

37

Deteksi dan Pembetulan Kesalahan Data

Seperti telah kita bicarakan sejauh ini, kesalahan transmisi terjadi secara tetap apabila data distorsi ditransmisikan melalui saluran telekomunikasi (telecommunications channels). Noise pada saluran dapat merusak bit-bit, bit tombol a 1 sampai bit 0, dan sebaliknya. Keberadaan noise putih latar belakang pada semua saluran telekomunikasi dapat menyebabkan kesalahan, dan noise impulse mendadak dapat merusak banyak data. Saluran yang banyak noisenya cenderung lebih umum dalam jaringan analog dan dimana sistem penombolan kuno masih digunakan. Meskipun banyak dari peralatan yang lebih lama digantikan oleh sistem yang dikomputerkan dan sirkuit digital, yang menghasilkan noise yang lebih sedikit dan oleh karena itu tidak mudah terjadi kesalahan, namun hubungan dari ujung ke ujung digital yang ditombolkan tidak selalu merupakan hal yang mungkin pada saat sekarang. Hal itu akan memakan waktu sebelum seluruh jaringan telah dibuat

digital, yang melenyapkan banyak dari sumber kesalahan transmisi. Sementara itu, para perancang jaringan harus merumuskan sistem mereka untuk mengatasi probabilitas kesalahan selama transmisi.

JUMLAH KESALAHAN

Apabila menggunakan modem untuk mengirimkan data melalui sambungan telepon biasa, jumlah kesalahan cenderung lebih cepat meningkatkan angka transmisi. (lihat Tabel 37.1). Oleh karena angka dimana data ditransmisikan meningkat, maka alat penerima cenderung dapat mengenali perubahan yang lebih kecil dalam kondisi sinyal, dan oleh karena itu lebih cenderung terjadinya salah tafsir terhadap kondisi noise, yang oleh karena itu mengakibatkan jumlah kesalahan yang lebih besar. Kesalahan pada saluran digital jauh lebih sedikit, dan kesalahan 1 dalam 10 juta bit atau 100 juta bit adalah lebih umum.

EFEK KESALAHAN

Pada banyak sistem transmisi data, kontrol kesalahan adalah vital. Pada sistem lainnya, kontrol seperti kurang penting. Beberapa kesalahan mengirimkan informasi vital, seperti data finansial ketika mentransfer uang antarabank, peraturan militer, data medis, dan sistem yang mengontrol sistem manufaktur yang kompleks dan mahal. Sistem seperti ini harus tanpa kesalahan. Beberapa bit yang hilang atau salah tempat dalam transaksi finansial dapat mengkredit rekening nasabah sebesar 1.000.000 dollar Amerika bukannya 100 dollar Amerika, atau dapat menyebabkan sebuah robot menggabungkan bagian yang salah. Dengan sistem dimana seorang operator secara manual mencocokkan data, peluang-

Tabel 37.1

Tingkat Transmisi (bps)	Tingkat Kesalahan Bit
300	1 dalam 700.000
1200	1 dalam 200.000
2400	1 dalam 100.000
4800	1 dalam 10.000 sampai 100.000 ^a
9600	1 dalam 1000 sampai 10.000 ^a

^a Sebelum kode pembetulan kesalahan diterapkan yang sekarang digunakan dengan modem bermutu tinggi, dan secara drastis mengurangi tingkat kesalahan.

peluangnya adalah bahwa manusia akan melakukan lebih banyak kesalahan daripada elektronika. Dalam hal ini, pengecekan terhadap kesalahan manusia adalah lebih penting daripada kesalahan transmisi. Beberapa sistem dapat memiliki cek-cek ketepatan yang tercakup untuk menjamin bahwa data dimasukkan dalam tempat dan format yang benar. Beberapa bidang mungkin merupakan angka pengecekan sendiri. Kode pelacakan kesalahan dapat mengecek kesalahan transmisi; seringkali mengajak orang lain untuk mengecek kesalahan manusia.

