

Pengenalan Hardware dan Topologi Jaringan KOMPUTER

1. Pendahuluan

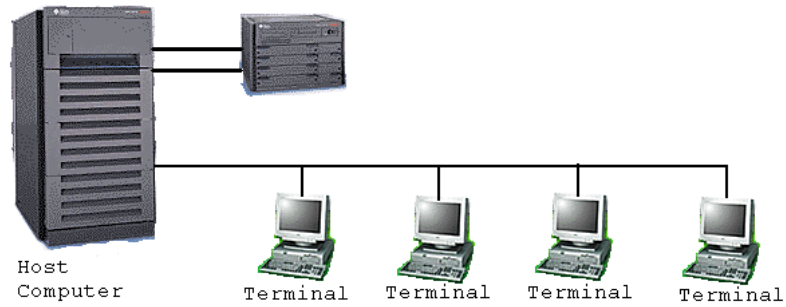
Sejak memasyarakatnya Internet dan berkembangnya jaringan yang terhubung baik dalam satu lokasi maupun yang berbeda lokasi yang berbeda maupun yang bersamaan model dan tipe sistem operasi, menghubungkan beberapa komputer baik komputer pribadi (PC) maupun server dengan sebuah jaringan dari jenis LAN (*Local Area Network*) sampai WAN (*Wide Area Network*) menjadi sebuah hal yang biasa. Demikian pula dengan konsep "downsizing" maupun "lightsizing" yang bertujuan menekan anggaran belanja khususnya peralatan komputer, maka sebuah jaringan merupakan satu hal yang sangat diperlukan. Pada pokok bahasan kali ini dibahas sebagian komponen yang diperlukan untuk membuat sebuah jaringan komputer.

2. Sejarah Jaringan

Konsep jaringan komputer lahir pada tahun 1940-an di Amerika dari sebuah proyek pengembangan komputer MODEL I di laboratorium Bell dan group riset Harvard University yang dipimpin profesor H. Aiken. Pada mulanya proyek tersebut hanyalah ingin memanfaatkan sebuah perangkat komputer yang harus dipakai bersama. Untuk mengerjakan beberapa proses tanpa banyak membuang waktu kosong dibuatlah proses beruntun (*Batch Processing*), sehingga beberapa program bisa dijalankan dalam sebuah komputer dengan dengan kaidah antrian.

Ditahun 1950-an ketika jenis komputer mulai membesar sampai terciptanya super komputer, maka sebuah komputer mesti melayani beberapa terminal. (Lihat Gambar 1.) Untuk itu ditemukan konsep distribusi proses berdasarkan waktu yang dikenal dengan nama TSS (***Time Sharing System***), maka untuk pertama kali bentuk jaringan (network) komputer diaplikasikan. Pada sistem TSS beberapa terminal terhubung secara seri ke sebuah host komputer. Dalam proses TSS mulai nampak perpaduan teknologi komputer dan teknologi telekomunikasi yang pada awalnya berkembang sendiri-sendiri.

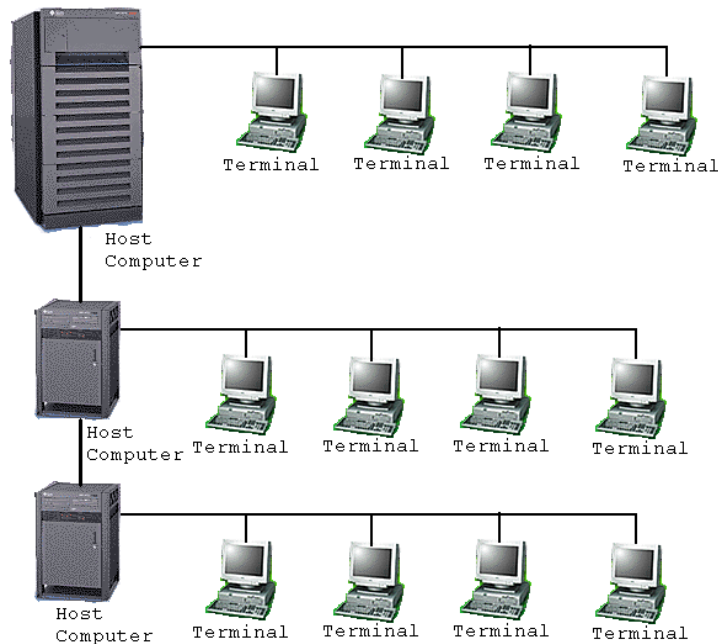
Time Sharing System



Gambar 1. Jaringan komputer model TSS.

Memasuki tahun 1970-an, setelah beban pekerjaan bertambah banyak dan harga perangkat komputer besar mulai terasa sangat mahal, maka mulailah digunakan konsep proses distribusi (***Distributed Processing***). Seperti pada Gambar 2., dalam proses ini beberapa host komputer mengerjakan sebuah pekerjaan besar secara paralel untuk melayani beberapa terminal yang tersambung secara seri disetiap host komputer. Dalam proses distribusi sudah mutlak diperlukan perpaduan yang mendalam antara teknologi komputer dan telekomunikasi, karena selain proses yang harus didistribusikan, semua host komputer wajib melayani terminal-terminalnya dalam satu perintah dari komputer pusat.

Distributed Processing



Gambar 2. Jaringan komputer model distributed processing.

Selanjutnya ketika harga-harga komputer kecil sudah mulai menurun dan konsep proses distribusi sudah matang, maka penggunaan komputer dan jaringannya sudah mulai beragam dari mulai menangani proses bersama maupun komunikasi antar komputer (**Peer to Peer System**) saja tanpa melalui komputer pusat. Untuk itu mulailah berkembang teknologi jaringan lokal yang dikenal dengan sebutan LAN. Demikian pula ketika Internet mulai diperkenalkan, maka sebagian besar LAN yang berdiri sendiri mulai berhubungan dan terbentuklah jaringan raksasa WAN.

Metode Akses

Suatu saluran di dalam LAN dapat dipergunakan oleh suatu simpul untuk berhubungan dengan simpul lain. Ada beberapa macam metode akses yang dipergunakan, antara lain

1. CSMA / CD

Metode akses CSMA / CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) ini dikenal sebagai LAN Ethernet yang kemudian menjadi standar IEEE 802.3. Cara kerjanya sebagai berikut. Semua simpul yang hendak berhubungan dengan simpul lain berlomba untuk mendapatkan saluran yang dikehendaki. Tiap simpul memantau jaringan akan ada tidaknya transmisi yang dilakukan oleh simpul lain. Bila ada simpul yang sedang mengirim data, simpul lain menunda keinginannya sampai simpul tersebut selesai. Bila ada lebih dari satu simpul menggunakan saluran, maka secara otomatis terjadi gangguan (collision) pada informasi dan ini akan diulang kembali. Demikian seterusnya sampai saluran yang dikehendaki didapatkan.

2. Token Bus

Dalam Token Bus ditentukan hak mengirim informasi dengan cara memberitahukan secara khusus hak ini kepada simpul yang bersangkutan. Hak ini dialihkan menurut urutan atau aturan tertentu dari satu simpul ke simpul lain. Untuk memberitahukan giliran simpul, digunakan 'token'. Tiap simpul dapat memegang token tersebut dalam jangka waktu tertentu. Simpul wajib mengirim token ke simpul berikutnya jika ia tidak mempunyai informasi yang dikirimkan. Token bus memiliki standar IEEE 802.4.

3. Token Ring

Token Ring juga memiliki token yang diedarkan ke semua simpul di dalam ring. Setiap pusat akan memeriksa apakah ada data yang ditujukan kepadanya atau tidak. Bila ada, ia akan mengambil data tersebut dan meneruskan token ke simpul berikutnya. Demikian pula

bila hendak mengirimkan data, ia akan memasukkan data ke dalam token. Standar Token Ring adalah IEEE 802.5.

4. TDMA

Dalam TDMA (Time Division Multiple Access), tiap simpul secara berurutan diberikan giliran waktu untuk melakukan transmisi. Waktu ini diberikan oleh master simpul. Semua simpul akan mesinkronkan waktu gilirannya berdasarkan informasi pewaktu (timin) dari master ini. Informasi dari simpul yang gilirannya tiba akan dikirimkan saat ini. Kalau tidak ada data yang dikirimkan, giliran ini tidak terpakai. Simpul dapat meminta kepada master untuk mengirim data. Master akan memberikan waktu giliran untuk simpul tersebut, dan simpul tersebut harus menunggu sampai gilirannya tiba.

5. Polling

Sebuah simpul menjadi master yang melakukan polling, yaitu ke simpul lain guna memberikan transmisi. Simpul yang mendapatkan akan mengirimkan informasi ke master. Master kemudian akan mengirimkan informasi tersebut ke simpul tujuan atau menyimpannya kalau memang ditujukan kepadanya. Polling kemudian dilanjutkan ke simpul yang lain.

Dari kelima metode akses tersebut, yang paling sering digunakan adalah CSMA / CD, Token Bus, dan Token Ring.

3. Model referensi OSI dan Standarisasi

Untuk menyelenggarakan komunikasi berbagai macam vendor komputer diperlukan sebuah aturan baku yang standar dan disetujui berbagai pihak. Seperti halnya dua orang yang berlainan bangsa/suku/bahasa, maka untuk berkomunikasi memerlukan penerjemah/interpreter atau satu bahasa yang dimengerti kedua belah pihak. Dalam dunia komputer dan telekomunikasi interpreter identik dengan protokol. Untuk itu maka badan dunia yang menangani masalah standarisasi ISO (*International Standardization Organization*) membuat aturan baku yang dikenal dengan nama model referensi **OSI (Open System Interconnection)**. Dengan demikian diharapkan semua vendor perangkat telekomunikasi haruslah berpedoman dengan model referensi ini dalam mengembangkan protokolnya.

Model referensi OSI terdiri dari 7 lapisan, mulai dari lapisan fisik sampai dengan aplikasi. Model referensi ini tidak hanya berguna untuk produk-produk LAN saja, tetapi dalam membangun jaringan Internet sekalipun sangat diperlukan. Hubungan antara model referensi OSI dengan protokol Internet bisa dilihat dalam Tabel 1.

Model OSI		TCP/IP	Protokol TCP/IP	
No	Lapisan		Nama Protokol	Kegunaan
7	Aplikasi	Aplikasi	DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)	Protokol untuk distribusi IP pada jaringan dengan jumlah IP yang terbatas
6	Presentasi		DNS (Domain Name Server)	Data base nama domain mesin dan nomer IP
			FTP (File Transfer Protocol)	Protokol untuk transfer file
			HTTP (HyperText Transfer Protocol)	Protokol untuk transfer file HTML dan Web
			MIME (Multipurpose Internet Mail Extention)	Protokol untuk mengirim file binary dalam bentuk teks
			NNTP (Networ News Transfer Protocol)	Protokol untuk menerima dan mengirim newsgroup
			POP (Post Office Protocol)	Protokol untuk mengambil mail dari server
			SMB (Server Message Block)	Protokol untuk transfer berbagai server file DOS dan Windows
			SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)	Protokol untuk pertukaran mail
			SNMP (Simple Network Management Protocol)	Protokol untuk manajemen jaringan
			Telnet	Protokol untuk akses dari jarak jauh
			TFTP (Trivial FTP)	Protokol untuk transfer file
			NETBIOS (Network Basic Input Output System)	BIOS jaringan standar
			RPC (Remote Procedure Call)	Prosedur pemanggilan jarak jauh
5	Sessi	SOCKET	Input Output untuk network jenis BSD-UNIX	
4	Transport	Transport	TCP (Transmission Control Protocol)	Protokol pertukaran data berorientasi (connection oriented)
			UDP (User Datagram Protocol)	Protokol pertukaran data non-orientasi (connectionless)

3	Network		Internet	IP (Internet Protocol)	Protokol untuk menetapkan routing
				RIP (Routing Information Protocol)	Protokol untuk memilih routing
				ARP (Address Resolution Protocol)	Protokol untuk mendapatkan informasi hardware dari nomer IP
				RARP (Reverse ARP)	Protokol untuk mendapatkan informasi nomer IP dari hardware
2	Datalink	LLC	Network Interface	PPP (Point to Point Protocol)	Protokol untuk point ke point
		MAC		SLIP (Serial Line Internet Protocol)	Protokol dengan menggunakan sambungan serial
1	Fisik			Ethernet, FDDI, ISDN, ATM	

Standarisasi masalah jaringan tidak hanya dilakukan oleh ISO saja, tetapi juga diselenggarakan oleh badan dunia lainnya seperti **ITU (International Telecommunication Union)**, **ANSI (American National Standard Institute)**, **NCITS (National Committee for Information Technology Standardization)**, bahkan juga oleh lembaga asosiasi profesi **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** dan ATM-Forum di Amerika. Pada prakteknya bahkan vendor-vendor produk LAN bahkan memakai standar yang dihasilkan IEEE. Kita bisa lihat misalnya badan pekerja yang dibentuk oleh IEEE yang banyak membuat standarisasi peralatan telekomunikasi seperti yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Badan pekerja di IEEE

Working Group	Bentuk Kegiatan
IEEE802.1	Standarisasi interface lapisan atas HILI (High Level Interface) dan Data Link termasuk MAC (Medium Access Control) dan LLC (Logical Link Control).
IEEE802.2	Standarisasi lapisan LLC.
IEEE802.3	Standarisasi lapisan MAC untuk CSMA/CD (10Base5, 10Base2, 10BaseT, dll.) IEEE802.3z (Gigabit Ethernet)
IEEE802.4	Standarisasi lapisan MAC untuk Token Bus.

IEEE802.5	Standarisasi lapisan MAC untuk Token Ring.
IEEE802.6	Standarisasi lapisan MAC untuk MAN-DQDB (Metropolitan Area Network-Distributed Queue Dual Bus.)
IEEE802.7	Grup pendukung BTAG (Broadband Technical Advisory Group) pada LAN.
IEEE802.8	Grup pendukung FOTAG (Fiber Optic Technical Advisory Group.)
IEEE802.9	Standarisasi ISDN (Integrated Services Digital Network) dan IS (Integrated Services) LAN.
IEEE802.10	Standarisasi masalah pengamanan jaringan (LAN Security.)
IEEE802.11	Standarisasi masalah wireless LAN dan CSMA/CD bersama IEEE802.3.
IEEE802.12	Standarisasi masalah 100VG-AnyLAN
IEEE802.14	Standarisasi masalah protocol CATV

4. Ethernet

Ethernet adalah sistem jaringan yang dibuat dan dipatenkan perusahaan Xerox. Kecepatan Ethernet waktu itu hanya 3 Mbps dan dikenali sebagai Experimental Ethernet. Ethernet adalah implementasi metoda **CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)** yang dikembangkan tahun 1960 pada proyek wireless ALOHA di Hawaii University diatas kabel coaxial. Standarisasi sistem ethernet dilakukan sejak tahun 1978 oleh IEEE. (lihat Tabel 2.) Kecepatan transmisi data di ethernet sampai saat ini adalah 10 sampai 100 Mbps. Saat ini yang umum ada dipasaran adalah ethernet berkecepatan 10 Mbps – 100 Mbps yang biasa disebut seri 10Base / 100Base. Ada bermacam-macam jenis 10Base diantaranya adalah: 10Base5, 10Base2, 10BaseT, dan 10BaseF yang akan diterangkan lebih lanjut kemudian.

Pada metoda CSMA/CD, sebuah host komputer yang akan mengirim data ke jaringan pertama-tama memastikan bahwa jaringan sedang tidak dipakai untuk transfer dari dan oleh host komputer lainnya. Jika pada tahap pengecekan ditemukan transmisi data lain dan terjadi tabrakan (collision), maka host

komputer tersebut diharuskan mengulang permohonan (*request*) pengiriman pada selang waktu berikutnya yang dilakukan secara acak (*random*). Teknik ini disebut dengan *backoff algorithm* Dengan demikian maka jaringan efektif bisa digunakan secara bergantian.

Untuk menentukan pada posisi mana sebuah host komputer berada, maka tiap-tiap perangkat ethernet diberikan alamat (*address*) sepanjang 48 bit yang unik (hanya satu di dunia). Informasi alamat disimpan dalam chip yang biasanya nampak pada saat komputer di start dalam urutan angka berbasis 16, seperti pada Gambar 3.

```
NE*000 ethercard probe at 0x300: 00 40 05 61 20 e6
eth0: NE2000 found at 0x300, using IRQ 9.
```

Gambar 3. Contoh ethernet address.

48 bit angka agar mudah dimengerti dikelompokkan masing-masing 8 bit untuk menyetakan bilangan berbasis 16 seperti contoh di atas (00 40 05 61 20 e6), 3 angka didepan adalah kode perusahaan pembuat chip tersebut. Chip diatas dibuat oleh ANI Communications Inc. Contoh vendor terkenal bisa dilihat di Tabel 3, dan informasi lebih lengkap lainnya dapat diperoleh di <http://standards.ieee.org/regauth/oui/index.html>

Tabel 3. Daftar vendor terkenal chip ethernet

Nomer kode	Nama vendor
00:00:0C	Sisco System
00:00:1B	Novell
00:00:AA	Xerox
00:00:4C	NEC
00:00:74	Ricoh
08:08:08	3COM
08:00:07	Apple Computer
08:00:09	Hewlett Packard
08:00:20	Sun Microsystems

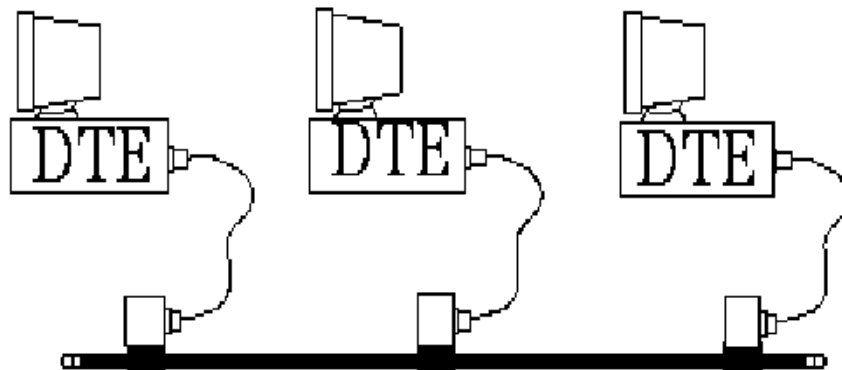
08:00:2B	DEC
08:00:5A	IBM

Dengan berdasarkan address ethernet, maka setiap protokol komunikasi (TCP/IP, IPX, AppleTalk, dll.) berusaha memanfaatkan untuk informasi masing-masing host komputer di jaringan.

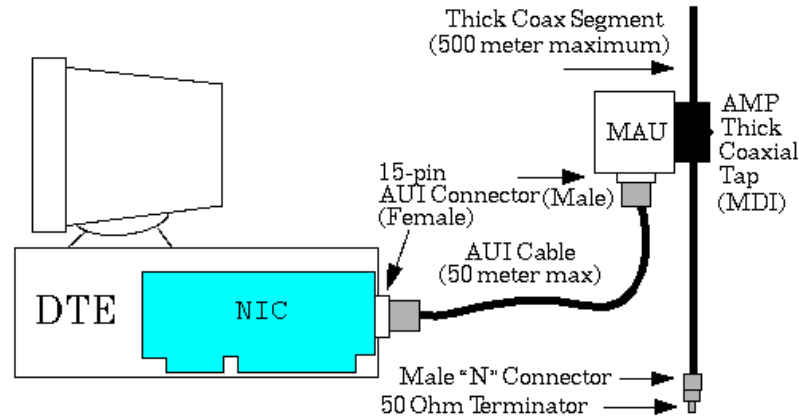
A. 10Base5

Sistem 10Base5 menggunakan kabel coaxial berdiameter 0,5 inch (10 mm) sebagai media penghubung berbentuk bus seperti pada Gambar 4. Biasanya kabelnya berwarna kuning dan pada kedua ujung kebelnya diberi konsentrator sehingga mempunyai resistansi sebesar 50 ohm. Jika menggunakan 10Base5, satu segmen jaringan bisa sepanjang maksimal 500 m, bahkan jika dipasang penghubung (*repeater*) sebuah jaringan bisa mencapai panjang maksimum 2,5 km.

