terdapat juga maklumat mengenai modifikasi terhadap model yang dibina, sebelum analisis model rangkaian dilakukan.

Di dalam Bab 5, beberapa keputusan analisis dipersembahkan merangkumi beberapa sub-topik iaitu, perbandingan 4 jenis algoritma, kesan penambahan bilangan nod bagi setiap algoritma, kesan penjanaaan panjang paket mengikut taburan normal, kesan pemanjangan paket dengan taburan rawak dan kesan perubahan varians taburan Poisson terhadap masa penjanaaan paket. Perbincangan bagi setiap keputusan analisis yang dilakukan terhadap model rangkaian diterangkan mengikut sub-topik.

Kesimpulan bagi tesis ini dan beberapa cadangan untuk penyelidikan pada masa hadapan telah ditulis pada bab yang akhir iaitu Bab 6.

BAB 2

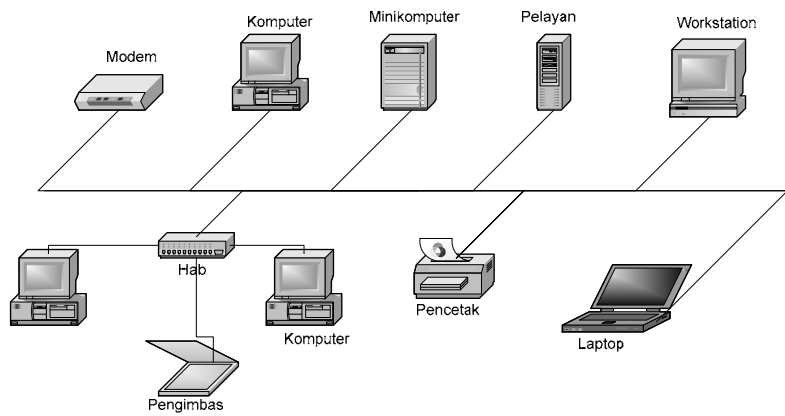
KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Di dalam bab 2 ini, akan diterangkan beberapa konsep tentang Rangkaian Kawasan Setempat (LAN), Ethernet, konsep CSMA/CD dan Pemultipleksan Pembahagi Panjang Gelombang (WDM). Dinyatakan juga kajian-kajian terdahulu yang telah dilaksanakan berhubung teknologi tersebut.

2.2 Rangkaian Kawasan Setempat (LAN)

Secara asasnya, LAN adalah pautan komunikasi berkelajuan tinggi untuk pemprosesan data dan penyambungan alatan elektronik di dalam satu kawasan geografi yang terhad. Salah satu tujuan utama penggunaan LAN adalah untuk perkongsian program atau fail atau data, penghantaran mesej dan juga perkongsian peralatan seperti pencetak, modem dan *gateway* kepada sistem komputer yang lain. LAN boleh menghubungkan komputer peribadi, minikomputer, kerangka utama, pencetak, sistem data suara dan pelbagai peranti atau peralatan elektronik lagi. Meskipun peralatan-peralatan ini disambung antara satu sama lain, perisian tertentu diperlukan oleh setiap peralatan ini untuk membolehkan proses interaksi saling berlaku. Oleh itu teknologi LAN diperlukan bagi memenuhi keperluan ini. Beberapa buah LAN juga boleh disambung untuk menghasilkan satu rangkaian yang lebih besar.



Rajah 2.1 : LAN dapat menghubungkan pelbagai peralatan elektronik

2.2.1 Sistem pengkabelan LAN

Sesebuah sistem LAN perlu mempunyai sistem pengkabelan iaitu laluan data antara peralatan yang telah disambung. Pada awalnya LAN direka menggunakan kabel sepaksi. Namun begitu, selaras dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat ini, pelbagai media telah digunakan. Terdapat juga beberapa jenis media-media lain bagi LAN, seperti :

1. Kabel wayar terpiuh berperisai dan tidak berperisai.
2. Cahaya infra-merah – isyarat dimodulat dan dihantar melalui ruang udara.
3. Laser – isyarat dimodulat dan dihantar melalui ruang udara.
4. Gelombang mikro – gelombang radio berfrekuensi tinggi yang dihantar melalui pemancar. Satelit akan digunakan bagi penghantaran jarak jauh.
5. Gentian optik