Seperti pada Gambar 5, antara NIC (*Network Interface Card*) yang ada di komputer (*DTE, Data Terminal Equipment*) dengan media transmisi bus (kabel coaxial)-nya diperlukan sebuah transceiver (*MAU, Medium Attachment Unit*). Antar MAU dibuat jarak minimal 2,5 m, dan setiap segment hanya mampu menampung sebanyak 100 unit. Konektor yang dipakai adalah konektor 15 pin.



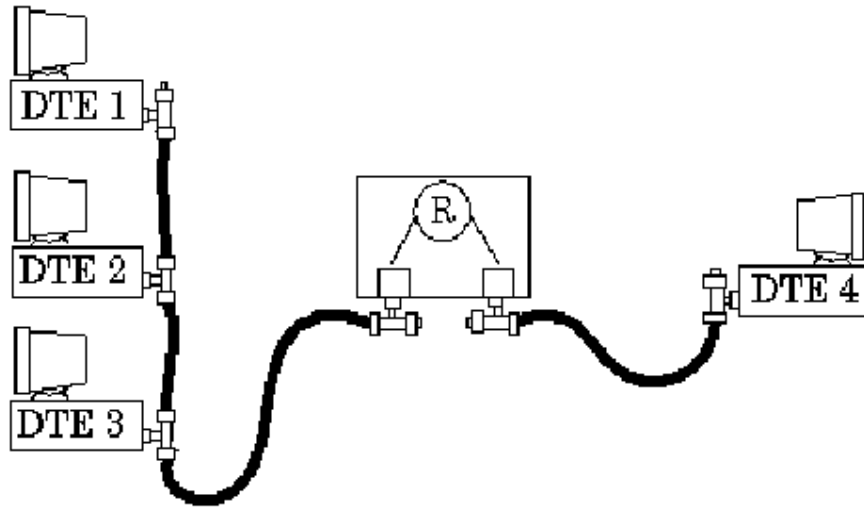
Gambar 4. Jaringan dengan media 10Base5.



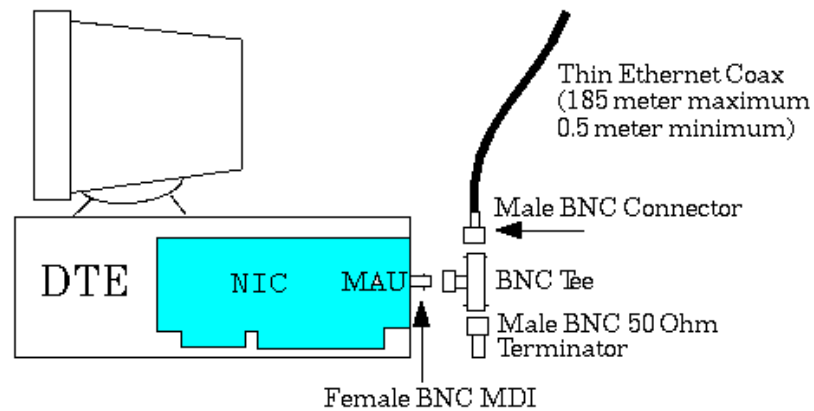
Gambar 5. Struktur 10Base5.

B. 10Base2

Seperti pada jaringan 10Base5, 10Base2 mempunyai struktur jaringan berbentuk bus. (Gambar 6). Hanya saja kabel yang digunakan lebih kecil, berdiameter 5 mm dengan jenis twisted pair. Tidak diperlukan MAU karena MAU telah ada didalam NIC-nya sehingga bisa menjadi lebih ekonomis. Karenanya jaringan ini dikenal juga dengan sebutan *CheaperNet*. Dibandingkan dengan jaringan 10Base5, panjang maksimal sebuah segmennya menjadi lebih pendek, sekitar 185 m, dan bisa disambung sampai 5 segmen menjadi sekitar 925 m. Sebuah segmen hanya mampu menampung tidak lebih dari 30 unit komputer saja. Pada jaringan ini pun diperlukan konsentrator yang membuat ujung-ujung media transmisi busnya menjadi beresistansi 50 ohm. Untuk jenis konektor dipakai jenis BNC.



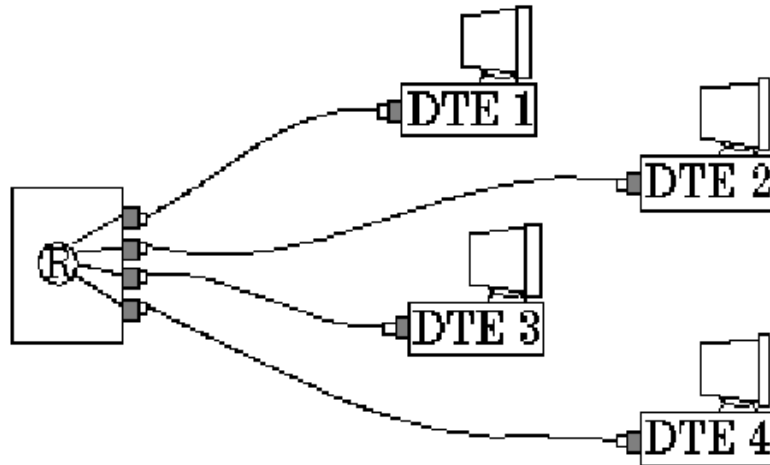
Gambar 6. Jaringan dengan media 10Base2



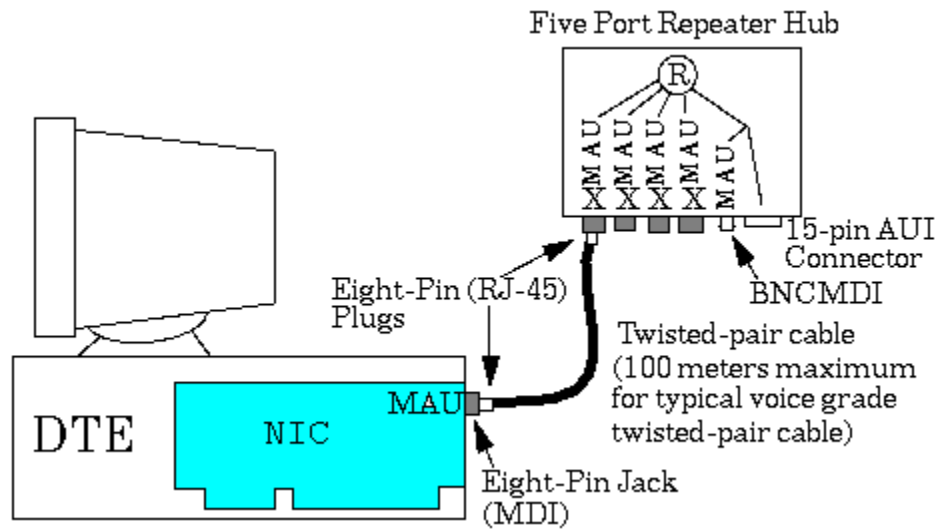
Gambar 7. Struktur 10Base2.

C. 10BaseT

Berbeda dengan 2 jenis jaringan diatas, 10BaseT berstruktur bintang (star) seperti terlihat di Gambar 8. Tidak diperlukan MAU kerana sudah termasuk didalam NIC-nya. Sebagai pengganti konsentrator dan repeater diperlukan hub karena jaringan berbentuk star. Panjang sebuah segmen jaringan maksimal 100 m, dan setiap hub bisa dihubungkan untuk memperpanjang jaringan sampai 4 unit sehingga maksimal komputer tersambung bisa mencapai 1024 unit.



Gambar 8. Jaringan dengan media 10BaseT.

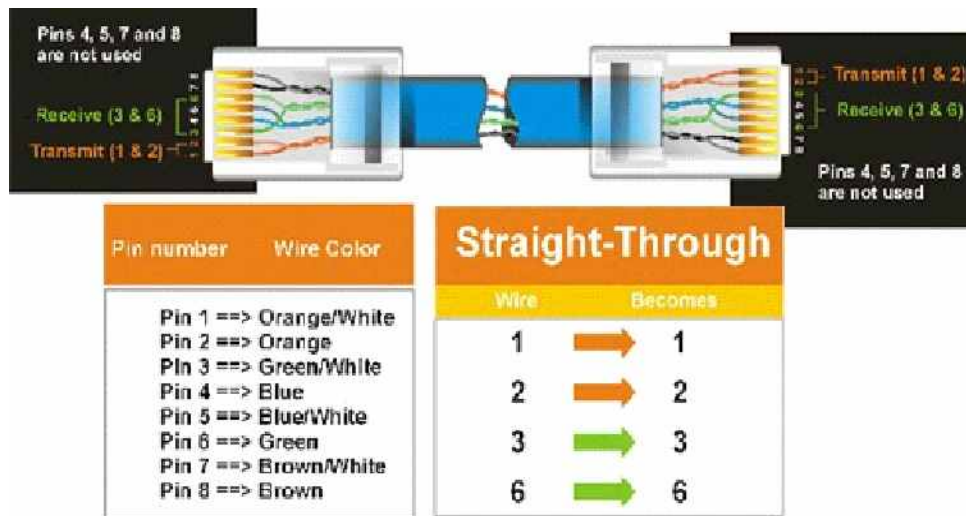


Gambar 9. Struktur 10BaseT.

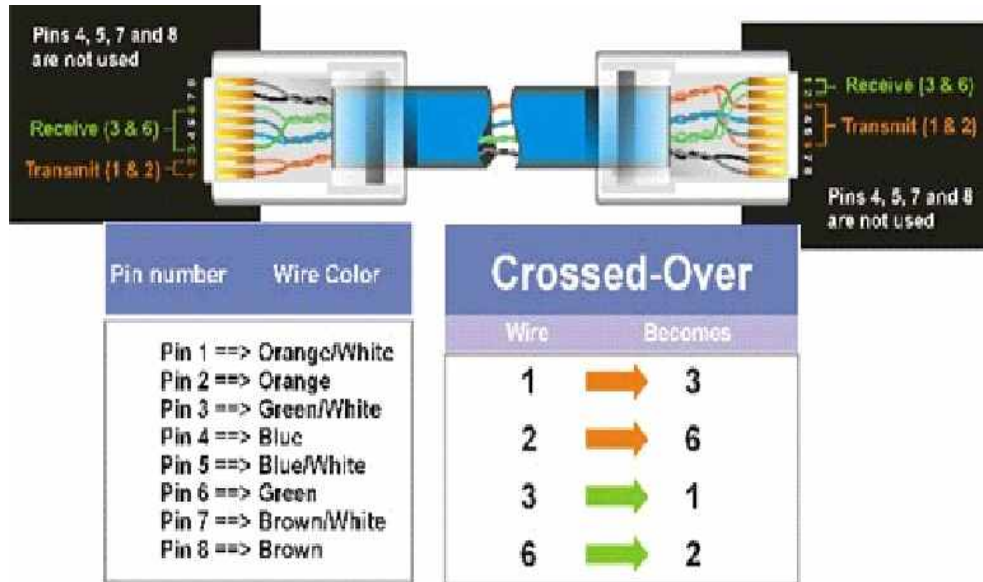
Menggunakan konektor modular jack RJ-45 dan kabel jenis UTP (Unshielded Twisted Pair) seperti kabel telepon di rumah-rumah. Saat ini kabel UTP yang banyak digunakan adalah jenis kategori 5 karena bisa mencapai kecepatan transmisi 100 Mbps. Masing-masing jenis kabel UTP dan kegunaannya bisa dilihat di Table 4.

Tabel 4. Jenis kabel UTP dan aplikasinya.

Kategori	Aplikasi
Category 1	Dipakai untuk komunikasi suara (voice), dan digunakan untuk kabel telepon di rumah-rumah.
Category 2	Terdiri dari 4 pasang kabel twisted pair dan bisa digunakan untuk komunikasi data sampai kecepatan 4 Mbps.
Category 3	Bisa digunakan untuk transmisi data dengan kecepatan sampai 10 Mbps dan digunakan untuk Ethernet dan TokenRing.
Category 4	Sama dengan category 3 tetapi dengan kecepatan transmisi sampai 16 Mbps.
Category 5	Bisa digunakan pada kecepatan transmisi sampai 100 Mbps, biasanya digunakan untuk FastEthernet (100Base) atau network ATM.



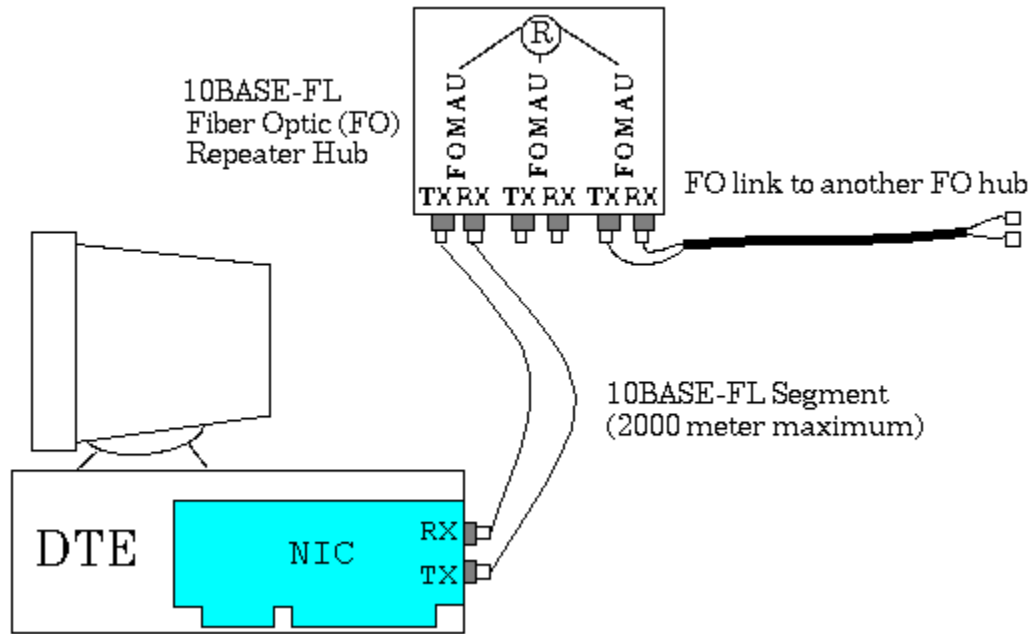
gambar 10. UTP dengan sambungan straight



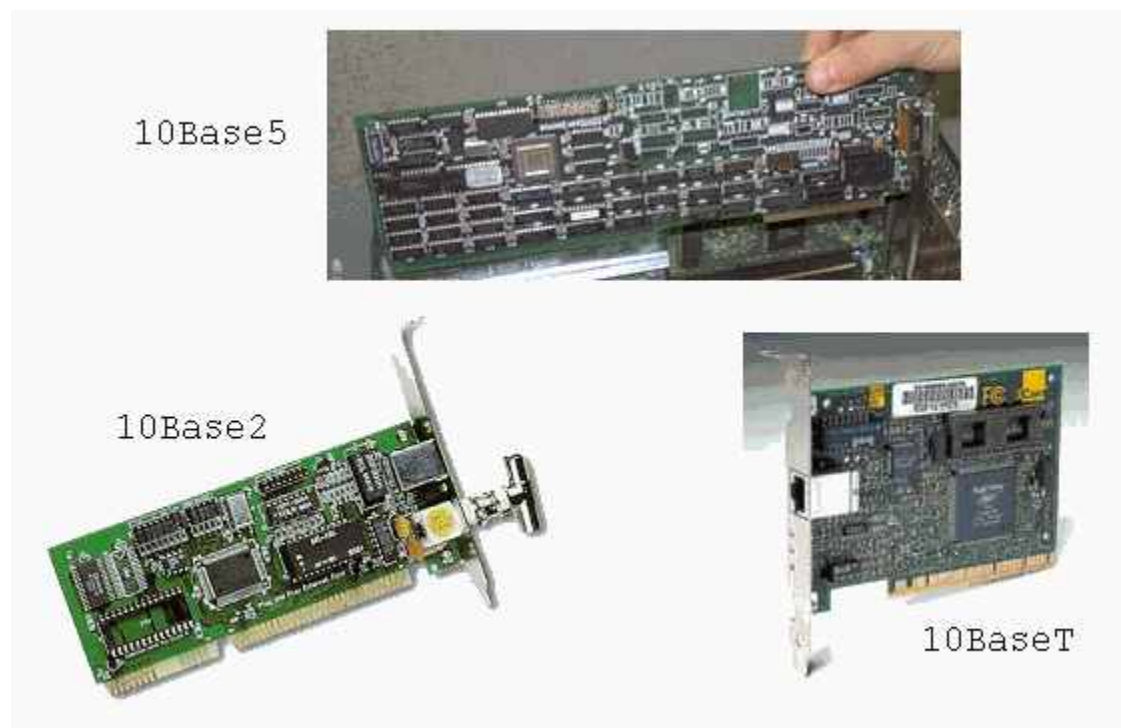
gambar 11. UTP dengan sambungan cross

D. 10BaseF

Bentuk jaringan 10BaseF sama dengan 10BaseT yakni berbentuk star. Karena menggunakan serat optik (fiber optic) untuk media transmisinya, maka panjang jarak antara NIC dan konsentratornya menjadi lebih panjang sampai 20 kali (2000 m). Demikian pula dengan panjang total jaringannya. Pada 10BaseF, untuk transmisi output (TX) dan input (RX) menggunakan kabel/media yang berbeda.



Gambar 10. Struktur 10BaseF.



Gambar 11. Foto NIC jenis 10Base5, 10Base2, dan 10BaseT.

E. Fast Ethernet (100BaseT series)

Selain jenis NIC yang telah diterangkan di atas, jenis ethernet chip lainnya adalah seri 100Base. Seri 100Base mempunyai beragam jenis berdasarkan metode akses datanya diantaranya adalah: 100Base-T4, 100Base-TX, dan 100Base-FX. Kecepatan transmisi seri 100Base bisa melebihi kecepatan chip pendahulunya (seri 10Base) antara 2-20 kali (20-200 Mbps). Ini dibuat untuk menyaingi jenis LAN berkecepatan tinggi lainnya seperti: FDDI, 100VG-AnyLAN dan lain sebagainya.

F. Gigabit LAN

Kemunculan LAN Gigabit

Untuk memenuhi kebutuhan network mendatang, teknologi LAN Gigabit muncul dengan cepat. Dikenal sebagai Gigabit Ethernet dan 1G-AnyLAN, LAN ini beroperasi di atas bermacam-macam media, termasuk fiber, coaxial, dan twisted-pair copper wiring kategori 5.

A brief history from Ethernet to Gigabit Lan

Pada awalnya, Ethernet didesain untuk dijalankan di atas kabel koaksial pada kecepatan maksimum 10 MBps. Sekarang Ethernet beroperasi pada kabel koaksial thin-wide (10base2) dan unshielded twisted-pair (UTP) telephone wiring (10baseT). Devais pada network – PC, workstation, printer, server, dll – secara fisik terhubung ke kabel tunggal yang dikenal sebagai bus.

Pada perkembangan berikutnya, muncul teknologi Switch Ethernet, untuk menghindari problem tabrakan paket. Sebuah Switch Ethernet menggantikan pengkabelan hub. Berikutnya adalah Fast Ethernet, yang membesarkan bandwidth LAN dari 10 MBps menjadi 100 MBps. Ia menggunakan 2 standar: Gigabit 100Base-T (IEEE 802.3u) dan Gigabit 100VG-AnyLAN (IEEE 803.12). Bila upgrade ke switch Ethernet dilakukan tanpa perlu NIC baru dan pengkabelan, Fast Ethernet memerlukan NIC baru dan mungkin juga pengkabelan baru.

Standar 100Base-T menggabungkan dua skema signaling yang dikenal sebagai 100Base-4T dan 100Base-TX. 100Base-T mempunyai option protokol half-duplex yang beroperasi di atas kabel 4 pasang (kategori 3, 4 atau 5 UTP), yang juga digunakan untuk 10Base-T, shielded Twisted-pair (STP) dan fiber. Tiga pasang digunakan untuk transmisi data untuk masing-masing arah, sedangkan pasangan keempat untuk perlindungan kolisi.

Standar 100VG-AnyLAN menggunakan metode akses media berprioritas permintaan, dibandingkan dengan skema CSMA/CD yang didefinisikan Ethernet Standar. Trafik LAN diprioritaskan dalam 2 tipe – prioritas tinggi (trafik suara dan video) dan prioritas normal (data) –

dalam system bertipe round robin. Ia beroperasi di atas kabel 4 pasang kategori 3 dan 5, STP atau Fiber.

Token Ring

Token-Ring berbasis standar IEEE 802.5 dan beroperasi pada 4 atau 16 MBps. Dengan Token-Ring, devais network secara fisik terhubung dalam konfigurasi ring dimana data dilewatkan dari devais ke devais secara berurutan. Sebuah paket kontrol, yang dikenal sebagai kontrol token, juga dilewatkan dalam ring. Devais yang ingin mentransmit data akan mengambil token, mengisinya dengan data dan dikembalikan ke ring. Devais penerima akan mengambil token tersebut, lalu mengosongkan isinya dan dikembalikan ke ring. Protokol ini mencegah terjadinya kolisi data dan menghasilkan performansi yang lebih baik pada penggunaan high-level bandwidth.

Ada tiga tipe pengembangan dari Token Ring dasar: full duplex, switched dan 100VG-AnyLAN. Token Ring Full Duplex menggandakan bandwidth yang tersedia bagi devais pada network. Switched Token Ring menggunakan switch yang mentransmisikan data antara segmen LAN, tidak antara devais LAN tunggal. Standar 100VG-AnyLAN mendukung format Ethernet dan Token Ring pada kecepatan 100 MBps.

Fiber distributed Data Interface

FDDI adalah pasangan teknologi LAN Ethernet IEEE 802 yang mendukung data transfer 100 MBps untuk jarak sampai 100 km. FDDI bukan standar IEEE dan beroperasi di atas kabel fiber optik dengan menggunakan arsitektur ring counter-ruting kembar yang dapat menghubungkan sampai 500 devais per ring. Ring kembar memungkinkan LAN tetap beroperasi bila terjadi kegagalan pada salah satu ring atau node.

Asynchronous Transfer Mode

ATM beroperasi mulai dari 25 MBps sampai 622 MBps. ATM adalah suatu bentuk teknologi paket switching yang menggunakan sel data dengan panjang tetap (53 byte) pada sirkuit virtual. Dengan ukuran sel data yang tetap dan kecil, memungkinkan switching pada kecepatan dengan throughput tinggi. Dengan delay yang sangat kecil

dan waktu interval yang tetap antar sel data, memungkinkan aplikasi suara dan video dikirim lewat LAN dan berbagai jenis tipe data yang berbeda digabungkan dalam network yang sama. Walaupun ATM tidak mencapai kecepatan Gigabit di atas network, feature delay dan waktu interval menjadikannya teknologi potensial untuk LAN kecepatan tinggi membawa aplikasi multimedia.

Dua Standar

Problem terbesar yang dihadapi LAN Gigabit adalah adanya dua standar yang menyebabkan adanya masalah kompatibilitas. Selain itu, baik Gigabit Ethernet ataupun 1G-AnyLAN tidak menjamin pengoperasian suara atau video yang time-sensitive. Pertanyaan lain yang belum terjawab sekitar throughput dan jarak capai antar node dengan kabel tembaga.

Isu kompatibilitas menjadi lebih kompleks dengan adanya kebutuhan pemakaian Ethernet Gigabit di atas LAN bersama. Unswitch Ethernet menggunakan CSMA/CD untuk menghindari tabrakan data. Di sisi lain Switched Ethernet tidak menghadapi masalah tabrakan, karena desainnya yang full duplex. Oleh karena itu, protokol CSMA/CD dihentikan. Pada kecepatan Gigabit di atas network dimana kedua tipe protokol Ethernet digunakan, tabrakan akan terjadi dengan jumlah besar, sehingga akan memerlukan transmisi ulang yang dapat mengurangi performansi secara signifikan.

Dua prosedur sedang dievaluasi untuk masalah LAN Gigabit bersama. Yang pertama memerlukan perluasan carrier yang digunakan ketika devais network memulai transmisi untuk menjaga sinyal carrier aktif lebih lama. Perluasan ini memungkinkan frame ethernet berjalan lebih jauh tanpa tabrakan. Ada negatif efek bila paket Ethernetnya besar. Dan bila paket lebih kecil (64 Kb), efisiensi berkurang sebagai hasil dari kombinasi paket besar dan kecil.

Pendekatan kedua menggunakan buffered repeater untuk menjalankan protokol CSMA/CD. Secara tradisional, Lan bersama berjalan half-duplex. Dengan meletakkan tabrakan pada buffered repeater, end station tidak perlu melakukan transmisi ulang. Kerugiannya adalah buffered repeater memerlukan tambahan 8 Kb memori per port untuk menangani kemampuan buffering.

LAN Gigabit ATM

Satu argumen kuat yang memfavoritkan ATM adalah karena kemampuan multimediana yang lebih berkembang. Ethernet Gigabit tidak mempunyai suatu skema untuk prioritas pengiriman trafik time-sensitive. 1G-AnyLan (100VG) menyerahkan dua level prioritas untuk trafik, tetapi pada LAN yang sibuk prioritas tersebut tidak menjamin suara dan video datang tepat waktu. Sedangkan pada ATM, ketepatan waktu diperoleh karena penggunaan sel berukuran tetap, dibandingkan paket berukuran tak tetap pada Ethernet. Sel tersebut memudahkan transportasi secara simultan berbagai jenis tipe trafik.

Keuntungan besar LAN Ethernet Gigabit adalah tidak perlu penulisan ulang aplikasi, sedangkan ATM memerlukannya untuk mengakomodasi switching data.

LAN 1 Gigabit Ethernet

Sebuah produk LAN Gigabit ditawarkan oleh sebuah vendor. Mempunyai teknologi konsentrator multichannel yang menyediakan transport data symmetric bebas tabrakan. Beroperasi pada kecepatan 1 GBps di atas kabel 4 pasang kategori 5 UTP, dengan 320 MBps dialokasikan untuk komunikasi dari workstation ke server, 320 untuk respon server ke workstation, dan 320 sisanya untuk fungsi remote, seperti e-Mail, video feed, video konferen, dan internet. Data dikonversi dari format 8 bit ke format khusus 10 bit untuk keperluan transmisi. Pengkodean ini adalah kompatibel standar industri dan menyediakan feature untuk pemeliharaan penyelarasan waktu, deteksi kesalahan hardware, dan pengiriman/penerimaan karakter kontrol dari network sambil menjaga kompatibilitas semua tipe data.

G. 10 Gigabit Ethernet

Perkembangan jaringan Ethernet yang selama ini sekedar di dalam ruang lingkup LAN, selanjutnya akan mencakupi MAN (Metropolitan Area Network) dan WAN (Wide Area Network). Saat ini di Indonesia, sudah banyak yang meng-upgrade infrastruktur dari sebelumnya 10 Mbps menjadi 1 Gbps atau sering kali disebut Gigabit network. Namun dari sisi teknologi, orang sudah mulai menyebut 10 Gbps Ethernet. Apa itu 10G Ethernet

Standar baru dari IEEE 802.3ae yaitu 10 Gigabit Ethernet memberikan evolusi dari teknologi Ethernet dengan membawa teknologi Ethernet 10G sepuluh kali lipat dalam kinerja dibandingkan dengan 1 Gigabit Ethernet. Dan sebelumnya Ethernet hanya mendominasi area LAN atau Local Area Network, tidak halnya dengan 10G Ethernet di mana aplikasi tidak hanya mencakup seputar LAN saja, namun melebihi itu yaitu juga termasuk WAN.

Beberapa standar yang melegenda & menjadi acuan kita dalam mengoperasikan peralatan LAN, MAN & WAN dapat kita ingat antara lain seperti:

IEEE 802.3 ethernet

IEEE 802.11 Wireless LAN

Bagi anda yang ingin melihat dari dekat beberapa teknologi yang menarik khususnya untuk LAN menggunakan kabel / fiber berkecepatan 1-10Gbps dapat membaca beberapa tutorial seperti http://grouper.ieee.org/groups/802/802_tutorials/index.htm

Ide di balik 1Gbps & 10Gbps Ethernet, mereka tetap menggunakan Medium Access Control (MAC) seperti yang gunakan di teknologi 10Base-T yang kita pakai hari ini (1999-2003) di banyak LAN. Tapi mereka memperlebar kecepatan hingga sangat tinggi, bahkan karena menggunakan media fiber optik, terutama Single Mode Fiber (SMF) mereka bisa mengembangkan akses tersebut menjadi WAN dengan jarak beberapa puluh kilometer bukan hanya sekedar LAN yang jaraknya hanya beberapa ratus meter saja. Dengan protokol MAC IEEE 802.3 yang sama dengan ethernet yang kita gunakan hari ini

Perlu diingat bahwa 10G Ethernet yang baru masih mempertahankan jaringan Ethernet yang ada dalam hal ukuran frame (frame size), dan

format frame. Namun tidak seperti 1 Gigabit Ethernet, 10 G Ethernet support full-duplex transmisi dan hanya bekerja pada jaringan atau media optic. Gigabit Ethernet dapat bekerja di media copper (tembaga). Spesifikasi dari 802.3ae juga mendefinisikan dua interface fisik termasuk untuk LAN dan satunya lagi untuk WAN. Dan interface fisik untuk LAN adalah antara lain:

- 10 Gbase-SR dengan 850 nm serial interface dengan jangkauan 990 feet melalui multimode fiber.
- 10 Gbase-LR dengan 1,310 nm serial interface dengan jangkauan sedikit lebih dari 6 mil melalui single-mode fiber.
- 10 Gbase-ER dengan 1,550 nm serial interface dengan jangkauan kurang lebih 25 mil melalui single-mode fiber.

Keuntungan

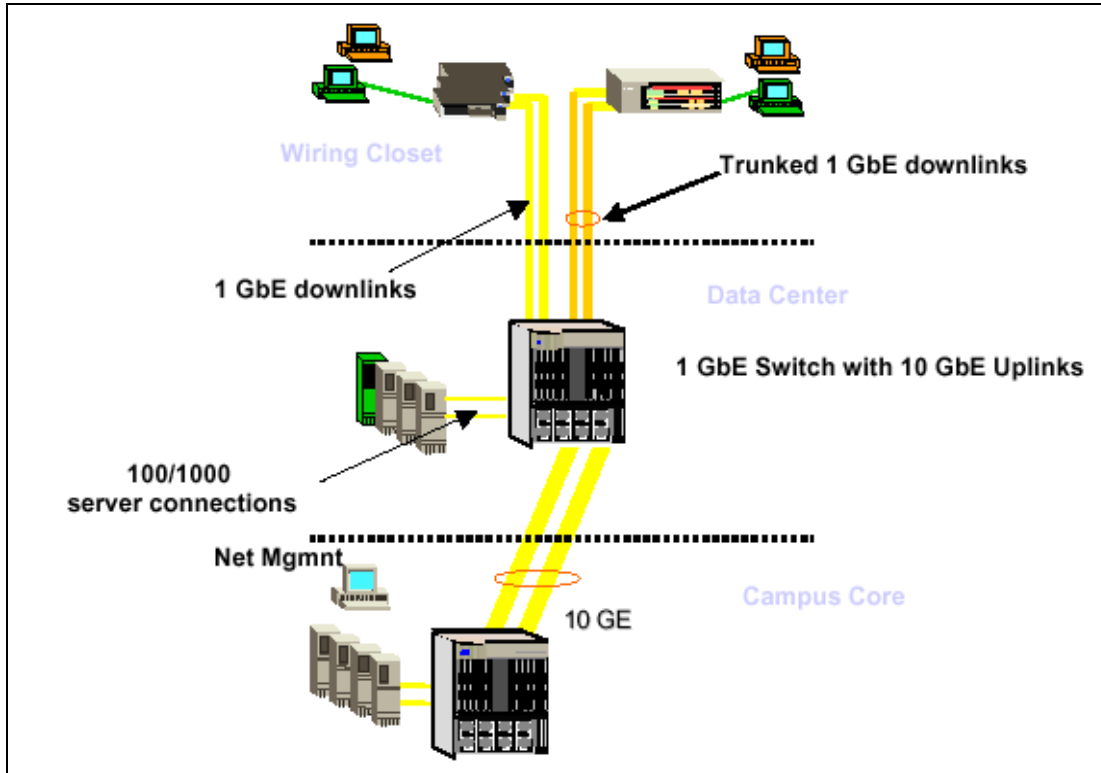
Ada beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan menggunakan LAN kecepatan tinggi ini, misalnya:

- Interkoneksi server untuk cluster server.
- Switch pada server.
- Agregasi beberapa 1000BASE-T menjadi 10Gigabit Ethernet (Gbit Ethernet).
- Sambungan antar gedung.
- Penggunaan Media Single Mode Fiber (SMF) dan Multi Mode Fiber (MMF)

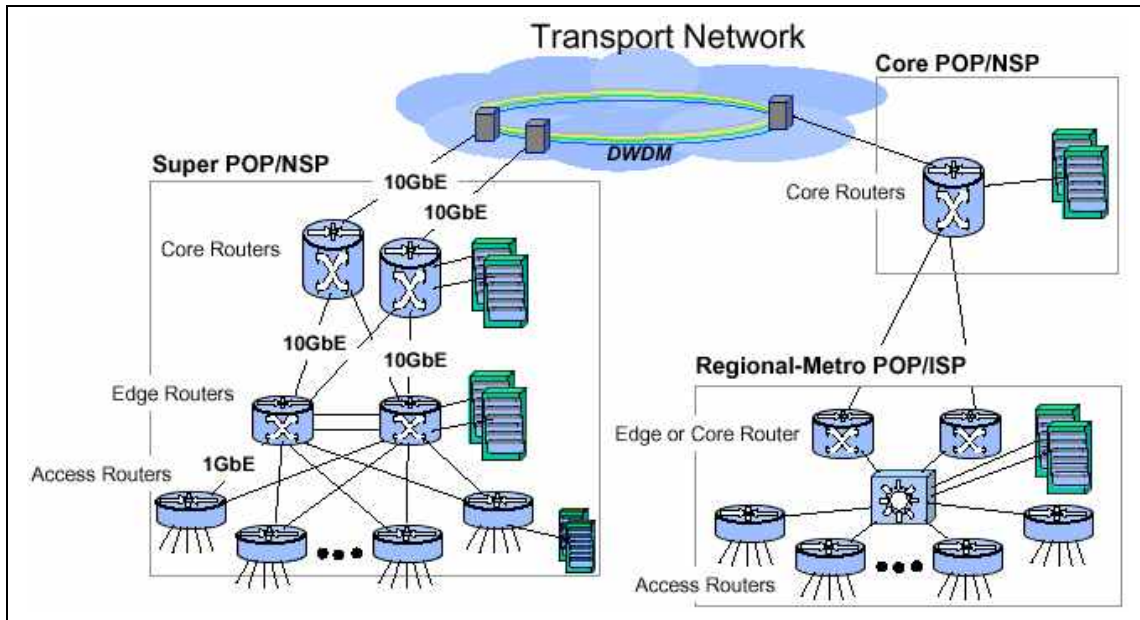
Bagi ISP / Network Service Provider (NSP) penggunaan teknologi Gbps Ethernet (GbE) ini menarik dipandang dari beberapa aplikasi seperti:

- Interkoneksi Server Farm (peternakan server).
- Sambungan intra-POP menggunakan Multi Mode Fiber (MMF) untuk jarak < 300 meter.
- POP uplink untuk Inter-POP untuk jarak < 40 km.
- Akses Metropolitan Area Access (MAN) melalui Wavelength Division Multiplexing (WDM).
- Menggunakan media dark fiber, SONET, TDM dll.

Contoh topologi gabungan jaringan 100Mbps, 1Gbps & 10Gbps dalam LAN diperlihatkan dalam gambar terlampir.



Adapun contoh topologi menggunakan Gigabit Ethernet untuk ISP / NSP diperlihatkan di contoh gambar terlampir.



Ada beberapa perbedaan yang menyolok antara 1Gbps & 10Gbps ethernet. Pada 1Gbps yang sering dikenal juga sebagai 1000Base-T, mereka masih menggunakan menggunakan jaringan fisik kabel UTP. Pada 1000Base-T Teknik modulasi Multi-Level Analog Signaling (MAS) ditambah Forward Error Correction (FEC) dan proses equalisasi memungkinkan sepasang kabel UTP digunakan pada kecepatan 250Mbps (dengan bandwidth 62MHz). Artinya sebuah kabel UTP Category 5 sebanyak empat (4) pasang dapat digunakan untuk memperoleh kecepatan 1Gbps pada jarak 100 meter.

Pada kecepatan 10Gbps, kabel UTP sama sekali tidak digunakan. Jaringan fisik fiber optik digunakan secara eksklusif dan full duplex. Single Mode Fiber (SMF) & Multi Mode Fiber (MMF) dapat digunakan pada 10Gbps ethernet. Teknik Multi-Level Analog Signaling (MAS) yang digunakan untuk memodulasi data pada kecepatan 10Gbps sebetulnya dapat di paksa untuk bekerja s/d 40Gbps. MAS sendiri diturunkan dari Pulse Amplitude Modulation (PAM) yang secara sederhana merupakan proses On-Off Keying cocok untuk memodulasi sinar laser. Umumnya menggunakan Reed Solomon Forward Error Correction (FEC) untuk memperoleh Bit Error Rate (BER) sekitar 10⁻¹⁴ (sangat tinggi sekali). Dengan teknologi Silicon CMOS submicron dengan lebar gate 0.18um diperoleh gate delay sekitar 30 ps (sekitar 30GHz frekuensi cut off).

10Gbps pada WAN di operasikan sebagai muatan dalam jaringan WAN OC-192c/VC-4-64c yang mempunyai payload rate 9.584640 Gbps. Oleh karena itu harus digunakan mekanisme pacing pada MAC agar

data dapat dimasukkan ke OC-192c tersebut. Hal ini menyebabkan jaringan fisik LAN & WAN menggunakan MAC IEEE 802.3 yang sama.

5. MEDIA DAN TRANSMISI DATA

Media transmisi dapat berupa :

- gelombang elektromagnet
- sepasang kawat (twisted pair)
- serat optik
- kabel coax
- Line-of-Sight
- Satelit
- dan lain-lain

Beberapa media transmisi dapat digunakan sebagai channel (jalur/kanal) transmisi atau carrier dari data yang dikirim, dapat berupa kabel maupun radiasi elektromagnetik. **Bila sumber data dan penerima jaraknya tidak terlalu jauh dan dalam area yang lokal, maka dapat digunakan kabel sebagai media transmisinya.** Kabel dapat berbentuk kabel tembaga biasa yang digunakan pada telepon, coaxial cable (kabel koax) atau fiber optic (serat optik). Kabel koax merupakan kabel yang dibungkus dengan

metal yang lunak dan mempunyai tingkat transmisi data yang lebih tinggi dibanding dengan kabel biasa. tetapi lebih mahal. **Sedangkan kabel serat optik dibuat dari serabut-serabut kaca (optical fibers) yang tipis dengan diameter sebesar diameter rambut manusia.** Kabel jenis ini mempunyai kecepatan pengiriman data sampai 10 kali lebih besar dari kabel koax.