Berikut disenaraikan kelebihan dan kelemahan beberapa sistem pengkabelan

LAN :

Media	Kelebihan	Kelemahan
Kabel Sepaksi	<ul style="list-style-type: none">• Menyokong kelajuan tinggi berbanding wayar terpiuh.• Lebih murah berbanding wayar terpiuh berperisai.	<ul style="list-style-type: none">• Hanya sesuai untuk satu jenis LAN sahaja.• Mudah rosak dan sukar diselenggarakan.• Lebih murah berbanding wayar terpiuh.
Kabel wayar terpiuh berperisai	<ul style="list-style-type: none">• Mampu menyokong kadar data yang tinggi.• Mudah diselenggarakan.	<ul style="list-style-type: none">• Mahal.• Memerlukan kos yang tinggi untuk pemasangan.
Kabel wayar terpiuh tidak berperisai	<ul style="list-style-type: none">• Kos yang rendah.• Pemasangan yang mudah.• Membenarkan konfigurasi semula bagi sambungan topologi bintang.	<ul style="list-style-type: none">• Jarak aplikasi kabel terhad berbanding kabel sepaksi.• Tidak menyokong kadar data yang tinggi.

Meskipun pada masa kini gentian optik merupakan salah satu jenis pengkabelan yang melibatkan kos yang tinggi, namun kos tersebut akan mengalami penurunan memandangkan pelbagai cara dan teknologi telah dibangunkan untuk penyambungan kabel gentian kepada komponen elektronik ([Radovanovic, 2003](#)).

Pengkabelan menggunakan gentian optik menyediakan lebih banyak kelebihan berbanding penggunaan kabel tembaga. Ini termasuk :

1. Lebar jalur yang tinggi

Lebar jalur diukur daripada jumlah kapasiti data atau maklumat atau isyarat yang boleh dibawa oleh medium penghantaran. Jumlah isyarat yang boleh dibawa bergantung kepada frekuensi isyarat pembawa.

Apabila jumlah frekuensi isyarat pembawa ditingkatkan, maka jumlah saluran yang boleh dibawa dapat ditambah.

2. Kadar kehilangan isyarat yang rendah

Kabel gentian optik terbukti mempunyai jumlah kehilangan yang rendah berbanding wayar tembaga. Oleh itu, sistem penghantaran yang lebih efektif dapat dibina untuk jarak yang jauh.

3. Tiada gangguan hingar

Dalam transmisi menggunakan kabel tembaga, hingar akan menjadi sensitif terhadap janaan medan elektrik dan medan magnetik. Kaca adalah bahan penebat yang tidak membenarkan arus elektrik melaluinya. Oleh itu, gentian optik merupakan kabel yang kalis terhadap gangguan elektrik dan optikal. Isyarat optik di dalam gentian juga tidak akan dapat menembusi antara gentian.

4. Ciri keselamatan yang tinggi

Sistem yang menggunakan gentian optik dapat mengesan dengan mudah sekiranya ada isyarat telah dipintas oleh penceroboh yang mengganggu. Jika sistem diganggu, bermakna isyarat cahaya tidak diterima oleh penerima dan telah dialihkan. Keadaan keselamatan ini tidak dapat diperolehi daripada sistem penghantaran jenis lain.

5. Tiada gangguan cakap-silang (crosstalk-)

Isyarat optik di dalam kabel gentian tidak akan diganggu oleh isyarat optik lain di luar kabel.

6. Ciri fizikal yang kecil dan ringan

Kelebihan dari segi fizikalnya adalah kerana saiznya yang kecil dan ringan berbanding dengan kabel tembaga. Hal ini memudahkan proses penyimpanan, pemasangan dan pengurusan.

7. Selamat jika digunakan pada persekitaran yang ~~boleh~~ mudah menghasilkan radiasi contohnya di kawasan tumbuhan berkimia dan kilang penapis minyak.