Bila sumber data dan penerima data jaraknya cukup jauh, kanal komunikasi data berupa media radiasi elektromagnetik yang dipancarkan melalui udara terbuka, yang dapat berupa gelombang mikro (microwave), sistem satelit (satellite system) atau sistem laser (laser system). Gelombang merupakan gelombang radio frekuensi tinggi yang dipancarkan dari satu stasiun ke stasiun yang lain. Sifat pemancaran dari gelombang mikro adalah line-of-sight, yaitu tidak boleh terhalang, misalnya karena adanya gedung-gedung yang tinggi, bukit-bukit atau gunung-gunung. Gelombang mikro biasanya digunakan untuk jarak-jarak yang dekat saja. Untuk jarak yang jauh, harus digunakan stasiun relay yang berjarak 30 sampai 50 kilometer. Stasiun relay diperlukan karena untuk memperkuat sinyal yang diterima dari stasiun relay sebelumnya dan meneruskannya ke stasiun relay berikutnya.

Karena gelombang mikro tidak boleh terhalang maka untuk jarak-jarak yang jauh digunakan sistem satelit. Satelit akan menerima sinyal yang dikirim dari stasiun gelombang mikro di bumi dan mengirimkannya kembali ke stasiun bumi yang lainnya. Satelit berfungsi sebagai stasiun relay yang letaknya di luar angkasa.

Kapasitas Kanal Transmisi

Bandwidth (lebar band) menunjukkan sejumlah data yang dapat ditransmisikan untuk satu unit waktu yang dinyatakan dalam satuan bits per second (bps) atau characters per second (cps). **Bandwidth dengan satuannya bps atau cps menyatakan ukuran dari kapasitas kanal transmisi, bukan ukuran kecepatan.** Transmisi data dengan ukuran 1000 bps tidak dapat dikatakan lebih cepat dari transmisi data dengan ukuran 200 bps, tetapi dapat dikatakan bahwa lebih banyak data yang dapat dikirimkan pada satu unit waktu tertentu (detik).

Kapasitas atau transfer rate (tingkat penyaluran) atau baud rate dari kanal transmisi dapat digolongkan dalam narrowband channel, voice

band channel, wideband channel.

Narrowband channel atau subvoice grade channel merupakan kanal transmisi dengan bandwidth yang rendah, berkisar dari 50-300 bps. Biaya transmisi lewat narrow band channel lebih rendah, tetapi biaya rata-rata per bitnya lebih mahal dengan tingkat kemampuan kesalahan yang besar. Jalur telegraph merupakan contoh dari kanal jenis ini.

Voice band channel atau voice grade channel merupakan kanal transmisi yang mempunyai bandwidth lebih besar dibandingkan dengan narrowband channel, yang berkisar dari 300 - 500 bps. Jalur telepon merupakan contoh dari kanal jenis ini.

Wideband channel atau broad band channel adalah kanal transmisi yang digunakan untuk transmisi volume data yang besar dengan bandwidth sampai 1 juta bps. Secara umum transmisi data dengan kanal ini sangat mahal, tetapi bila diperhitungkan biaya per bitnya akan lebih murah dan kemungkinan kesalahan transmisi kecil. Jalur telepon jarak jauh menggunakan kanal wideband, yaitu menggunakan media kabel koax yang ditanam di dasar atau gelombang mikro atau sistem satelit.

Tipe Kanal Transmisi.

Suatu channel transmisi dapat mempunyai tipe transmisi satu arah (one way transmission), transmisi dua arah bergantian (either way transmission) atau transmisi dua arah serentak (both way transmission). Tipe transmisi satu arah merupakan kanal transmisi yang hanya dapat membawa informasi data dalam bentuk satu arah saja, tidak bisa bolak-balik. Siaran radio atau televisi merupakan contoh dari transmisi satu arah, yaitu sinyal yang dikirimkan dari stasiun pemancar hanya dapat diterima oleh pesawat penangkap siaran, tetapi pesawat penangkap siaran tidak dapat mengirimkan informasi balik ke stasiun pemancar. Pengiriman data dari satu komputer ke komputer lain yang searah (komputer yang satu sebagai pengirim dan komputer yang lainnya sebagai penerima) merupakan contoh transmisi satu arah.

Tipe transmisi dua arah bergantian (two way transmission atau half duplex) merupakan kanal transmisi dimana informasi data dapat mengalir dalam dua arah yang bergantian (satu arah dalam suatu saat tertentu), yaitu bila satu mengirimkan, yang lain sebagai penerima

dan sebaliknya, tidak bisa serentak. Dengan transmisi dua arah bergantian maka dapat mengirim dan menerima data. Walkie-talkie merupakan contoh dari transmisi dua arah bergantian, yaitu dapat mendengarkan atau berbicara secara bergantian.

Tipe transmisi dua arah serentak (both-way transmission atau full-duplex) merupakan kanal dimana informasi data dapat mengalir dalam dua arah secara serentak (dapat mengirim dan menerima data pada saat bersamaan). Komunikasi lewat telepon merupakan contoh dari transmisi dua arah serentak, yaitu dapat berbicara sekaligus mendengarkan apa yang sedang diucapkan oleh lawan bicara.

6. Desain Jaringan

Pada saat kita telah mengetahui perangkat pendukung untuk membangun sebuah jaringan, maka langkah selanjutnya adalah mendesain jaringan sesuai yang kita perlukan. Apakah **jaringan yang akan kita bangun akan berbentuk garis lurus (*bus*), bintang (*star*), lingkaran (*ring*), ataukah jaring (*mesh*) yang paling rumit? Juga apakah kecepatan transmisi jaringan kita merupakan jaringan rendah sampai menengah (beberapa M s/d 20Mbps), jaringan berkecepatan tinggi (ratusan Mbps) atau berkecepatan ultra tinggi (lebih dari 1Gbps)? Demikian pula media apa yang akan kita gunakan, apakah berbentuk jaringan kabel (*wireline*) atau memanfaatkan gelombang radio (*wireless*)? Yang terakhir, apakah jaringan kita untuk jaringan utama (backbone LAN) ataukah jaringan biasa (floor LAN) yang tentu saja memerlukan prasarana yang berbeda. Mungkin Tabel 5 bisa dibuat sebagai referensinya.**

Tabel 5. Faktor-faktor mendesain LAN

Jenis LAN	Topologi	Bus	
		Star	
		Ring	Token Ring
			Token Bus
		Mesh	
		Kecepatan	Menengah (beberapa s/d 20 Mbps)
	Tinggi (100 s/d ratusan Mbps)		
	Ultra (lebih dari 1 Gbps)		
	Media transmisi	Kabel (wireline)	
		Gelombang radio (wireless)	
	Tingkatan LAN	Utama (backbone LAN)	
		Biasa (floor LAN)	

ARSITEKTUR PROTOKOL ISDN

Sebelum menggunakan ISDN user-network interface, penting untuk memahami protokol yang digunakan pada interface tersebut. Protokol adalah kumpulan aturan pada suatu jalur komunikasi.

I. PROTOCOL PLANES

Seperti jaringan telekomunikasi lainnya, termasuk jaringan telepon, ISDN menyediakan sejumlah protokol. Message diantara user dan jaringan akan mengalir secara simultan melalui channel akses ISDN. Data user dan sinyal kontrol jaringan user mungkin menggunakan protokol yang berbeda, meskipun protokol tersebut digunakan pada medium fisik yang sama.

Untuk mensupport ide tentang signalling dan informasi user sebagai data path yang terpisah, CCITT memperkenalkan konsep tentang control plane (C-plane) dan user plane (U-plane). Protokol di dalam C-plane digunakan untuk transfer atau informasi untuk mengatur koneksi user dan/atau resource jaringan, seperti penetapan call, dan permintaan suplementari servis.

Protokol di dalam U-plane digunakan untuk transfer atau informasi antara aplikasi user, seperti digitized voice dan video, dan data user. Informasi di U-plane mungkin dibawa di antara user secara transparan oleh jaringan atau dimanipulasi (yaitu, A-1 ke konversi μ -law PCM)

Sebagai catatan bahwa tidak perlu semua dari tujuh layer protokol ada pada suatu plane untuk suatu aplikasi. Sebagai contoh, voice call hanya membutuhkan persetujuan pada layer 1 untuk algoritma companding; tidak ada layer protokol lainnya disupply. Aplikasi data sering hanya terdiri dari dua atau tiga layer terbawah, karena fungsi end-to-end disupply oleh host, bukan oleh jaringan.

Fungsi manajemen plane digambarkan seperti traffic manager dan meyakinkan bahwa semua traffic protokol dibawa pada plane yang bersangkutan dan protokol U-plane dibawa melalui medium fisik, dipresentasikan disini sebagai transport plane.

II.PROTOKOL, CHANNELS DAN TITIK REFERENSI

Spesifikasi protokol ISDN memerlukan user-network interface, atau signalling melalui D-channel. Ini bersesuaian dengan C-plane.

Protokol ISDN untuk D-channel ekivalen dengan tiga layer terbawah dari model referensi OSI. Karena protokol-protokol menggambarkan hanya

interface user-network dan bukan komunikasi user-to-user, tidak ada D-channel sebagai bagian dari layer OSI end-to-end.

Tiga layer protokol untuk D-channel adalah sebagai berikut :

- **Layer 1**

Menggambarkan koneksi fisik antara TE dan NT, termasuk konektor, skema pengkodean jalur, framing, dan karakteristik elektrik. Koneksi fisik adalah sinkron, serial, dan full-duplex; mungkin juga point to point (PRI atau BRI) atau point to multipoint (hanya BRI). Channel D dan B membagi jalur fisik menggunakan TDM.

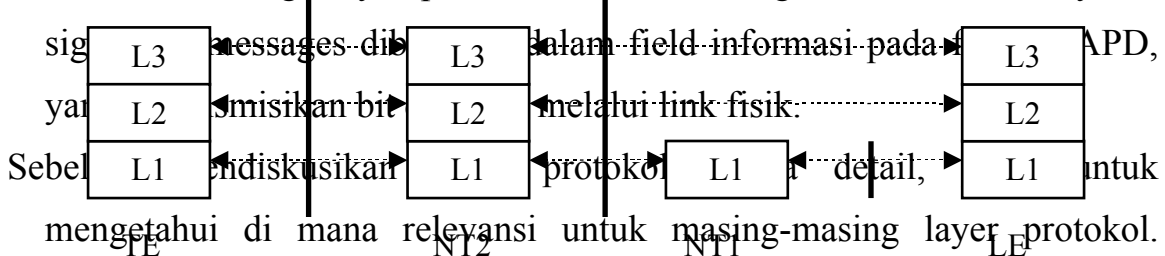
- **Layer 2**

Menggambarkan prosedur untuk meyakinkan komunikasi yang bebas kesalahan melalui link fisik dan mendefinisikan koneksi logika antara user dan jaring. Protokol juga menyediakan aturan untuk multiplexing multiple Tes pada satu channel fisik (multipoint) dalam lingkungan BRI.

- **Layer 3**

Mendefinisikan interface jaringan pengguna dan signalling messages digunakan untuk meminta servis dari jaringan.

Interaksi antara tiga layer protokol konsisten dengan Model OSI. Layer 3



mengetahui di mana relevansi untuk masing-masing layer protokol. Protokol CCITT ISDN menggambarkan D-channel interface jaringan pengguna pada titik referensi S dan T. Layer-layer protokol yang berbeda melihat titik-titik referensi secara berbeda.

Protokol layer 1 ISDN mendefinisikan koneksi fisik antara peralatan terminal ISDN (TE1 atau TA) dan peralatan terminal jaringan (NT2 atau NT1).

Seperti dituliskan sebelumnya, rekomendasi ISDN CCITT tidak menggambarkan koneksi fisik di antara NT1 dan LE karena jalur transmisi diperhitungkan sebagai internal dari jaringan. Pada kasus tertentu, komunikasi NT-LE melalui loop lokal (titik referensi U) merupakan issue pada layer fisik.

Protokol layer 2 dan 3 ISDN mendefinisikan lonk logika dan protokol signaling, masing-masing di antara ISDN TE (TE1 dan TA), customer-premises switching equipment (NT2) dan C.O switch (LE). NT1 menyediakan hanya servis layer 1, dan layer 2 dan layer 3 tranparent untuk NT1.

Penting untuk menekankan bahwa protokol ISDN CCITT spesifik hanya melalui titik S dan T saja pada D-channel. Pengguna harus memilih protokol lain untuk bearer servis dan teleservis pada B-channel. B dan D-channel berperan pada layer fisik yang sama karena B dan D channel adalah time division multiplexed pada jalur fisik yang sama.

III. Kesimpulan

Protokol ISDN pada dasarnya dikategorikan digunakan untuk servis kontrol pengguna (C-plane) dan pertukaran informasi user-to-user (U-plane). Protokol yang berbeda bisa digunakan pada layer berbeda dari stack

protokol untuk fungsi berbeda. Lebih jauh, protokol berbeda akan dipergunakan pada titik referensi protokol berbeda.

ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)

evolusi menuju jaringan B-ISDN

overview

Layanan PASOPATI yang pernah ditawarkan oleh penyedia jasa telekomunikasi di Indonesia beberapa waktu yang lalu ternyata kurang mendapat tanggapan dari pengguna jasa di Indonesia. ISDN berbasis 64 kbps ini (sering disebut sebagai N-ISDN) ternyata hanya dapat memberikan servis berupa (digital) telepon, data, telemetry, (digital) faksimile dan multimedia secara terbatas.

Konsep B-ISDN adalah merupakan ISDN yang mengakomodir service Broadband., sehingga mampu memberikan service terpadu yang berupa : data kecepatan tinggi, video phone, video conferencing, transmisi grafik dengan resolusi tinggi, video on demand dan lain sebagainya.

Asynchronous Transfer Mode (ATM) merupakan model transfer yang digunakan dalam implementasi B-ISDN yang telah distandardisasikan melalui CCITT (ITU) series I. Transfer adalah istilah yang digunakan oleh ITU-T untuk menjelaskan suatu teknik yang digunakan dalam suatu network telekomunikasi yang meliputi aspek=aspek yang terkait dengan switching, multiplexing, dan transmisi.

definisi dasar atm

Pada ATM seluruh informasi yang akan ditransfer akan dibagi menjadi slot-slot dengan ukuran tetap yang disebut cell. Ukuran cell pada ATM adalah 53 octet (1 octet =8 bits) yang terdiri dari :

48 octet untuk field informasi, dan
5 octet untuk header.

ATM memiliki karakteristik umum sebagai berikut :

Pada basis link demi link tidak menggunakan proteksi error dan flow control.

Pada ATM proteksi error dapat diabaikan karena didasarkan saat ini link demi link dalam network memiliki kualitas yang sangat tinggi, sehingga memiliki BER yang sangat kecil. Dan error control cukup dilakukan end to end saja. Flow control juga tidak dilakukan dalam ATM network karena dengan pengaturan alokasi resource dan dimensioning queue yang tepat maka kejadian queue overflow yang menyebabkan packet loss dapat ditekan. Sehingga probabilitas packet loss antara 10^{-8} sampai dengan 10^{-12} dapat dicapai.

ATM beroperasi pada connection oriented mode

Sebelum informasi ditransfer dari terminal ke network, sebuah fase setup logical / virtual connection harus dilakukan untuk menyediakan resource diperlukan. Jika resource tersedia tidak mencukupi maka connection dari terminal akan dibatalkan. Jika fase transfer informasi telah selesai, maka resource yang telah digunakan akan dibebaskan kembali. Dengan menggunakan connection-oriented ini akan memungkinkan network untuk menjamin packet loss yang seminim mungkin.

Pengurangan fungsi header

Untuk menjamin pemrosesan yang cepat dalam network, maka ATM header hanya memiliki fungsi yang sangat terbatas. Fungsi utama dari header adalah untuk identifikasi virtual connection (virtual connection identifier =VCI) yang dipilih pada saat dilakukan call setup dan menjamin routing yang tepat untuk setiap paket didalam network serta memungkinkan multiplexing dari virtual connection – virtual connection berbeda melalui satu link tunggal.

Selain fungsi VCI, sejumlah fungsi lain yang sangat terbatas juga dilakukan oleh header, terutama terkait dengan fungsi pemeliharaan. Karena fungsi header diatasi, maka implementasi header processing dalam ATM node sangat mudah / sederhana dan dapat dilakukan pada kecepatan yang sangat tinggi (150 Mbps sampai 2.5 Gbps) dan hal ini akan menyebabkan processing delay dan queuing delay yang rendah.

Panjang field informasi dalam satu cell relatif kecil

Hal ini dilakukan untuk mengurangi ukuran buffer internal dalam switching node, dan untuk membatasi queuing delay yang terjadi pada buffer tersebut. Buffer yang kecil akan menjamin delay dan delay jitter rendah, hal ini diperlukan untuk keperluan service-service real time.

terminology cell

Istilah cell digunakan untuk definisi dalam ATM Layer maupun didalam Physical layer. Pengertian cell menurut rekomendasi ITU-T I.113 adalah :

cell merupakan suatu blok dengan panjang yang tetap (fixed length) dan diidentifikasi dengan suatu label pada ATM layer dari BISDN PRM.

Berikut diberikan definisi untuk jenis cell yang berbeda sesuai dengan rekomendasi ITU-T I.321:

- Idle Cell (physical layer), merupakan yang disisipkan / dipisahkan oleh physical layer untuk mengadaptasi cell flow rate pada daerah batas (boundary) diantara ATM layer dan physical layer ke kapasitas payload yang ada dari sistem transmisi yang digunakan
- Valid Cell (physical layer), suatu cell yang mana bagian headernya tidak memiliki error atau belum dimodifikasi oleh proses verifikasi Header Error Control (HEC)
- Assigned Cell (ATM layer), cell yang menyediakan suatu service ke satu aplikasi dengan menggunakan ATM layer service.
- Unassigned Cell (ATM layer), merupakan ATM layer cell yang bukan assign cell.

Hanya assigned cell dan unassigned cell saja yang diteruskan dari physical layer ke ATM layer, sedangkan cell yang lainnya tidak membawa informasi yang terkait dengan ATM layer atau layer yang lebih tinggi lagi dan cell ini hanya akan diproses oleh physical layer saja.

standar atm

Saat ini ada dua badan menangani standardisasi ATM yaitu:

1. CCITT /ITU-T dan
2. ATM Forum.

ITU-T lebih berkonsentrasi pada standardisasi ATM untuk public B-ISDN network. Definisi ATM secara detail telah difinalisasi oleh ITU-T SGXVIII. ITU-T telah menerbitkan beberapa rekomendasi yang terkait dengan ATM sebagai berikut:

- I.113 Vocabulary of Terms for Broadband Aspects of ISDN
- I.121 Broadband Aspect of ISDN
- I.150 BISDN ATM Functional Characteristic
- I.211 BISDN Service Aspect
- I.311 BISDN General Network Aspect
- I.321 BISDN Protocol Reference Model and Its Application
- I.327 BISDN Network Functional Architecture
- I.361 BISDN ATM Layer Specification
- I.362 BISDN ATM Adaptation Layer (AAL) Functional Description
- I.363 BISDN AAL Specification
- I.364 Support of Broadband Connectionless Data Service on BISDN
- I.371 Traffic and Congestion Control in BISDN
- I.413 BISDN User Network Interface
- I.414 Overview of Recommendations on Layer 1 for ISDN and BISDN Customer Accesses
- I.432 BISDN User-Network Interface –Physical Layer Specification
- I.610 OAM Principles of BISDN Access

Pada tahun 1991, sejumlah vendor CPE (Customer Premises Equipment), vendor Public Equipment, Operator Telekomunikasi, dan pemakai ATM membentuk ATM Forum yang bertujuan untuk mempercepat pengembangan dan implementasi produk-produk dan services ATM di lingkungan private. ATM Forum lebih berkonsentrasi dalam menentukan spesifikasi ATM CPE dan ATM Private Switching yang antara lain telah berhasil menerbitkan :

- Private User-Network Interface : antara ATM User dengan Private ATM Switch
- Public User-Network Interface : antara ATM User dengan Public ATM Switch.