8. Boleh berfungsi pada sebarang keadaan suhu.

Gentian optik telah dibuat supaya boleh beroperasi pada suhu antara -40 °F hingga 200 °F. Prestasi gentian optik adalah lebih stabil walaupun pelbagai keadaan penghakisan berlaku jika dibandingkan dengan talian penghantaran tembaga. Hal ini dapat mengurangkan keperluan untuk penggantian kabel.

2.2.2 Topologi Pengkabelan LAN

Topologi pengkabelan merujuk kepada susun-atur fizikal sistem pengkabelan. Pada awalnya, sistem LAN adalah terhad kepada penggunaan topologi

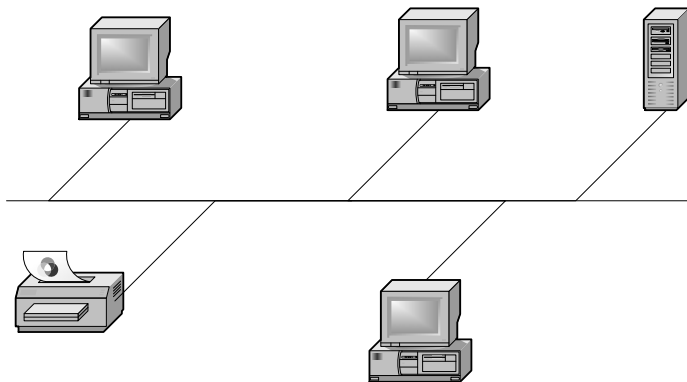
linear/lurus. Kini terdapat 3 topologi utama yang digunakan untuk sistem LAN iaitu:

1. linear / lurus atau dikenali sebagai bus
2. bintang
3. cincin

Terdapat juga penggunaan lebih daripada satu jenis topologi sesebuah rangkaian LAN yang boleh dibentuk menggunakan pelbagai peranti penyambungan.

a) Topologi Bas

Setiap nod atau stesen akan disambungkan kepada satu kabel utama. Setiap nod akan menerima isyarat yang disiarkan.

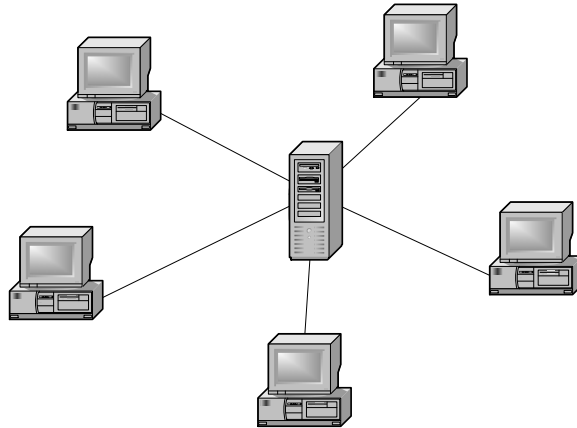


Rajah 2.2 : Rekabentuk LAN dengan topologi bus

b) Topologi Bintang

Setiap nod atau stesen disambung kepada satu stesen pusat yang akan menyebarkan setiap isyarat yang diterima. Peranti yang berfungsi sebagai stesen pusat tersebut bergantung kepada cara implementasi rangkaian LAN.

Terdapat pilihan peranti antara hab dan suis.



Rajah 2.3 : Rekabentuk LAN dengan topologi bintang

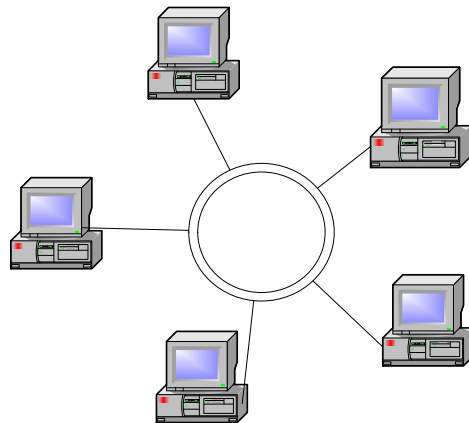
Sebuah hab di dalam topologi bintang boleh berfungsi sebagai hab pasif ataupun hab aktif. Hab pasif akan menerima kerangka data daripada nod stesen dan seterusnya menyiarkannya kepada semua nod stesen lain. Hab aktif pula berfungsi dengan menerima kerangka data daripada nod stesen sumber, menjana semula kerangka data yang diterima sebelum menghantarkannya kepada semua stesen lain.