Selain itu, ATM Forum juga memproses spesifikasi ATM di area operasi, signalling, NNI, kontrol kongesti, manajemen trafik, aplikasi dan Adaptation Layer yang baru.

model protokol bisdn untuk atm

Pada sistem telekomunikasi modern, model OSI telah digunakan untuk menjelaskan organisasi dari seluruh fungsi-fungsi komunikasi dengan pendekatan layer (layer approach). Fungsi –fungsi dari layer dan hubungan layer satu dengan lainnya dijelaskan dalam suatu Protocol Reference Model (PRM).

Penjelasan PRM untuk BISDN dijelaskan pada rekomendasi ITU-T I.321. BISDN PRM terdiri dari tiga plane, yaitu :

1. User Plane
2. Control Plane
3. Management Plane

Management plane meliputi dua jenis fungsi yaitu :

- Fungsi layer management
- Fungsi plane management

Seluruh fungsi manajemen yang terkait dengan keseluruhan sistem akan ditempatkan dalam plane management yang bertanggung jawab untuk menyediakan koordinasi diantara seluruh plane yang ada. Pada plane ini tidak digunakan struktur layer (layered structure).

Pada layer management digunakan struktur layer. Layer management melakukan fungsi-fungsi manajemen yang terkait dengan resources dan parameter-parameter yang ada dalam protocol entity (misalkan : meta signalling). Layer management menangani aliran informasi OAM (Operation and Maintenance) yang spesifik untuk setiap layer.

User Plane menyediakan fungsi pengiriman/transfer informasi user, dan meliputi seluruh mekanisme yang terkait transfer informasi misalnya flow control dan error recovery. Didalam user plane digunakan pendekatan layer.

Control Plane bertanggung jawab terhadap fungsi-fungsi call control dan connection control yang mana fungsi-fungsi ini merupakan seluruh fungsi signalling yang sangat penting dalam melakukan connection / call setup, connection / call supervise, dan connection/ call release. Didalam control plane juga digunakan pendekatan layer.

Fungsi-fungsi bit timing dalam PM sublayer adalah membangkitkan dan rekonstruksi bit timing yang cocok dengan media yang digunakan, penyisipan dan pemisahan informasi bit timing, dan fungsi line coding jika dibutuhkan.

Transmission Convergence (TC) Sublayer:

TC sublayer melakukan lima fungsi, yaitu:

1. Membangkitkan dan melakukan recovery frame transmisi
2. Melakukan adaptasi terhadap cell flow sesuai dengan struktur payload dari sistem transmisi yang digunakan pada arah kirim dan pemisahan cell flow dari frame transmisi dilakukan pada arah sebaliknya. Frame transmisi yang digunakan dapat memanfaatkan sistem transmisi :
 - SDH (Synchronous Digital Hierarchy) sesuai dengan G.709, atau
 - PDH (Plesiochronuous Digital Hierarchy) sesuai dengan G.703, atau
 - Berbasis cell

Cell-cell tersebut ditempatkan dalam sistem transmisi dengan mengacu pada metode mapping yang telah distandardisasi. Sebagai tambahan, ATM Forum juga menambahkan FDDI (Fiber Distributed Data Interface) sebagai option untuk user-network interface.

3. Melakukan suatu mekanisme yang memungkinkan receiver untuk memulihkan kembali (recover) batas –batas cell (cell boundaries).
4. Membangkitkan HEC Sequence yang dilakukan pada arah kirim. HEC Sequence disisipkan dalam salah satu field pada header ATM cell. Pada sisi terima, nilai HEC dihitung kembali dan dibandingkan dengan nilai yang diterima, jika memungkinkan maka error pada header akan dapat dikoreksi.
5. Melakukan mekanisme pada arah kirim dengan menyisipkan idle cell untuk mengadaptasi rate dari ATM cell ke kapasitas payload dari sistem transmisi. Pada arah terima fungsi cell rate decoupling akan menghilangkan seluruh idle cell yang ada sehingga hanya assigned cell dan unassigned cell saja yang diteruskan ke ATM layer.

atm layer

ATM layer merupakan layer diatas physical layer yang memiliki karakteristik yang independent terhadap media fisik yang digunakan. ATM layer melakukan fungsi-fungsi utama sebagai berikut:

Cell multiplexing/demultiplexing, pada arah kirim cell-cell dari VP (Virtual Path) dan VC (Virtual Channel) individual akan dimultiplexing menghasilkan suatu cell stream. Pada sisi terima fungsi cell demultiplexing akan memisahkan cell stream yang diterima menjadi cell flow individual ke VP dan VC terkait.

Translasi VPI dan VCI. Translasi VPI (VP Identifier) dan VCI dilakukan di ATM switching node. Didalam VP node nilai dari VPI field dari setiap incoming cell akan ditranslasikan ke nilai VPI yang baru untuk outgoing cell. Pada VC switch baik nilai VPI maupun VCI akan ditranslasikan ke nilai VPI dan VCI yang baru.

Pembangkitan / pemisahan cell header, fungsi ini diterapkan pada titik-titik terminasi dari ATM layer. Pada arah kirim, pada field informasi yang telah diterima dari AAL ditambahkan ATM cell header (kecuali field HEC) dan nilai VPI serta VCI dari cell header dapat diperoleh dengan melakukan translasi dari SAP (Service Access Point) identifier. Pada arah terima, fungsi pemisahan cell header akan memisahkan cell header , dan hanya field informasi saja yang diteruskan ke AAL.

Generic Flow Control (GFC). Fungsi GFC hanya digunakan pada BISDN UNI (User Network Interface) saja. GFC digunakan untuk mendukung kontrol dari ATM traffic flow dalam satu customer network dan dapat digunakan untuk mengurangi kondisi-kondisi overload pada UNI. Informasi GFC ditumpangkan dalam assigned cell dan unassigned cell.

Agar lebih jelasnya, berikut ini akan dibahas struktur cell dalam ATM layer.

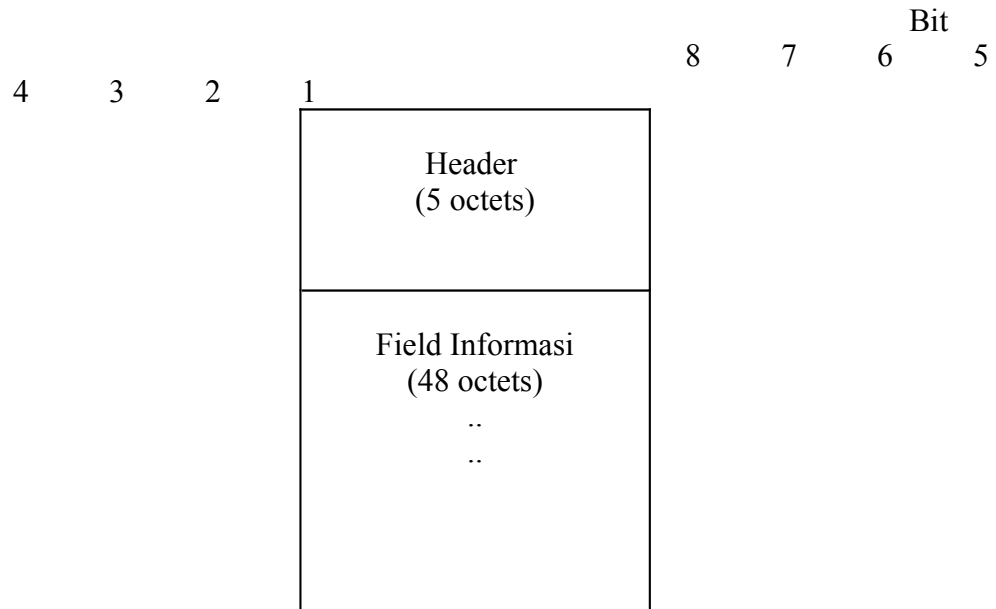
Struktur Cell ATM Layer

Cell merupakan elemen dasar dari ATM layer. Cell terdiri dari:

5 octet header, dan

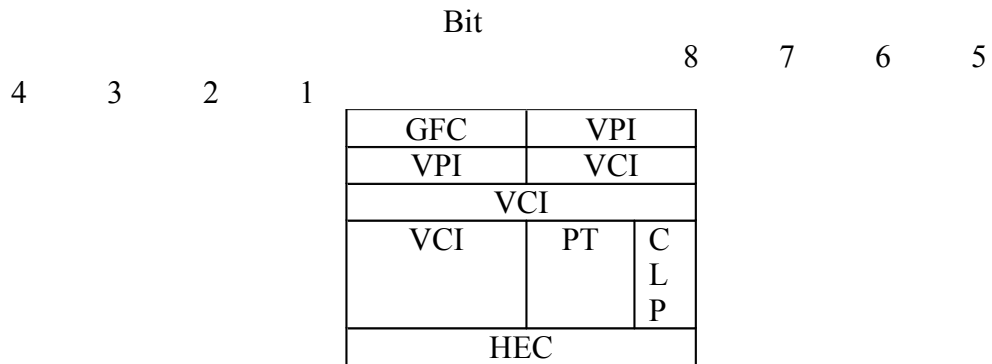
48 octet field informasi

Struktur ATM cell diperlihatkan pada gambar berikut:



Cell Header

Pada ATM cell terdapat dua header yaitu cell header pada BISDN UNI dan cell header pada BISDN NNI. Pada gambar berikut akan diperlihatkan cell header yang digunakan pada masing-masing interface tersebut.



Cell header Pada BISDN NNI

A	: bit yang disediakan untuk digunakan oleh ATM layer
B	: bit yang diset ke "0" oleh originating entity, tetapi network mungkin dapat mengubah nilai tersebut
C	: bit yang menunjukkan telah terjadi kongesti
L	: cell loss priority bit
U	: ATM layer user to ATM layer user indication bit
X	: semua nilai VPI, untuk VPI =0 maka nilai VCI valid untuk signalling dengan switching lokal
Y	: semua nilai VPI yang mungkin
Z	: semua nilai VCI kecuali 0
V	: semua nilai VCI diatas 0015 H

Penjelasan untuk setiap jenis cell yang terdapat pada tabel diatas adalah sebagai berikut:

Meta signalling cell digunakan untuk negosiasi pada signalling VCI dan signalling resources

General broadcast signalling cell membawa informasi yang akan dibroadcastkan ke seluruh terminal pada satu UNI

Point-to-point signalling cell digunakan untuk signalling pada satu UNI atau NNI yang memiliki konfigurasi point-point pada ATM layer

Segment F4 flow dan end-to-end F4 flow dikodekan dengan VCI 0003H dan VCI 0004H dalam virtual path untuk membawa informasi OAM

Segment F5 flow dan end-to-end F5 flow dikodekan dengan PTI 4H dan 5H dalam virtual container untuk membawa informasi OAM

Nilai 6H dari PTI dicadangkan untuk resource management pada virtual channel.

atm adaptation layer (AAL)

AAL terdapat diantara ATM layer dan higher layer. Fungsi dasar dari AAL adalah untuk memperkaya service yang disediakan oleh ATM layer sehingga dapat memenuhi level yang diminta oleh higher layer.

Fungsi-fungsi yang dilakukan didalam AAL bergantung pada permintaan / keperluan dari higher layer. Fungsi AAL dibagi menjadi dua sublayer yaitu:

1. Segmentation & Reassembly (SAR) sublayer, dan
2. Convergence sublayer (CS)

Fungsi utama dari SAR adalah melakukan segmentasi dari informasi higher layer ke suatu ukuran yang cocok untuk payload dari ATM cell (48 octet) dari suatu virtual connection. Pada operasi sebaliknya SAR melakukan perakitan kembali (reassembly) pada isi dari cell-cell dari suatu virtual connection menjadi unit-unit data yang akan diteruskan ke higher layer.

CS melakukan fungsi-fungsi seperti identifikasi pesan (message identification), time/lock recovery, dan yanglainnya. Untuk beberapa jenis AAL, CS juga mendukung transport data melalui ATM. Untuk itu CS dibagi lagi menjadi:

Common Part CS (CPCS) dan

Service Specific CS (SSCS).

Untuk beberapa aplikasi yang cukup hanya menggunakan ATM service saja maka tidak diperlukan SAR dan CS, sehingga protocol AAL dalam hal ini akan kosong.

AAL Service Data Unit (SDU) dikirimkan dari satu AAL-SAP ke AAL-SAP yang lainnya melalui ATM network. Pemakai AAL akan memiliki kemampuan untuk memilih AAL yang sesuai dengan QOS (Quality Of Service) yang diperlukan untuk mengirimkan AAL-SDU.

Untuk menentukan spesifikasi kelas tersebut maka service dikelompokkan menurut tiga parameter dasar, yaitu:

1. Relasi waktu antara sumber (source) dan tujuan (dest.) dan biasa disebut real time service
2. Bit rate : CBR dan VBR.
3. Connection mode: connection oriented dan connectionless oriented.

Dan pengelompokan kelas yang telah didefinisikan sampai saat ini adalah :

Kelas A, dengan karakteristik sbb:

- real time service
- CBR
- Connection oriented service

Kelas B, dengan karakteristik sbb:

- real time service
- VBR
- Connection oriented service

Kelas C, dengan karakteristik sbb:

- tidak ada relasi waktu antar source dengan dest.
- VBR
- Connection oriented service

Kelas D, dengan karakteristik sbb:

- tidak ada relasi waktu antar source dengan dest.
- VBR
- Connectionless oriented service

Hingga saat ini ITU-T telah mendefinisikan 4 AAL yaitu:

AAL 1, adaptasi untuk Constant Bit Rate (CBR) service (kelas A)

AAL 2, adaptasi untuk Variable Bit Rate (VBR) service (kelas B)

AAL 3, adaptasi untuk connection oriented data service, dan

AAL 4, adaptasi untuk connectionless oriented data service.

Selain keempat AAL tersebut, ATM Forum telah mendefinisikan satu AAL lagi yang disebut AAL 5. AAL 5 digunakan untuk adaptasi transfer data kecepatan tinggi. AAL 5 sedang distandardisasi oleh ITU-T (misalnya untuk keperluan frame relay).

Issue-issue yang menarik untuk disimal antar lain:

ATM LAN

IP pada ATM LAN, bisa disimak pada IEEE Comm. Magazine August 1994.

Data Link Control

Pembahasan kita kali ini mengenai pengiriman sinyal melewati sebuah saluran transmisi, agar komunikasi dapat efektif banyak hal tentang pengendalian dan manajemen pertukaran yang harus diperhatikan. Data link control ini bekerja di lapisan ke dua pada model referensi OSI.

Beberapa hal yang diperlukan untuk mengefektifkan komunikasi data antara dua stasiun transmiter dan receiver adalah:

- Sinkronisasi frame, data yang dikirimkan dalam bentuk blok disebut frame. Awal dan akhir suatu frame harus teridentifikasi dengan jelas.
- Menggunakan salah satu dari konfigurasi saluran, akan dibahas pada bab selanjutnya.
- Kendali Aliran, stasiun pengirim harus tidak mengirimkan frame sebelum memastikan bahwa data yang dikirimkan sebelumnya telah sampai.
- Kendali kesalahan, bit-bit kesalahan yang ditunjukkan oleh sistem transmisi harus benar.
- Pengalamat, pada sebuah saluran multipoint, identitas dari dua buah stasiun dalam sebuah transmisi harus dikenali.
- Kendali dan data dalam beberapa saluran, biasanya tidak diperlukan sinyal kontrol dalam sistem komunikasi yang terpisah, maka penerima harus dapat membedakan informasi kendali dari data yang dikirimkan.
- Manajemen hubungan, inisiasi, perbaikan, akhir dari suatu data exchange memerlukan beberapa koordinasi dan kerja sama antar stasiun.

3.1 Konfigurasi Saluran

Tiga karakteristik yang membedakan macam-macam konfigurasi saluran adalah topologi, dupleksitas, dan disiplin saluran.

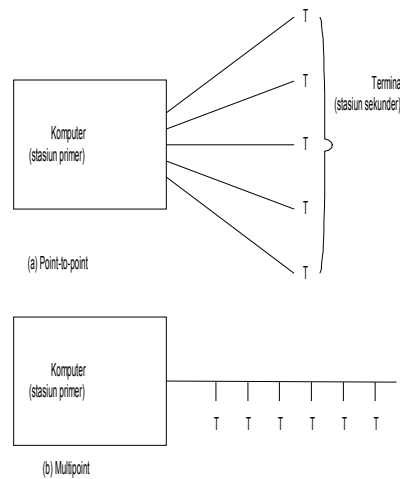
3.1.1 Topologi dan dupleksitas.

Topologi dari sebuah hubungan data berkenaan dengan susunan fisik dari sebuah stasiun pada sebuah hubungan. Jika hanya terdapat dua buah stasiun maka hubungan yang dapat dibangun diantara keduanya adalah point-to-point. Jika terdapat lebih dari dua stasiun, maka harus digunakan topologi multipoint. Dahulu, sebuah hubungan multipoint digunakan pada suatu kasus hubungan antara sebuah komputer (stasiun primer) dan satu set terminal (stasiun sekunder), tetapi sekarang untuk versi yang lebih kompleks topologi multipoint digunakan pada jaringan lokal.

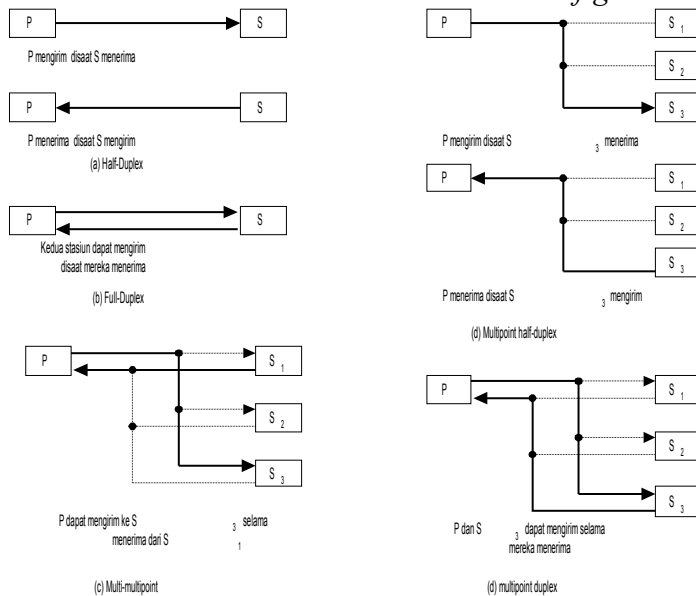
Saluran multipoint tradisional memungkinkan dibuat ketika sebuah terminal hanya mengirim pada satu saat. Gambar 3.1 menunjukkan keuntungan dari konfigurasi multipoint. Jika tiap-tiap komputer memiliki hubungan point-to-point ke suatu komputer jadi komputer harus mempunyai sebuah I/O port untuk masing-masing terminal.

Jadi terdapat sebuah saluran transmisi yang terpisah dari komputer ke masing-masing terminal. Di dalam sebuah konfigurasi multipoint, komputer memerlukan hanya sebuah I/O port, hanya sebuah saluran transmisi yang diperlukan.

Dupleksitas dari sebuah hubungan berkenaan dengan arah dan waktu aliran sinyal. Dalam transmisi simpleks, aliran sinyal selalu dalam satu arah. Sebagai contoh, sebuah perangkat input hanya dapat mentransmisikan, dan tidak pernah menerima. Sebuah perangkat output misalnya sebuah printer atau aktuator dapat dikonfigurasi hanya sebagai penerima. Simpleks tidak lazim digunakan karena dia tidak mungkin mengirim ulang kesalahan atau sinyal kontrol ke sumber data. Simpleks identik dengan satu jalan ada satu lintasan.



Gambar 3.1 Konfigurasi terminal.



Gambar 3.2 Hubungan konfigurasi saluran

Sebuah hubungan half-dupleks dapat mengirim dan menerima tetapi tidak simultan. Mode ini seperti dua lintasan alternatif, dua stasiun dalam sebuah hubungan half-dupleks harus bergantian dalam mentransmisikan sesuatu. Hal ini dentik dengan satu

jalan ada dua lintasan. Dalam sebuah hubungan full-dupleks, dua buah stasiun dapat mengirim dan menerima secara simultan data dari yang satu ke yang lain. Sehingga pada mode ini dikenal sebagai dua lintasan simultan, dan mungkin sebanding dengan dua jalan ada dua lintasan.

Sejumlah kombinasi dari topologi dan dupleksitas yang mungkin terjadi dapat dilihat pada gambar 3.2 yang melukiskan sebagian keadaan konfigurasi. Gambar selalu menunjukkan sebuah stasiun primer (P) tunggal dan lebih dari satu stasiun sekunder (S). Untuk hubungan point-to-point, dua kemungkinan dapat dijelaskan. Untuk hubungan multipoint, tiga konfigurasi mungkin terjadi:

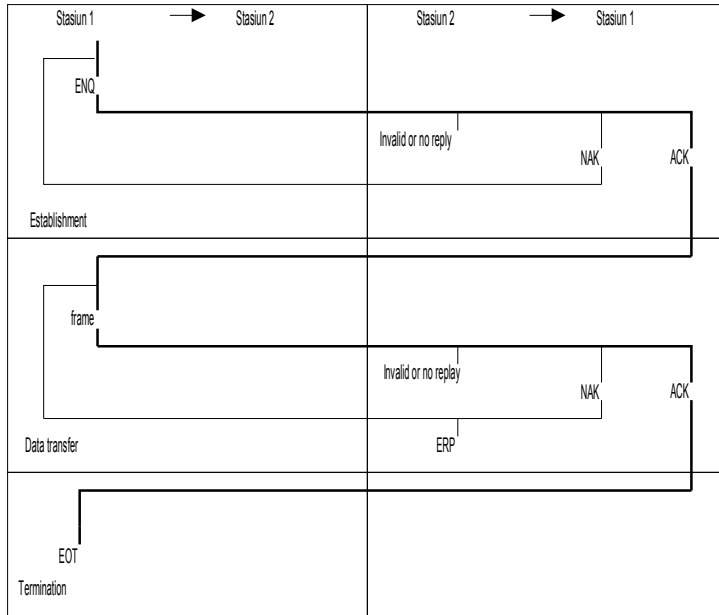
- Primary full-duplex, secondaries half-duplex (multi-multipoint).
- Both primary and secondaries half-duplex (multipoint half-duplex).
- Both primary and secondaries full-duplex (multipoint duplex).

3.1.2 Disiplin saluran

Beberapa disiplin diperlukan dalam menggunakan sebuah hubungan transmisi. Pada sebuah hubungan half-duplex, hanya sebuah stasiun pada suatu waktu yang harus mengirim. Pada kasus yang lain, hubungan half atau full-duplex, sebuah stasiun hanya dapat mengirim jika dia tahu bahwa di sisi penerima telah siap untuk menerima.

Hubungan point-to-point.

Disiplin saluran adalah sederhana dengan sebuah hubungan point-to-point. Marilah pertimbangkan pertama-tama sebuah hubungan half-duplex dalam masing-masing stasiun telah siap menerima perubahan. Sebuah contoh perubahan dilukiskan pada gambar 3.3. Jika masing-masing stasiun menginginkan untuk mengirimkan data ke yang lain, yang pertama dilakukan adalah mengetahui apakah stasiun tujuan telah siap untuk menerima. Stasiun kedua menjawab dengan sebuah positive acknowledge (ack) untuk mengindikasikan bahwa dia telah siap. Stasiun pertama kemudian mengirim beberapa data yang telah dibentuk dalam frame. Pada komunikasi asinkron data akan dikirim seperti sebuah deretan karakter asinkron. Dalam beberapa kasus, setelah beberapa quantum data dikirimkan, stasiun pertama berhenti untuk menunggu jawaban. Stasiun kedua menjawab keberhasilan menerima data dengan ack. Stasiun pertama kemudian mengirim akhir dari transmisi (eot) yang mengakhiri komunikasi dan kembali ke keadaan awal.



Gambar 3.3 Hubungan kendali point-to-point

Beberapa ciri tambahan ditambahkan pada gambar 3.3 untuk melengkapi proses transmisi dengan kontrol kesalahan. Sebuah negative acknowledgement (nak) digunakan untuk menandakan bahwa sebuah stasiun belum siap menerima atau data diterima dalam keadaan error. Sebuah stasiun mungkin mengabaikan jawan atau menjawab dengan pesan yang cacat. Hasil dari kondisi ini ditunjukkan oleh garis kecil di dalam gambar, garis tebal menandakan keadaan komunikasi yang normal. Jika sebuah keadaan tak diinginkan terjadi, seperti sebuah nak atau invalid reply, sebuah stasiun mungkin mengulang untuk memberikan aksi terakhir atau mungkin mengadakan beberapa prosedur penemuan kembali kesalahan (erp).

Terdapat tiga phase penting dalam prosedur pengontrolan komunikasi ini:

- Establishment, keputusan yang menentukan stasiun yang mana harus mengirim dan stasiun yang mana harus siap-siap untuk menerima.
- Data Transfer, data ditransfer dalam satu atau lebih blok pengiriman.
- Termination pemberhentian hubungan secara logika. (hubungan transmitter-receiver).

Hubungan Multipoint

Pilihan dari disiplin saluran untuk hubungan multipoint tergantung pada penentuan ada-tidaknya stasiun primer. Ketika terdapat sebuah stasiun primer, data hanya akan ditukar antara stasiun primer dan stasiun sekunder, bukan antara sesama stasiun sekunder. Sebagian besar disiplin bersama menggunakan situasi ini, yaitu semua perbedaan dari sebuah skema dikenal sebagai poll dan select.

- Poll, stasiun primer meminta data dari stasiun sekunder.

- Selselect, stasiun primer memiliki data untuk dikirim dan diberitahukan ke stasiun sekunder bahwa data sedang datang.

Gambar 3.4 menunjukkan konsep ini, dimana stasiun primer poll ke stasiun sekunder dengan mengirim sebuah pesan singkat. Pada kasus ini, stasiun sekunder tidak mengirim dan menjawab dengan beberapa pesan nak. Waktu keseluruhan untuk urutan ini ditunjukkan dengan

$$T_N = t_{prop} + t_{poll} + t_{proc} + t_{nak} + t_{prop}$$

dimana :

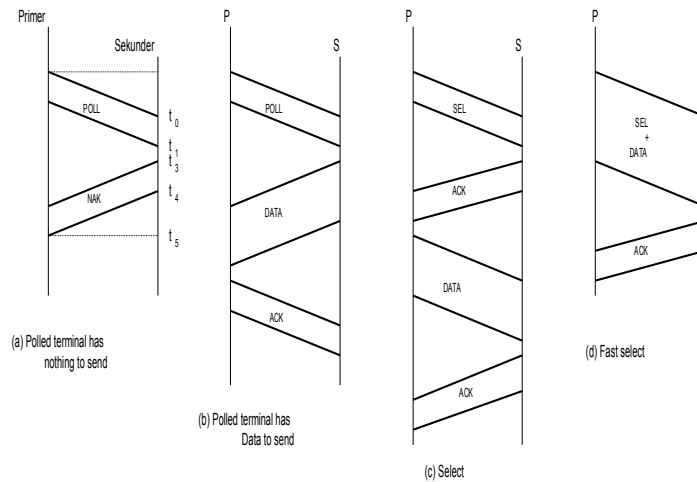
T_N : total waktu untuk poll tanpa mengirim

t_{prop} : waktu propagasi = $t_1 - t_0 = t_5 - t_4$

t_{poll} : waktu untuk mengirim poll = $t_2 - t_1$

t_{proc} : waktu untuk proses poll sebelum menerima jawaban
= $t_3 - t_2$

t_{nak} : waktu untuk mengirim sebuah negative acknowledgment
= $t_4 - t_3$



Gambar 3.4 Poll and select sequences

Gambar 3.4 juga menjelaskan kasus dari sebuah keberhasilan poll, waktu yang dibutuhkan adalah:

$$T_P = 3t_{prop} + t_{poll} + t_{ack} + t_{data} + 2t_{proc}$$

$$T_P = T_N + t_{prop} + t_{data} + t_{proc}$$

disini kita asumsikan waktu proses untuk menjawab beberapa pesan adalah konstan.

Sebagian besar bentuk polling bersama disebut roll-call polling, yang mana stasiun primer menyeleksi masing-masing poll dari stasiun sekunder dalam sebuah urutan pra penentuan. Dalam kasus sederhana, stasiun primer poll ke tiap-tiap stasiun sekunder dalam urutan round robin $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$, sampai semua stasiun sekunder dan mengulang urutan. Waktu yang diperlukan dapat diekspersikan sebagai:

$$T_c = nT_N + kT_D$$

dimana

T_c : waktu untuk satu siklus polling lengkap

T_N : waktu rata-rata untuk poll sebuah stasiun sekunder dari data transfer

T_D : waktu transfer data

n : jumlah stasiun sekunder

k : jumlah stasiun sekundert dengan data untuk dikirim selama siklus.

Fungsi penyeleksian ditunjukkan pada gambar 3.4c Terlihat bahwa empat transmisi terpisah menerima transfer data dari stasiun primer ke stasiun sekunder. Sebuah teknik alternatif disebut fast select. pada kasus ini penyeleksian pesan termasuk data ditransfer (gambar 3.4d). Pertama kali mengganti dari stasiun sekunder sebuah acknowledgement yang mengindikasikan bahwa stasiun telah dipersiapkan untuk menerima dan telah menerima data dengan sukses. Pemilihan cepat adalah teristimewa cocok untuk aplikasi dimana pesan pendek sering dikirimkan dan waktu transfer untuk pesan tidak cukup lama dibanding waktu reply.

Penggunaan dari roll-call polling untuk konfigurasi lain adalah mudah dijelaskan. Pada kasus multi-multipoint (gambar 3.2c), stasiun primer dapat mengirim sebuah poll ke salah satu stasiun sekunder pada waktu yang samadia menerima sebuah pesan kontrol atau data dari yang lain. Untuk multipoint duplex stasiun primer dapat digunakan dalam komunikasi full duplex dengan beberapa stasiun sekunder.

Sebuah karakteristik dari semua saluran disiplin multipoint adalah membutuhkan pengalamatan. Dalam kasus roll call polling pengiriman dari sebuah stasiun sekunder harus diidentifikasi. Pada sebuah situasi, kedua pengirim dan penerima harus diidentifikasi. Terdapat tiga keadaan, yaitu:

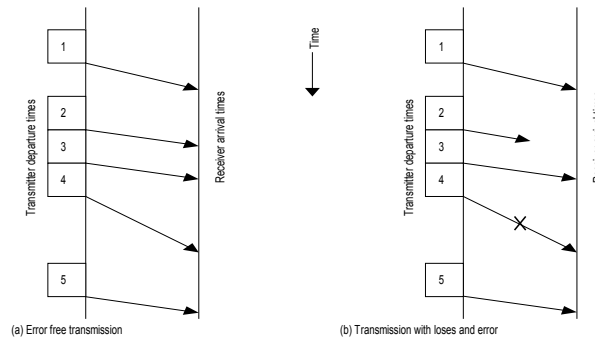
- point-to-point : tidak memerlukan pengalamatan
- primary-secondary multipoint : sebuah alamat diperlukan untuk mengidentifikasi stasiun sekunder.
- peer multipoint : diperlukan dua alamat, untuk mengiden-tifikasi pengirim dan penerima.

3.2 Kontrol Aliran

Flow control adalah suatu teknik untuk menjamin bahwa sebuah stasiun pengirim tidak membanjiri stasiun penerima dengan data. Stasiun penerima secara khas akan menyediakan suatu buffer data dengan panjang tertentu. Ketika data diterima, dia harus mengerjakan beberapa poses sebelum dia dapat membersihkan buffer dan mempersiapkan penerimaan data berikutnya.

Bentuk sederhana dari kontrol aliran dikenal sebagai stop and wait, dia bekerja sebagai berikut. Penerima mengindikasikan bahwa dia siap untuk menerima data dengan mengirim sebuah poll atau menjawab dengan select. Pengirim kemudian mengirimkan data.

Flow control ini diatur/dikelola oleh Data Link Control (DLC) atau biasa disebut sebagai Line Protocol sehingga pengiriman maupun penerimaan ribuan message dapat terjadi dalam kurun waktu sesingkat mungkin. DLC harus memindahkan data dalam lalu lintas yang efisien. Jalur komunikasi harus digunakan sedatar mungkin, sehingga tidak ada stasiun yang berada dalam keadaan idle sementara stasiun yang lain saturasi dengan lalu lintas yang berlebihan. Jadi flow control merupakan bagian yang sangat kritis dari suatu jaringan. Berikut ini ditampilkan time diagram Flow control saat komunikasi terjadi pada kondisi tanpa error dan ada error.



Gambar 3.5 Diagram waktu flow control saat transmisi tanpa kesalahan (a) dan saat terjadi kehilangan paket dan terjadi kesalahan (b)

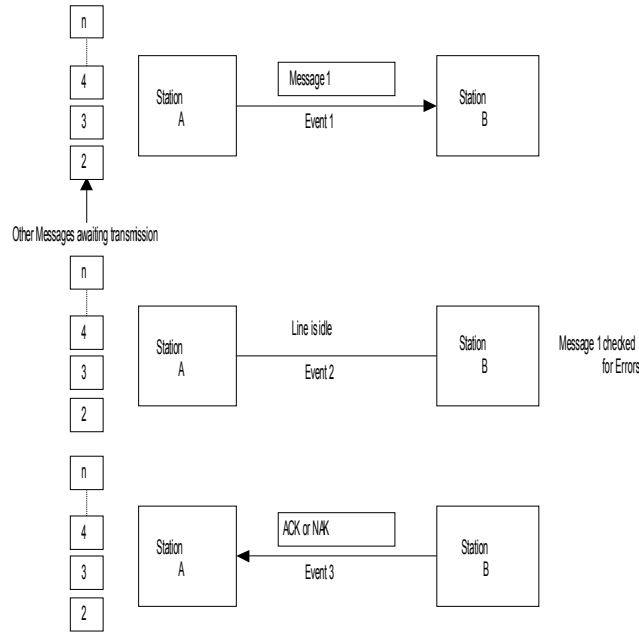
Mekanisme Flow control yang sudah umum digunakan adalah Stop and Wait dan Sliding window, berikut ini akan dijelaskan kedua mekanisme tersebut.

3.2.1 Stop and wait

Protokol ini memiliki karakteristik dimana sebuah pengirim mengirimkan sebuah frame dan kemudian menunggu *acknowledgment* sebelum memprosesnya lebih lanjut. Mekanisme *stop and wait* dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar 3.6, dimana DLC mengizinkan sebuah message untuk ditransmisikan (event 1), pengujian terhadap terjadinya error dilakukan dengan teknik seperti VCR (*Vertical Redundancy Check*) atau LRC (*Longitudinal Redundancy Check*) terjadi pada even 2 dan pada saat yang tepat sebuah ACK atau NAK dikirimkan kembali untuk ke stasiun pengirim (event 3). Tidak ada messages lain yang dapat ditransmisikan selama stasiun penerima mengirimkan kembali sebuah jawaban. Jadi istilah *stop and wait* diperoleh dari proses pengiriman message oleh stasiun pengirim, menghentikan transmisi berikutnya, dan menunggu jawaban.

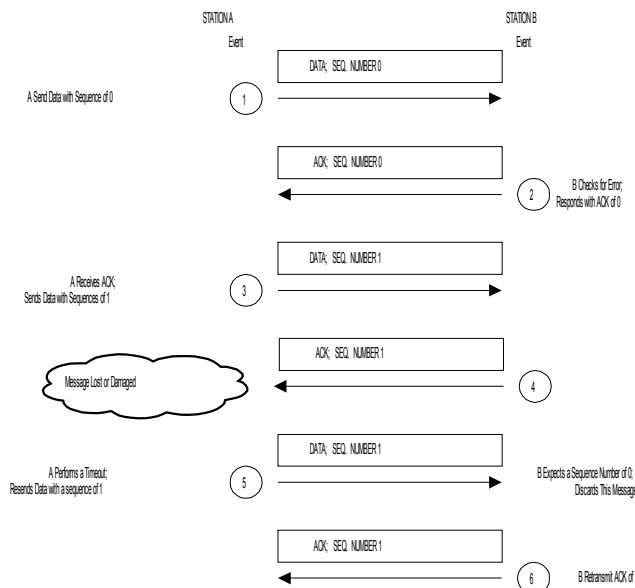
Pendekatan *stop and wait* adalah sesuai untuk susunan transmisi *half duplex*, karena dia menyediakan untuk transmisi data dalam dua arah, tetapi hanya dalam satu arah setiap saat. Kekurangan yang terbesar adalah disaat jalur tidak jalan sebagai akibat dari stasiun yang dalam keadaan menunggu, sehingga kebanyakan DLC *stop and wait* sekarang menyediakan lebih dari satu terminal yang on line. Terminal-terminal tetap beroperasi dalam susunan yang sederhana. Stasiun pertama atau host sebagai penanggung jawab untuk peletakkan message diantara terminal-terminal (biasanya melalui sebuah terminal pengontrol yang berada di depannya) dan akses pengontrolan untuk hubungan komunikasi.

Urutan sederhana ditunjukkan pada gambar 3.6 dan menjadi masalah yang serius ketika ACK atau NAK hilang dalam jaringan atau dalam jalur. Jika ACK pada event 3 hilang, setelah habis batas waktunya stasiun master mengirim ulang message yang sama untuk kedua kalinya. Transmisi yang berlebihan mungkin terjadi dan menciptakan sebuah duplikasi record pada tempat kedua dari file data pengguna. Akibatnya, DLC harus mengadakan suatu cara untuk mengidentifikasi dan mengurutkan message yang dikirimkan dengan berdasarkan pada ACK atau NAK sehingga harus dimiliki suatu metoda untuk mengecek duplikat message.



Gambar 3.6 Stop and wait data link control

Pada gambar 3.7 ditunjukkan bagaimana urutan pendeteksian duplikasi message bekerja, pada event 1 stasiun pengirim mengirimkan sebuah message dengan urutan 0 pada headernya. Stasiun penerima menjawab dengan sebuah ACK dan sebuah nomor urutan 0 (event 2). Pengirim menerima ACK, memeriksa nomor urutan 0 di headernya, mengubah nomor urutan menjadi 1 dan mengirimkan message berikutnya (event 3).