Suis pula merupakan peranti yang berfungsi dengan-untuk mengenalpasti alamat destinasi. Apabila suis menerima kerangka data dari stesen sumber, alamat destinasi akan dikenalpasti terlebih dahulu dan-seterusnya sebelum menghantar kerangka data dihantar kepada stesen destinasi. Ini bermakna,

stesen destinasi sahaja yang akan menerima kerangka data, tidak nod-nod stesen yang lain.

c) Topologi Cincin

Bagi topologi cincin, Semua stesen akan disambungkan kepada medium penghantaran secara cincin melalui antaramuka medium.



Rajah 2.4 : Reka bentuk LAN dengan topologi cincin

2.2.3 Kaedah Capaian Medium LAN

Bagi Rangkaian Kawasan Setempat (LAN), semua stesen disambungkan pada satu media penghantaran contohnya kabel sepaksi. Keadaan ini akan menghasilkan pencapaian medium serentak lebih dari satu stesen. Apabila dua

atau lebih stesen menghantar data pada masa yang sama, perlanggaran akan berlaku. Untuk mengelakkan situasi begini, setiap protokol perlu mempunyai kaedah Kawalan Capaian Medium (MAC). Cara ini akan menentukan prosedur yang perlu diikuti oleh setiap stesen untuk melakukan penghantaran. Dengan peraturan sebegini, konflik antara stesen dapat dielakkan.

Kaedah capaian medium boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu :

- 1) Capaian Rawak contohnya ALOHA, CSMA/CD dan CSMA/CA.
- 2) Capaian Terkawal contohnya pemedahan token.

2.2.4 Protokol LAN

Kini terdapat pelbagai jenis arkitektur LAN yang mengaplikasikan pelbagai jenis protokol. Berikut adalah di antara protokol yang popular untuk LAN :

- Ethernet
- Token Ring
- LAN Tanpa Wayar (*Wireless LAN*)
- Agihan Gentian Antaramuka (*Fiber Distributed Data Interface – FDDI*)
- ~~Mod Pemindahan secara Segera (*Asynchronous Transfer Mode – ATM*)~~

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: Italic

Formatted: Bullets and Numbering

Penyelidikan ini telah memilih penggunaan protokol Ethernet untuk rangkaian LAN pelbagai saluran optik yang dimodelkan kerana beberapa kelebihan (Rujuk sub-topik 2.5) berbanding teknologi yang lain.

2.2.5 Ukuran Prestasi dan Analisis LAN

Terdapat pelbagai cara untuk mengukur kapasiti sesuatu sistem rangkaian LAN. Lazimnya beban yang ditawarkan kepada rangkaian akan menunjukkan prestasi rangkaian. Salah satu cara yang selalu dipertimbangkan untuk ukuran prestasi adalah nilai kemungkinan maksimum bagi celusan. Celusan adalah beban yang ditawarkan kepada rangkaian dan berjaya diterima oleh destinasi.

Menurut kamus internet ([webopedia](#)) celusan membawa maksud bilangan data yang berjaya dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain atau bilangan data yang pun—_diproses_ di dalam satu jangkamasa tertentu. Pada kebiasaannya, celusan diukur dalam unit kbps, Mbps dan Gbps ([Webopedia,2005](#)). Seseengah trafik akan mengalami kehilangan di dalam sistem dan keadaan ini akan menyebabkan celusan adalah-menjadi kurang dari beban yang ditawarkan. Antara cara lain untuk mengukur prestasi rangkaian adalah merujuk kepada masa yang diambil untuk penghantaran paket dari satu titik ke titik yang lain di dalam rangkaian yang dikenali sebagai lengahan.

a) Celusan Ternormal

Bagi kajian ini, data dianalisis dari segi celusan ternormal iaitu dengan mengira bilangan bit yang berjaya tiba di destinasi di dalam jangkamasa tertentu terhadap kadar data bagi rangkaian. Berikut adalah rumus bagi celusan ternormal:

$$\mu = \frac{M/T}{R}$$

Dimana,

Formatted: Font: 14 pt

Formatted: Font: 14 pt

Formatted: Font: 14 pt, Bold

μ = Celusan Ternormal

M = Bilangan bit yang tiba di sink (bit)

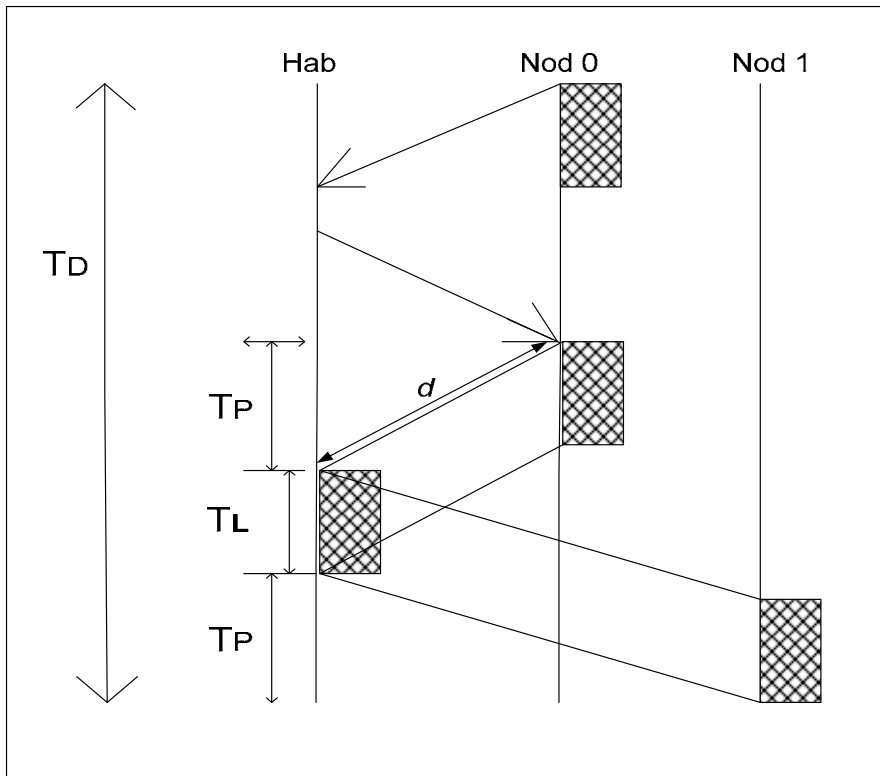
T = Masa penyelakuan (saat)

R = Kadar data rangkaian (bit persaat)

Formatted: Font: Bold

b) Purata Lengahan Baris-Gilir

Lengahan baris-gilir adalah jumlah masa paket menunggu setelah dijanakan sehingga sedia untuk dihantar. Dengan kata lain, masa yang diambil oleh paket di penimbal sebelum tiba ke destinasi. Istilah purata lengahan baris-gilir pula jumlah nilai purata lengahan baris-gilir yang dipunyai oleh setiap nod di dalam rangkaian dan dibahagikan kepada jumlah nod yang terlibat di dalam penyelakuan.



Rajah 2.5: Cara kiraan purata lengahan baris-gilir

Berikut adalah rumus bagi kiraan purata lengahan baris-gilir

$$T_D = S - G$$

$$Q = T_D - (T_L + 2T_p)$$

$$T_p = d * p$$

di mana,

T_D = Lengahan (saat)

S = Masa paket sampai di **S** sink (saat)

G = Masa paket dijanakan (saat)

Q = Purata lengahan baris-gilir (saat)

T_L = masa penghantaran paket (saat)

d = jarak antara nod dan hab (meter)

T_P = masa lengahan perambatan (saat)

p = lengahan perambatan untuk 1 meter (saat)