Gambar 3.7 Stop-and-wait alternating sequence

Stasiun penerima mendapatkan message dengan ACK 1 di event 4. Akan tetapi message ini diterima dalam keadaan rusak atau hilang pada jalan. Stasiun pengirim mengenali bahwa message di event 3 tidak dikenali. Setelah batas waktu terlampaui (*timeout*) stasiun pengirim mengirim ulang message ini (event 5). Stasiun penerima mencari sebuah message dengan nomor urutan 0. Dia membuang message, sejak itu dia adalah sebuah duplikat dari message yang dikirim pada event 3. Untuk melengkapi pertang-gung-jawaban, stasiun penerima mengirim ulang ACK 1 (event 6).

Efek delay propagasi dan kecepatan transmisi

Kita akan menentukan efisiensi maksimum dari sebuah jalur *point-to-point* menggunakan skema *stop and wait*. Total waktu yang diperlukan untuk mengirim data adalah :

$$T_d = T_I + nT_F$$

dimana T_I = waktu untuk menginisiasi urutan = $t_{prop} + t_{poll} + t_{proc}$

T_F = waktu untuk mengirim satu frame

$$T_F = t_{prop} + t_{frame} + t_{proc} + t_{prop} + t_{ack} + t_{proc}$$

t_{prop} = waktu propagasi

t_{frame} = waktu pengiriman

t_{ack} = waktu balasan

Untuk menyederhanakan persamaan di atas, kita dapat mengabaikan term. Misalnya, untuk sepanjang urutan frame, T_I relatif kecil sehingga dapat diabaikan. Kita asumsikan bahwa waktu proses antara pengiriman dan penerimaan diabaikan dan waktu balasan frame adalah sangat kecil, sehingga kita dapat mengekspresikan T_D sebagai berikut:

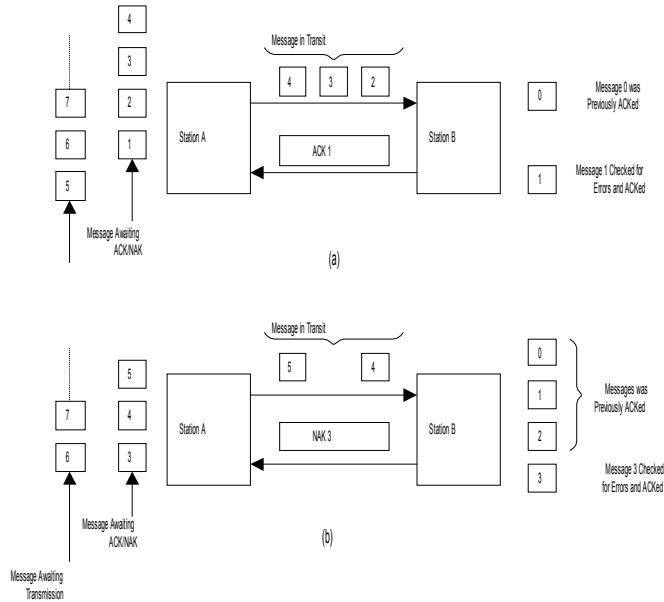
$$T_D = n(2t_{prop} + t_{frame})$$

Dari keseluruhan waktu yang diperlukan hanya $n \times t$ frame yang dihabiskan selama pengiriman data sehingga utilization (U) atau efisiensi jalur diperoleh :

3.2.2 Sliding window control

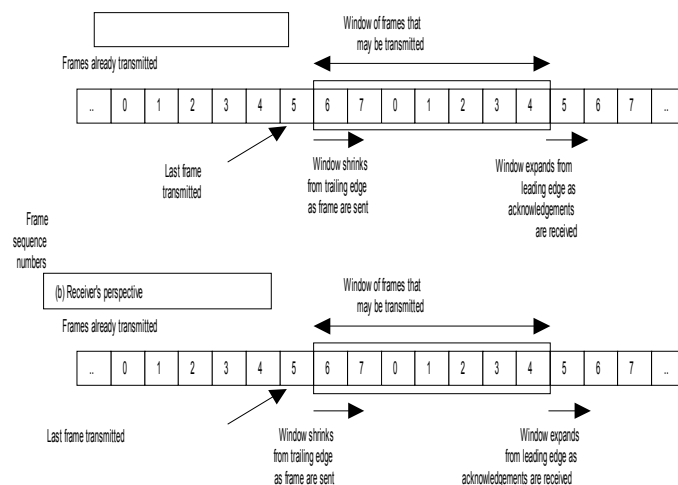
Sifat inefisiensi dari stop and wait DLC telah menghasilkan teknik pengembangan dalam meperlengkapi overlapping antara message data dan message control yang sesuai. Data dan sinyal kontrol mengalir dari pengirim ke penerima secara kontinyu, dan beberapa message yang menonjol (pada jalur atau dalam buffer penerima) pada suatu waktu.

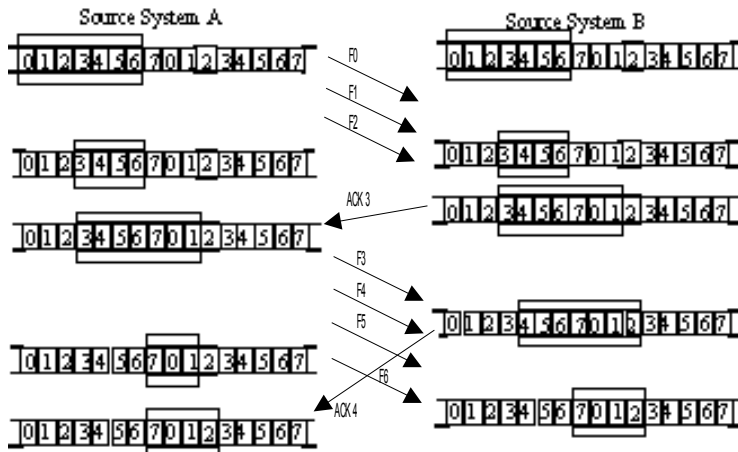
DLC ini sering disebut sliding windows karena metode yang digunakan sinkron dengan pengiriman nomer urutan pada header dengan pengenalan yang sesuai. Stasiun transmisi mengurus sebuah jendela pengiriman yang melukiskan jumlah dari message(dan nomor urutannya) yang diijinkan untuk dikirim. Stasiun penerima mengurus sebuah jendela penerimaan yang melakukan fungsi yang saling mengimbangi. Dua tempat menggunakan keadaan jendela bagaimana banyak message dapat/ menonjol dalam suatu jalur atau pada penerima sebelum pengirim menghentikan pengiriman dan menunggu jawaban.



Gambar 3.8. Sliding window data link control

Sebagai contoh pada gambar 3.8 suatu penerima dari ACK dari message 1 mengalir ke Station A untuk menggeser jendela sesuai dengan urutan nomor. Jika total message 10 harus dalam jendela, Station A dapat menahan pengiriman message 5,6,7,8,9,0, dan 1. (menahan message-message 2,3 dan 4 dalam kondisi transit). Dia tidak harus mengirim sebuah message menggunakan urutan 2 sampai dia menerima sebuah ACK untuk 2. Jendela melilitkan secara melingkar untuk mengumpulkan nomor-nomor set yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut menampilkan lebih detail mekanisme sliding window dan contoh transmisi messagenya.





Gambar 3.9 Mekanisme sliding windows beserta contoh transimisi message

3.3 Deteksi Dan Koreksi Error

Sebagai akibat proses-proses fisika yang menyebabkannya terjadi, error pada beberapa media (misalnya, radio) cenderung timbul secara meletup (burst) bukannya satu demi satu. Error yang meletup seperti itu memiliki baik keuntungan maupun kerugian pada error bit tunggal yang terisolasi. Sisi keuntungannya, data komputer selalu dikirim dalam bentuk blok-blok bit. Anggap ukuran blok sama dengan 1000 bit, dan laju error adalah 0,001 per bit. Bila error-errornya independen, maka sebagian besar blok akan mengandung error. Bila error terjadi dengan letupan 100, maka hanya satu atau dua blok dalam 100 blok yang akan terpengaruh, secara rata-ratanya. Kerugian error letupan adalah bahwa error seperti itu lebih sulit untuk dideteksi dan dikoreksi dibanding dengan error yang terisolasi.

3.3.1 Kode-kode Pengkoreksian Error

Para perancang jaringan telah membuat dua strategi dasar yang berkenaan dengan error. Cara pertama adalah dengan melibatkan informasi redundan secukupnya bersama-sama dengan setiap blok data yang dikirimkan untuk memungkinkan penerima menarik kesimpulan tentang apa karakter yang ditransmisikan yang seharusnya ada. Cara lainnya adalah dengan hanya melibatkan redundansi secukupnya untuk menarik kesimpulan bahwa suatu error telah terjadi, dan membiarkannya untuk meminta pengiriman ulang. Strategi pertama menggunakan kode-kode pengkoreksian error (error-correcting codes), sedangkan strategi kedua menggunakan kode-kode pendeteksian error (error-detecting codes).

Untuk bisa mengerti tentang penanganan error, kita perlu melihat dari dekat tentang apa yang disebut error itu. Biasanya, sebuah frame terdiri dari m bit data (yaitu pesan) dan r redundan, atau check bits. Ambil panjang total sebesar n (yaitu, $n=m+r$). Sebuah satuan n -bit yang berisi data dan checkbit sering kali dikaitkan sebagai codeword n -bit.

Ditentukan dua buah codeword: 10001001 dan 10110001. Disini kita dapat menentukan berapa banyak bit yang berkaitan berbeda. Dalam hal ini, terdapat 3 bit yang berlainan. Untuk menentukannya cukup melakukan operasi EXCLUSIVE OR pada kedua

codeword, dan menghitung jumlah bit 1 pada hasil operasi. Jumlah posisi bit dimana dua codeword berbeda disebut jarak Hamming (Hamming, 1950). Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa bila dua codeword terpisah dengan jarak Hamming d , maka akan diperlukan error bit tunggal d untuk mengkonversi dari yang satu menjadi yang lainnya.

Pada sebagian besar aplikasi transmisi data, seluruh 2^m pesan data merupakan data yang legal. Tetapi sehubungan dengan cara penghitungan check bit, tidak semua 2^n digunakan. Bila ditentukan algoritma untuk menghitung check bit, maka akan dimungkinkan untuk membuat daftar lengkap codeword yang legal. Dari daftar ini dapat dicari dua codeword yang jarak Hamming-nya minimum. Jarak ini merupakan jarak Hamming bagi kode yang lengkap.

Sifat-sifat pendeteksian error dan perbaikan error suatu kode tergantung pada jarak Hamming-nya. Untuk mendeteksi d error, anda membutuhkan kode dengan jarak $d+1$ karena dengan kode seperti itu tidak mungkin bahwa error bit tunggal d dapat mengubah sebuah codeword yang valid menjadi codeword valid lainnya. Ketika penerima melihat codeword yang tidak valid, maka penerima dapat berkata bahwa telah terjadi error pada transmisi. Demikian juga, untuk memperbaiki error d , anda memerlukan kode yang berjarak $2d+1$ karena hal itu menyatakan codeword legal dapat terpisah bahkan dengan perubahan d , codeword orisinal akan lebih dekat dibanding codeword lainnya, maka perbaikan error dapat ditentukan secara unik.

Sebagai sebuah contoh sederhana bagi kode pendeteksian error, ambil sebuah kode dimana parity bit tunggal ditambahkan ke data. Parity bit dipilih supaya jumlah bit-bit 1 dalam codeword menjadi genap (atau ganjil). Misalnya, bila 10110101 dikirimkan dalam parity genap dengan menambahkan sebuah bit pada bagian ujungnya, maka data itu menjadi 101101011, sedangkan dengan parity genap 10110001 menjadi 101100010. Sebuah kode dengan parity bit tunggal mempunyai jarak 2, karena sembarang error bit tunggal menghasilkan sebuah codeword dengan parity yang salah. Cara ini dapat digunakan untuk mendeteksi error-error tunggal.

Sebagai contoh sederhana dari kode perbaikan error, ambil sebuah kode yang hanya memiliki empat buah codeword valid :

000000000,0000011111,1111100000 dan 1111111111

Kode ini mempunyai jarak 5, yang berarti bahwa code tersebut dapat memperbaiki error ganda. Bila codeword 0000011111 tiba, maka penerima akan tahun bahwa data orisinal seharusnya adalah 0000011111. Akan tetapi bila error tripel mengubah 0000000000 menjadi 0000000111, maka error tidak akan dapat diperbaiki.

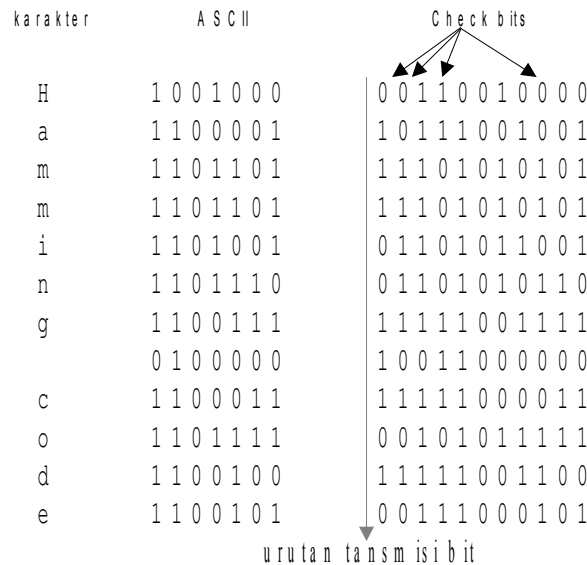
Bayangkan bahwa kita akan merancang kode dengan m bit pesan dan r bit check yang akan memungkinkan semua error tunggal bisa diperbaiki. Masing-masing dari 2^m pesan yang legal membutuhkan pola bit $n+1$. Karena jumlah total pola bit adalah 2^n , kita harus memiliki $(n+1)2^m \leq 2^n$.

Dengan memakai $n = m + r$, persyaratan ini menjadi $(m + r + 1) \leq 2^r$. Bila m ditentukan, maka ini akan meletakkan batas bawah pada jumlah bit check yang diperlukan untuk mengkoreksi error tunggal.

Dalam kenyataannya, batas bawah teoritis ini dapat diperoleh dengan menggunakan metoda Hamming (1950). Bit-bit codeword dinomori secara berurutan, diawali dengan bit 1 pada sisi paling kiri. Bit bit yang merupakan pangkat 2 (1,2,4,8,16 dan seterusnya) adalah bit check. Sisanya (3,5,6,7,9 dan seterusnya)

disisipi dengan m bit data. Setiap bit check memaksa parity sebagian kumpulan bit, termasuk dirinya sendiri, menjadi genap (atau ganjil). Sebuah bit dapat dimasukkan dalam beberapa komputasi parity. Untuk mengetahui bit check dimana bit data pada posisi k berkontribusi, tulis ulang k sebagai jumlahan pangkat 2. Misalnya, $11=1+2+8$ dan $29=1+4+8+16$. Sebuah bit dicek oleh bit check yang terjadi pada ekspansinya (misalnya, bit 11 dicek oleh bit 1,2 dan 8).

Ketika sebuah codeword tiba, penerima menginisialisasi counter ke nol. Kemudian codeword memeriksa setiap bit check, k ($k=1,2,4,8,\dots$) untuk melihat apakah bit check tersebut mempunyai parity yang benar. Bila tidak, codeword akan menambahkan k ke counter. Bila counter sama dengan nol setelah semua bit check diuji (yaitu, bila semua bit checknya benar), codeword akan diterima sebagai valid. Bila counter tidak sama dengan nol, maka pesan mengandung sejumlah bit yang tidak benar. Misalnya bila bit check 1,2, dan 8 mengalami kesalahan (error), maka bit inversinya adalah 11, karena itu hanya satu-satunya yang diperiksa oleh bit 1,2, dan 8. Gambar 3.10 menggambarkan beberapa karakter ASCII 7-bit yang diencode sebagai codeword 11 bit dengan menggunakan kode Hamming. Perlu diingat bahwa data terdapat pada posisi bit 3,5,6,7,9,10,11.



Gambar 3.10 Penggunaan kode Hamming untuk mengkoreksi burst error

Kode Hamming hanya bisa memperbaiki error tunggal. Akan tetapi, ada trick yang dapat digunakan untuk memungkinkan kode Hamming dapat memperbaiki error yang meletup. Sejumlah k buah codeword yang berurutan disusun sebagai sebuah matriks, satu codeword per baris. Biasanya, data akan ditransmisikan satu baris codeword sekali, dari kiri ke kanan. Untuk mengkoreksi error yang meletup, data harus ditransmisikan satu kolom sekali, diawali dengan kolom yang paling kiri. Ketika seluruh k bit telah dikirimkan, kolom kedua mulai dikirimkan, dan seterusnya. Pada saat frame tiba pada penerima, matriks direkonstruksi, satu kolom per satuan waktu. Bila suatu error yang meletup terjadi, paling banyak 1 bit pada setiap k codeword akan terpengaruh. Akan tetapi kode Hamming dapat memperbaiki satu error per codeword, sehingga seluruh blok dapat diperbaiki. Metode ini memakai kr

bit check untuk membuat km bit data dapat immune terhadap error tunggal yang meletup dengan panjang k atau kurang.

3.2.2 Kode-kode Pendeteksian Kesalahan

Kode pendeteksian error kadang kala digunakan dalam transmisi data. Misalnya, bila satuan simplex, maka transmisi ulang tidak bisa diminta. Akan tetapi sering kali deteksi error yang diikuti oleh transmisi ulang lebih disenangi. Hal ini disebabkan karena pemakaian transmisi ulang lebih efisien. Sebagai sebuah contoh yang sederhana, ambil sebuah saluran yang errornya terisolasi dan mempunyai laju error 10^{-6} per bit.

Anggap ukuran blok sama dengan 1000 bit. Untuk melaksanakan koreksi error blok 1000 bit, diperlukan 10 bit check; satu megabit data akan membutuhkan 10.000 bit check. Untuk mendeteksi sebuah blok dengan error tunggal 1-bit saja, sebuah bit parity per blok akan mencukupi. Sekali setiap 1000 blok dan blok tambahan (1001) akan harus ditransmisikan. Overhead total bagi deteksi error + metoda transmisi ulang adalah hanya 2001 bit per megabit data, dibanding 10.000 bit bagi kode Hamming.

Bila sebuah bit parity tunggal ditambahkan ke sebuah blok dan blok dirusak oleh error letupan yang lama, maka probabilitas error dapat untuk bisa dideteksi adalah hanya 0,5 hal yang sangat sulit untuk bisa diterima. Bit-bit ganjil dapat ditingkatkan cukup banyak dengan mempertimbangkan setiap blok yang akan dikirim sebagai matriks persegi panjang dengan lebar n bit dan tinggi k bit. Bit parity dihitung secara terpisah bagi setiap kolomnya dan ditambahkan ke matriks sebagai baris terakhir. Kemudian matriks ditransmisikan kembali baris per baris. Ketika blok tiba, penerima akan memeriksa semua bit parity, Bila ada bit parity yang salah, penerima meminta agar blok ditransmisi ulang.

Metoda ini dapat mendeteksi sebuah letupan dengan panjang n , karena hanya 1 bit per kolom yang akan diubah. Sebuah letupan dengan panjang $n+1$ akan lolos tanpa terdeteksi. Akan tetapi bila bit pertama diinversikan, maka bit terakhir juga akan diinversikan, dan semua bit lainnya adalah benar. (Sebuah error letupan tidak berarti bahwa semua bit salah; tetapi mengindikasikan bahwa paling tidak bit pertama dan terakhirnya salah). Bila blok mengalami kerusakan berat akibat terjadinya error letupan yang panjang atau error letupan pendek yang banyak, maka probabilitas bahwa sembarang n kolom akan mempunyai parity yang benar adalah 0,5. Sehingga probabilitas dari blok yang buruk akan bisa diterima adalah 2^{-n} .