2.3 Ethernet

Rangkaian Ethernet mempunyai beberapa konsep dan antara konsep utamanya adalah perkongsian medium penghantaran. Perintis kepada teknologi perkongsian medium ini dikesan mula digunakan oleh Dr. Norman Abramson dan rakan-rakannya di University of Hawaii pada awal 1970an. Beliau membangunkan sistem siaran radio untuk menghubungkan pelbagai lokasi dengan satu medium saluran yang dikongsi bersama. Beberapa konsep telah diperkenalkan pada masa itu, antaranya, konsep mendengar aktiviti di dalam saluran sebelum melakukan sebarang penghantaran. Sekiranya data telah dihantar ke dalam medium saluran, proses mendengar semula aktiviti di dalam saluran akan dilakukan untuk memastikan bahawa tiada sebarang pelanggaran telah berlaku. Seandainya berlaku pelanggaran di dalam saluran, satu janaan rawak slot masa akan dihasilkan dan digunakan sebagai masa menunggu sebelum proses penghantaran semula dilakukan. Oleh itu, sistem siaran radio yang dibangunkan tersebut dikenali sebagai ALOHA dan merupakan asas kepada perkembangan teknologi rangkaian yang berkongsi medium penghantaran.

Pembangunan teknologi Ethernet sebenarnya berlaku di Xerox Palo Alto Research Center (PARC) di California pada awal 1970an. Sebuah kumpulan penyelidik yang diketuai oleh Dr. Robert Metcalfe cuba membangunkan gabungan 100 buah komputer pada kabel sepanjang satu kilometer. Sistem tersebut mampu beroperasi pada kelajuan 2.94 Mega bit per saat dengan mengaplikasikan konsep CSMA/CD dan Dr. Robert Metcalfe telah menamakan sistem tersebut, Ethernet.

Setelah beberapa tahun, istilah Ethernet telah menghadapi krisis dari segi identitinya. Pada awal tahun 1980an, satu jawatankuasa Projek 802 The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) telah dibentuk untuk membangunkan piawaian bagi kemunculan teknologi LAN. Asas piagam projek ini adalah untuk mereka, mengekalkan serta menggalakkan penggunaan piawaian primer yang setara dengan lapisan pertama dan kedua model rujukan ISO - OSI. Dengan itu berikut adalah carta yang melibatkan IEEE 802 rangkaian setempat LAN.

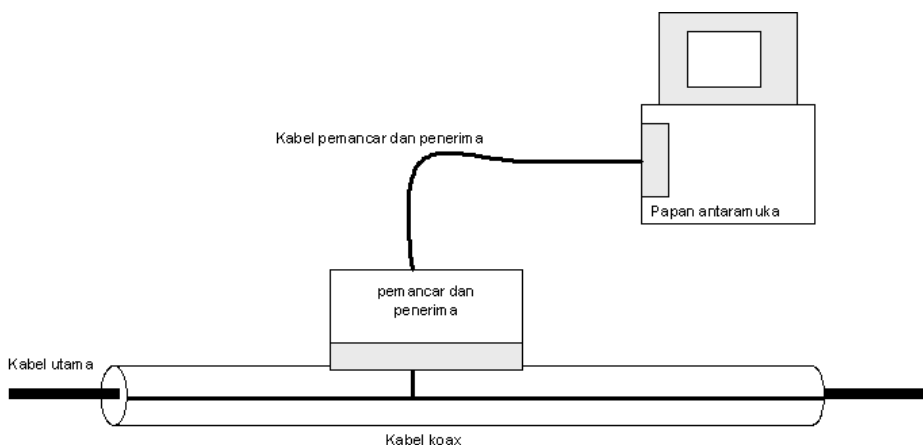
802	Gambaran keseluruhan – Senibina	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.1	<i>Bridging</i> – Pengurusan	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.2	<i>Logical Link Control</i>	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.3	Cara capaian <i>CSMA/CD</i>	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.4	Cara capaian <i>Token-Passing Bus</i>	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.5	Cara capaian <i>Token-Passing Ring</i>	Formatted: Font: Italic
802.6	<i>Metropolitan Area Network (Cara capaian DQDB)</i>	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.7	<i>Broadband LAN</i>	Formatted: Font: Italic
802.8	<i>Fiber Optic Technical Advisory Group</i>	Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
802.9	<i>Intergrated Voice and Data Networks</i>	Formatted: Font: Italic
		Formatted: Indent: Left: 10.2 pt