Walaupun metoda di atas kadang-kadang adekuat, pada prakteknya terdapat metode lain yang luas digunakan: Kode polynomial (dikenal juga sebagai cyclic redundancy code atau kode CRC). Kode polynomial didasarkan pada perlakuan string-string bit sebagai representasi polynomial dengan memakai hanya koefisien 0 dan 1 saja. Sebuah frame k bit berkaitan dengan daftar koefisien bagi polynomial yang mempunyai k suku, dengan range dari x^{k-1} sampai x^0 . Polynomial seperti itu disebut polynomial yang bertingkat $k-1$. Bit dengan orde tertinggi (paling kiri) merupakan koefisien dari x^{k-1} ; bit berikutnya merupakan koefisien dari x^{k-2} , dan seterusnya. Misalnya 110001 memiliki 6 bit, maka merepresentasikan polynomial bersuku 6 dengan koefisien 1,1,0,0,0 dan $1 \cdot x^5 + x^4 + x^0$.

Aritmetika polynomial dikerjakan dengan modulus 2, mengikuti aturan teori aljabar. Tidak ada pengambilan untuk penambahan dan peminjaman untuk pengurangan. Pertambahan dan pengurangan identik dengan EXCLUSIVE OR, misalnya :

$$\begin{array}{r}
 10011011 \\
 + 11001010 \\
 \hline
 01010001
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 11001101 \\
 + 11001101 \\
 \hline
 11111110
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 00110011 \\
 + 10100110 \\
 \hline
 11111110
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 11110000 \\
 01010110 \\
 \hline

 \end{array}$$

Gambar 3.11 Pertambahan dengan EXOR

Pembagian juga diselesaikan dengan cara yang sama seperti pada pembagian bilangan biner, kecuali pengurangan dikerjakan berdasarkan modulus 2. Pembagi dikatakan “masuk ke” yang dibagi bila bilangan yang dibagi mempunyai bit sebanyak bilangan pembagi.

Saat metode kode polynomial dipakai, pengirim dan penerima harus setuju terlebih dahulu tentang polynomial generator, $G(x)$. Baik bit orde tinggi maupun bit orde rendah dari generator harus mempunyai harga 1. Untuk menghitung checksum bagi beberapa frame dengan m bit, yang berkaitan dengan polynomial $M(x)$, maka frame harus lebih panjang dari polynomial generator. Hal ini untuk menambahkan checksum keakhir frame sedemikian rupa sehingga polynomial yang direpresentasikan oleh frame berchecksum dapat habis dibagi oleh $G(x)$. Ketika penerima memperoleh frame berchecksum, penerima mencoba membaginya dengan $G(x)$. Bila ternyata terdapat sisa pembagian, maka dianggap telah terjadi error transmisi.

Algoritma untuk perhitungan checksum adalah sebagai berikut :

1. Ambil r sebagai pangkat $G(x)$, Tambahkan bit nol r ke bagian orde rendah dari frame, sehingga sekarang berisi $m+r$ bit dan berkaitan dengan polynomial $x^rM(x)$.
2. Dengan menggunakan modulus 2, bagi string bit yang berkaitan dengan $G(x)$ menjadi string bit yang berhubungan dengan $x^rM(x)$.
3. Kurangkan sisa (yang selalu bernilai r bit atau kurang) dari string bit yang berkaitan dengan $x^rM(x)$ dengan menggunakan pengurangan bermodulus 2. Hasilnya merupakan frame berchecksum yang akan ditransmisikan. Disebut polynomial $T(x)$.

Gambar 3-12 menjelaskan proses perhitungan untuk frame 1101011011 dan $G(x) = x^4 + x + 1$.

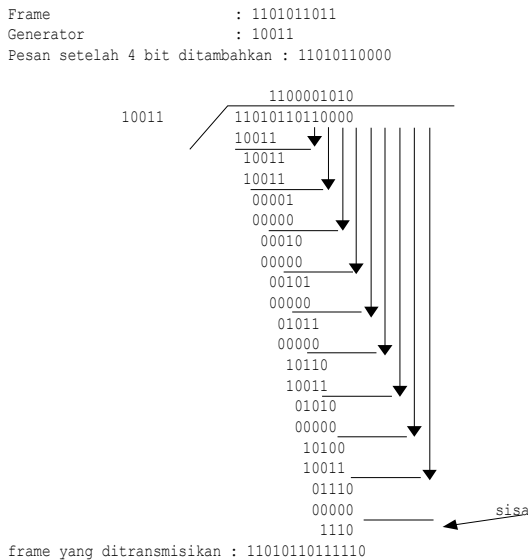
Jelas bahwa $T(x)$ habis dibagi (modulus 2) oleh $G(x)$. Dalam sembarang masalah pembagian, bila anda mengurangi angka yang dibagi dengan sisanya, maka yang akan tersisa adalah angka yang dapat habis dibagi oleh pembagi. Misalnya dalam basis 10, bila anda membagi 210.278 dengan 10.941, maka sisanya 2399. Dengan mengurangkan 2399 ke 210.278, maka yang bilangan yang tersisa (207.879) habis dibagi oleh 10.941.

Sekarang kita menganalisis kekuatan metoda ini. Error jenis apa yang akan bisa dideteksi ? Anggap terjadi error pada suatu transmisi, sehingga bukannya string

bit untuk $T(x)$ yang tiba, akan tetapi $T(x) + E(x)$. Setiap bit 1 pada $E(x)$ berkaitan dengan bit yang telah diinversikan. Bila terdapat k buah bit 1 pada $E(x)$, maka k buah error bit tunggal telah terjadi. Error tunggal letupan dikarakterisasi oleh sebuah awalan 1, campuran 0 dan 1, dan sebuah akhiran 1, dengan semua bit lainnya adalah 0.

Begitu frame berchecksum diterima, penerima membaginya dengan $G(x)$; yaitu, menghitung $[T(x)+E(x)]/G(x)$. $T(x)/G(x)$ sama dengan 0, maka hasil perhitungannya adalah $E(x)/G(x)$. Error seperti ini dapat terjadi pada polynomial yang mengandung $G(x)$ sebagai faktor yang akan mengalami penyimpangan, seluruh error lainnya akan dapat dideteksi.

Bila terdapat error bit tunggal, $E(x)=x^i$, dimana i menentukan bit mana yang mengalami error. Bila $G(x)$ terdiri dari dua suku atau lebih, maka x tidak pernah dapat habis membagi $E(x)$, sehingga seluruh error dapat dideteksi.



Gambar 3-12.Perhitungan

checksum kode polynomial

Bila terdapat dua buah error bit-tunggal yang terisolasi, $E(x)=x^i+x^j$, dimana $i > j$. Dapat juga dituliskan sebagai $E(x)=x^j(x^{i-j} + 1)$. Bila kita mengasumsikan bahwa $G(x)$ tidak dapat dibagi oleh x , kondisi yang diperlukan untuk dapat mendeteksi semua error adalah bahwa $G(x)$ tidak dapat habis membagi x^k+1 untuk sembarang harga k sampai nilai maksimum $i-j$ (yaitu sampai panjang frame maksimum). Terdapat polynomial sederhana atau berorde rendah yang memberikan perlindungan bagi frame-frame yang panjang. Misalnya, $x^{15}+x^{14}+1$ tidak akan habis membagi x^k+1 untuk sembarang harga k yang kurang dari 32.768.

Bila terdapat jumlah bit yang ganjil dalam error, $E(x)$ terdiri dari jumlah suku yang ganjil (misalnya, x^5+x^2+1 , dan bukannya x^2+1). Sangat menarik, tidak terdapat polynomial yang bersuku ganjil yang mempunyai $x + 1$ sebagai faktor dalam sistem modulus 2. Dengan membuat $x + 1$ sebagai faktor $G(x)$, kita akan mendeteksi semua error yang terdiri dari bilangan ganjil dari bit yang diinversikan.

Untuk mengetahui bahwa polynomial yang bersuku ganjil dapat habis dibagi oleh $x+1$, anggap bahwa $E(x)$ mempunyai suku ganjil dan dapat habis dibagi oleh $x+1$. Ubah bentuk $E(x)$ menjadi $(x+1)Q(x)$. Sekarang evaluasi $E(1) = (1+1)Q(1)$. Karena $1+1=0$ (modulus 2), maka $E(1)$ harus nol. Bila $E(x)$ mempunyai suku ganjil, pensubstitusian 1 untuk semua harga x akan selalu menghasilkan 1. Jadi tidak ada polynomial bersuku ganjil yang habis dibagi oleh $x+1$.

Terakhir, dan yang terpenting, kode polynomial dengan r buah check bit akan mendeteksi semua error letupan yang memiliki panjang $\leq r$. Suatu error letupan dengan panjang k dapat dinyatakan oleh $x^i(x^{k-1} + \dots + 1)$, dimana i menentukan sejauh mana dari sisi ujung kanan frame yang diterima letupan itu ditemui. Bila $G(x)$ mengandung suku x^0 , maka $G(x)$ tidak akan memiliki x^i sebagai faktornya. Sehingga bila tingkat ekspresi yang berada dalam tanda kurung kurang dari tingkat $G(x)$, sisa pembagian tidak akan pernah berharga nol.

Bila panjang letupan adalah $r+1$, maka sisa pembagian oleh $G(x)$ akan nol bila dan hanya bila letupan tersebut identik dengan $G(x)$. Menurut definisi letupan, bit awal dan bit akhir harus 1, sehingga apakah bit itu akan sesuai tergantung pada bit pertengahan $r-1$. Bila semua kombinasi adalah sama dan sebanding, maka probabilitas frame yang tidak benar yang akan diterima sebagai frame yang valid adalah $\frac{1}{2}^{r-1}$.

Dapat juga dibuktikan bahwa bila letupan error yang lebih panjang dari bit $r+1$ terjadi, maka probabilitas frame buruk untuk melintasi tanpa peringatan adalah $1/2^r$ yang menganggap bahwa semua pola bit adalah sama dan sebanding.

Tiga buah polynomial telah menjadi standard internasional:

- CRC-12 = $X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X^1 + 1$
- CRC-16 = $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$
- CRC-CCITT = $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

Ketiganya mengandung $x+1$ sebagai faktor prima. CRC-12 digunakan bila panjang karakternya sama dengan 6 bit. Dua polynomial lainnya menggunakan karakter 8 bit. Sebuah checksum 16 bit seperti CRC-16 atau CRC-CCITT, mendeteksi semua error tunggal dan error ganda, semua error dengan jumlah bit ganjil, semua error letupan yang mempunyai panjang 16 atau kurang, 99,997 persen letupan error 17 bit, dan 99,996 letupan 18 bit atau lebih panjang.

3.3 Kendali kesalahan

Tujuan dilakukan pengontrolan terhadap error adalah untuk menyampaikan frame-frame tanpa error, dalam urutan yang tepat ke lapisan jaringan. Teknik yang umum digunakan untuk error control berbasis pada dua fungsi, yaitu:

- Error detection, biasanya menggunakan teknik CRC (Cyclic Redundancy Check)
- Automatic Repeat Request (ARQ), ketika error terdeteksi, pengirim meminta mengirim ulang frame yang terjadi kesalahan.

Mekanisme Error control meliputi

- ◇ Ack/Nak : Provide sender some feedback about other end
- ◇ Time-out: for the case when entire packet or ack is lost
- ◇ Sequence numbers: to distinguish retransmissions from originals

Untuk menghindari terjadinya error atau memperbaiki jika terjadi error yang dilakukan adalah melakukan pengiriman message secara berulang, proses ini dilakukan secara otomatis dan dikenal sebagai Automatic Repeat Request (ARQ).

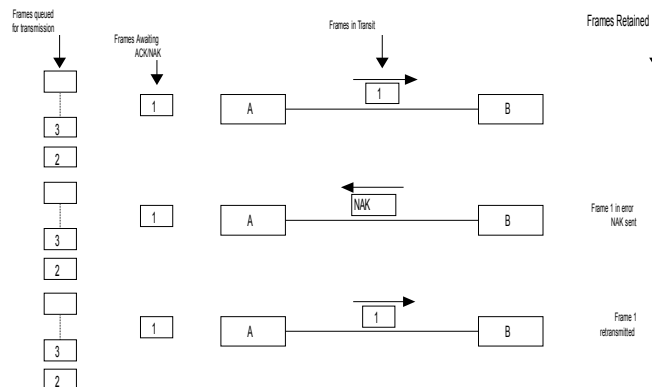
Pada proses ARQ dilakukan beberapa langkah diantaranya ⁽¹⁾:

- ◇ Error detection
- ◇ Acknowledgment
- ◇ Retransmission after timeout
- ◇ Negative Acknowledgment

Macam-macam error control adalah:

3.3.1 Stop and Wait ARQ

Mekanisme ini menggunakan skema sederhana *stop and wait acknowledgment* dan dapat dijelaskan seperti tampak pada gambar 3.13 Stasiun pengirim mengirimkan sebuah frame dan kemudian harus menunggu balasan dari penerima. Tidak ada frame data yang dapat dikirimkan sampai stasiun penerima menjawab kedatangan pada stasiun pengirim. Penerima mengirim sebuah positive acknowledgment (ACK) jika frame benar dan sebuah negative acknowledgment jika sebaliknya.

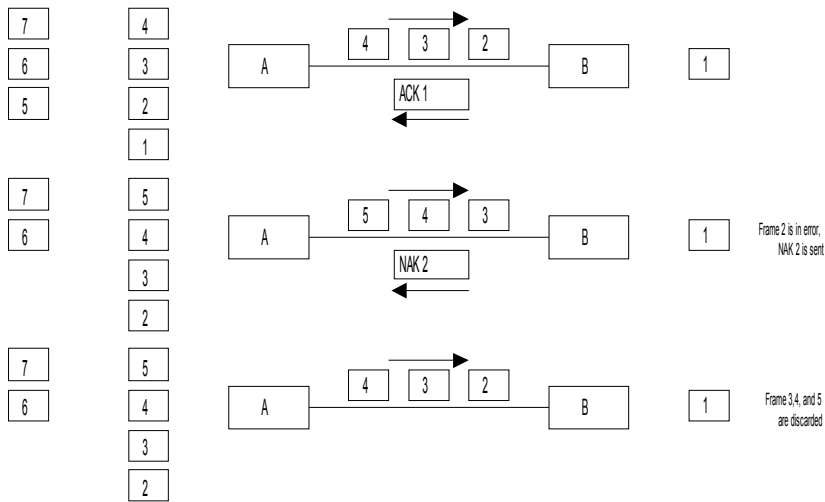


Gambar 3.13 Stop and wait ARQ

3.3.2 Go Back N ARQ

Gambar 3.14 menampilkan aliran frame untuk mekanisme go-back-and ARQ pada sebuah jalur full-duplex. Ketika frame 2,3, dan 4 ditransmisikan, dari stasiun A ke stasiun B, sebuah ACK dari penerimaan sebelumnya frame 1 mengalir dari B ke A. Beberapa waktu kemudian, frame 2 diterima dalam kondisi error. Frame-frame 2,3,4 dan 5 dikirimkan, stasiun B mengirim sebuah NAK2 ke stasiun A yang diterima setelah frame 5 dikirimkan tetapi sebelum stasiun A siap mengirim frame 6. Sekarang harus dilakukan pengiriman ulang frame-frame 2,3,4, dan 5 walaupun hanya pada frame 2 terjadinya

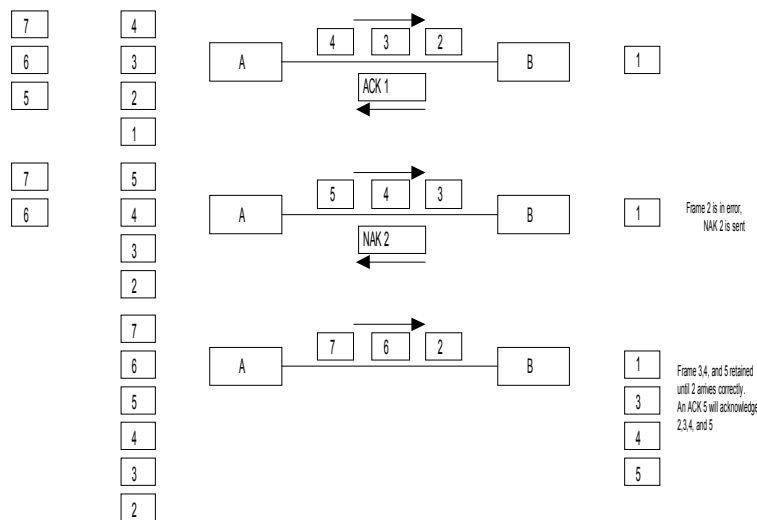
kesalahan. Sekali lagi, catat bahwa stasiun A harus sebuah copy dari setiap unacknowledgment frame.



Gambar 3.14 Go-back-N ARQ

3.3.3 Selective-report ARQ

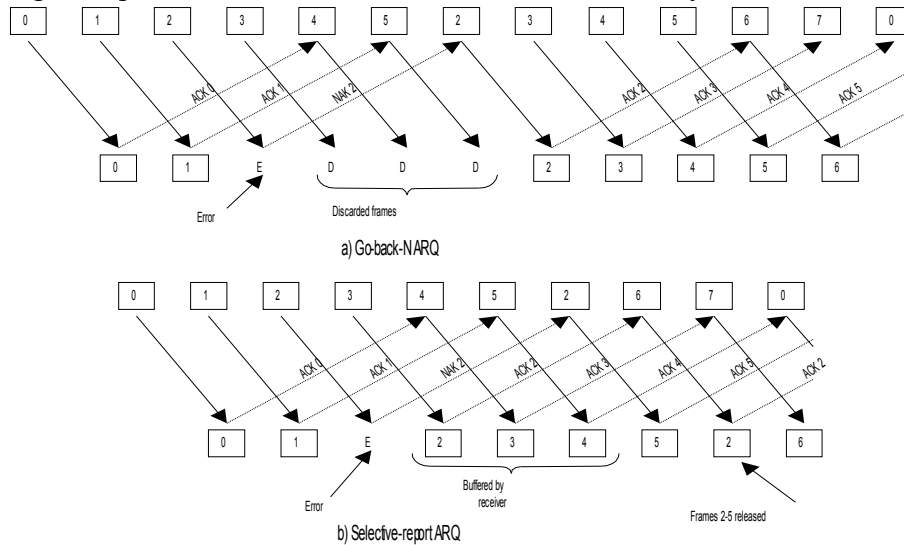
Pada mekanisme ini sebenarnya mirip dengan mekanisme go-back-N ARQ bedanya, pada selective-report ARQ yang dikirimkan hanyalah frame yang terjadi kesalahan saja. Gambar 3.14 menjelaskan mekanisme tersebut.



Gambar 3.14 Selective-report ARQ

3.3.4 Contoh Continuous ARQ

Untuk lebih memahami mekanisme error control dari kedua mekanisme terakhir dan mengetahui perbedaan diantara keduanya dapat dilihat tampilan pada gambar 3.15 yang memperlihatkan aliran frame-frame secara kontinyu.



Gambar 3.15 Contoh continuous ARQ

3.4. Referensi

1. Tanenbaum, AS, *Computer Networks*, Prentise Hall, 1996
2. Stallings, W. *Data and Computer Communications*, Macmillan Publishing Company, 1985.
3. Stallings, W. *Local Network*, Macmillan Publishing Company, 1985.
4. Black, U.D, *Data Communications and Distributed Networks*, Prentise Hall.
5. Raj Jain, Professor of CIS The Ohio State University Columbus, OH 43210
Jain@ACM.Org
<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis677-98/>

<http://www.cisco.com/cpress/cc/td/cpress/fund/ith2nd/it2401.html>