802.10	<i>Network Security</i>
802.11	<i>Wireless LANs</i>
802.12	<i>Demand Priority Access</i>
<u>802.14</u>	<u><i>Standards for cable television broadband communications</i></u>
<u>802.15.1</u>	<u><i>Bluetooth</i></u>
<u>802.15.4</u>	<u><i>Wireless Sensor/Control Networks – "ZigBee"</i></u>
<u>802.16</u>	<u><i>Wireless Networking – "WiMax"</i></u>

Daripada piawai yang telah ditetapkan, IEEE 802.3 - Cara capaian CSMA/CD telah dikenali juga sebagai Ethernet.

2.3.1 Komponen Rangkaian Ethernet

Rangkaian 10 Mbps Ethernet yang asalnya dibangunkan mempunyai 5 komponen perkakasan iaitu kabel ~~keaxsepaksi~~, kabel sadap pemintas, pemancar dan penerima, kabel pemancar dan penerima dan papan antaramuka yang juga dikenali sebagai pengawal Ethernet.



- Formatted: Font: Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
- Formatted: Font: Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
- Formatted: Font: Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
- Formatted: Font: (Default) Arial
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt, Space Before: Auto, After: Auto, Pattern: Clear (Custom Color(248,252,255))
- Formatted: Font: Italic,
- Formatted: Font: (Default) Arial
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Font: (Default) Arial
- Formatted: Font: (Default) Arial
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Font: (Default) Arial
- Formatted: Font: (Default) Arial, English (United States)
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Indent: Left: 10.2 pt
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic
- Formatted: Font: (Default) Arial, Italic

Rajah 2.6 : Komponen utama rangkaian Ethernet

~~Bagi Pengulang akan digunakan untuk~~ menyambung 2 bahagian rangkaian ~~untuk bagi~~ menghasilkan LAN yang lebih besar, ~~pengulang boleh digunakan.~~

Pengulang akan berfungsi menerima isyarat, menguatkan dan menghantar semula

~~2.3.2 Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection~~ Pengesan Pembawa Berbilang Capaian / Pengesanan Perlanggaran (CSMA/CD)

Berdasarkan maklumat dari laman web Cisco, (2004) setiap istilah Pengesan Pembawa Berbilang Capaian / Pengesanan Perlanggaran atau Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection membawa makna yang tersendiri iaitu:

Formatted: Font: Not Bold

Pengesan Pembawa (Carrier Sense) : Setiap nod akan mendengar keadaan trafik pada medium secara berterusan untuk mengenalpasti ruang yang wujud antara penghantaran paket.

Berbilang Capaian (Multiple Access) : Capaian medium pada sebarang waktu, apabila nod -nod mengesan rangkaian adalah senyap (tiada trafik), penghantaran akan dimulakan.

Pengesanan Perlanggaran (Collision Detection): Jika dua atau lebih nod dalam rangkaian CSMA/CD yang sama memulakan penghantaran pada waktu yang sama, arus bit daripada nod-nod penghantar akan berlanggar antara satu sama

lain, dan kedua-dua penghantaran ~~tidak~~ akan diabaikan. ~~Jika ia berlaku~~ Setiap stesen penghantar mesti berupaya untuk mengesan perlanggaran yang berlaku sebelum ia habis menghantar ~~paketya~~ kerangka datanya.

CSMA/CD adalah satu konsep mengelak berlakunya gangguan dalam penghantaran antara stesen yang berkongsi medium, tetapi terdapat juga konflik yang tidak dapat dielakkan. Contohnya, dua buah komputer yang berada di hujung yang bertentangan hendak melakukan penghantaran pada masa yang sama. Kedua-duanya telah memeriksa keadaan medium ataupun kabel dan mendapati tiada aktiviti yang sedang berlaku. Secara serentak, kedua-duanya mula membuat penghantaran. Perlanggaran ~~frame~~ kerangka data telah berlaku antara kedua-duanya dan keadaan ini disebut *'collision'*. Ini ~~akan~~ mengakibatkan stesen destinasi menerima kerangka data ~~frame~~ yang tidak tepat. Penyelesaian bagi masalah ini, setiap stesen perlu mengesan perlanggaran yang berlaku di dalam rangkaian dan serta-merta menamatkan proses penghantaran. Keadaan ini lebih dikenali sebagai pengesanan perlanggaran atau *'collision detection'*. Selepas berlaku perlanggaran, stesen sumber perlu menunggu kabel medium berada di dalam keadaan diam (tiada sebarang aktiviti berlaku) sebelum menghantar semula kerangka data. Namun, apabila kedua-dua stesen ini memulakan penghantaran pada masa yang sama sekali lagi, perlanggaran kedua akan berlaku. ~~Cara untuk mengatasi masalah ini~~ Oleh itu, Ethernet memperkenalkan algoritma *'Binary Exponential Backoff'* (*BEB algorithm*) sebagai cara untuk mengatasi masalah ini.

2.3.3 Algoritma *Binary Exponential Backoff*

Piawaian IEEE 802.3 menentukan bahawa penjadualan daripada cubaan penghantaran semula selepas perlanggaran adalah menggunakan algoritma (*Binary Exponential Backoff* - BEB). Algoritma BEB berfungsi untuk menjadualkan penghantaran semula selepas perlanggaran supaya penghantaran tersebut dilengahkan oleh jumlah masa daripada masa minislot dan bilangan cubaan penghantaran semula. Percubaan penghantaran dibuat sehingga 16 kali, dan selepas itu sistem akan mengalah dan kerangka data tersebut akan dimusnahkan.

Formatted: Font: Italic

Apabila perlanggaran kerangka data berlaku, stesen nod yang terlibat di dalam perlanggaran akan menjalankan algoritma BEB untuk mengurangkan kebarangkalian untuk berlaku perlanggaran semula. Kaedah algoritma ini adalah seperti berikut:

- 1) Sebaik sahaja perlanggaran dikesan, nod sumber akan menjana isyarat hingar untuk memberitahu kepada nod-nod stesen lain ~~tentang bahawa~~ perlanggaran telah berlaku dan seterusnya menyekat sebarang penghantaran.
- 2) Bagi perlanggaran pertama yang berlaku, sebelum penghantaran semula dilaksanakan, terdapat perolehan masa menunggu adalah antara 0 atau 1 kali terhadap 2τ dimana τ adalah masa perambatan hujung-ke-hujung medium.
- 3) Apabila perlanggaran berulang buat kali kedua bagi kerangka data yang sama, perolehan masa menunggu akan meningkat kepada 0,1,2 atau 3 kali terhadap 2τ .

- 4) Secara umumnya, perolehan masa menunggu akan meningkat secara eksponen dengan jumlah perlanggaran yang berlaku, dan dapat ditafsirkan di seperti berikut.

Perlanggaran	Masa Menunggu
1	0 atau 1 didarab 2τ
2	0, 1, 2 atau 3 didarab 2τ
N	0 hingga 2^N-1 didarab 2τ

Formatted Table

- 5) Perolehan masa menunggu akan menghentikan janaan pada perlanggaran kali yang kesepuluh iaitu antara 0 hingga 1023 kali. Perlanggaran seterusnya akan mengekalkan perolehan masa menunggu yang sama. Nod stesen akan menghentikan cubaan hantaran semula selepas berlaku 16 kali perlanggaran ~~berlaku~~ bagi kerangka data yang sama.

2.3.4 Perkembangan teknologi Ethernet

Pada hari ini, teknologi Ethernet telah ditumpukan sebagai teknologi utama oleh beberapa industri yang penting, termasuklah (Intel, 2004):

- 1) Perpindahan kepada halaju Gigabit dalam industri LAN.