PROTOKOL LAYER LINK (HUBUNGAN) DATA

Dalam kebanyakan sistem telekomunikasi, kesalahan merupakan fakta kehidupan dan harus ditanggulangi. Semua protokol komunikasi data menggunakan sebagian metode pembetulan kesalahan dan deteksi serta retransmisi; oleh karena sekalipun jika terjadi kesalahan selama transmisi, tampaknya bagi pemakai bahwa komunikasi bebas dari kesalahan. Bentuk protokol komunikasi data yang paling umum yang digunakan adalah Kontrol Link Data Tingkat Tinggi (HDLC). Seperti telah kita bahas dalam Bab 7, HDCL adalah protokol yang digunakan dalam peletak link data pada model OSI, dan fungsi pokoknya adalah untuk menciptakan path transmisi yang bebas dari kesalahan antara alat-alat komunikasi. Seperti digambarkan pada Gambar 7.1, semua arsitektur jaringan komunikasi menggunakan suatu bentuk protokol peletak link data. Dalam jaringan yang ditombolkan paket Protokol Akses Link-Keseimbangan(LAP-B) digunakan sesuai dengan Rekomendasi CCITT X.25. Seperti kita bahas dalam Bab 32, jaringan wilayah lokal menggunakan variasi protokol akses link X.25, LAP-D. Kotak 37.1 menjelaskan secara ringkas berbagai protokol tingkat link, dan oleh karena pembaca akan melihat, maka protokol itu semuanya merupakan variasinya atau sesuai dengan HDLC.

KESALAHAN FILE KUMULATIF

Dalam merancang sistem komputer apapun, adalah penting untuk mengetahui berapa tingkat kesalahan yang diperkirakan. Kemudian kalkulasi harus dilakukan untuk memperkirakan efek dari tingkat kesalahan ini pada sistem sebagai keseluruhan. Pada beberapa sistem, efek kesalahan yang sering terjadi bersifat kumulatif, dan hal itu dalam situasi seperti ini perhatian khusus diperlukan dalam menghilangkan kesalahan. Misalnya, pesan menyebabkan pembaharuan data-

KOTAK 37.1 Protokol level Link

Kontrol Link Data Tingkat Tinggi (HDLC)

Standar untuk HDCL dikembangkan oleh Organisasi Standar Internasional (ISO), dan sebagian besar protokol tingkat-link lainnya didasarkan pada standar ini.

Akses Link Protokol Akses Link (LAP)

Protokol LAP dan LAP-B memberikan fungsi peletak link data pada Rekomendasi CCITT X.25 untuk penomolan paket. LAP dan LAP-B merupakan subset HDCL yang kompatibel.

Kontrol Link Data Sinkron (SDLC)

SDLC merupakan protokol link data utama yang digunakan oleh IBM dalam Arsitektur Jaringan Sistem (SNA). SDLC juga merupakan subset HDLC yang kompatibel, dan sama dengan protokol LAP CCITT.

Kontrol Komunikasi Data yang Maju

Standar ADCCP dikembangkan oleh Institut Standar nasional Amerika (ANSI) dan dinamakan standar ANSI X3.66. ADCCP sangat mirip dengan HDLC.

base, dan suatu kesalahan dalam pesan menyebabkan terekamnya kesalahan dalam catatan, kemudian pada beberapa sistem adalah mungkin bahwa oleh karena bulan-bulan berlalu, maka database akan mengumpulkan jumlah ketidak-tepatan yang jauh lebih besar.

Misalnya, anggap saja bahwa transaksi yang masuk melalui saluran telekomunikasi yang memiliki satu bit dalam satu juta kesalahan digunakan untuk memperbaharui database yang berisi sepuluh ribu catatan. Anggap saja, rata-rata suatu item diperbaharui seribu kali sebulan, dan bahwa jika satu saja dari ke 20 karakter lima bit terjadi kesalahan dalam transmisi, maka item itu akan diperbaharui secara salah. Setelah enam bulan, tidak kurang dari 4500 catatan file akan salah. Jika suatu prosedur koreksi kesalahan pada saluran telekomunikasi mengurangi tingkat kesalahan yang tak terdeteksi sampai satu bit dalam 10 juta, maka 60 dari catatan file itu mungkin salah pada akhir enam bulan. Dengan satu bit dalam 100

juta, enam catatan mungkin salah. Kalkulasi probabilitas dari tipe ini perlu dilakukan pada berbagai aspek sistem ketika sedang dirancang.

Banyak pendekatan dapat digunakan untuk menangani noise dalam saluran transmisi. Semua pendekatan yang akan kita bahas ditemukan pada sistem transmisi data yang digunakan pada saat sekarang.

MENGABAIKAN KESALAHAN

Yang pertama, dan paling mudah, pendekatan adalah untuk mengabaikan kesalahan. Anehnya, ini sering dilakukan. Mayoritas link telegraf yang beroperasi sekarang, misalnya, tidak memiliki fasilitas pengecekan kesalahan sama sekali. Sebagian alasannya adalah bahwa link itu biasanya mentransmit teks bahasa Inggris yang akan dibaca oleh manusia. Kesalahan dalam teks biasa yang disebabkan oleh berubahnya bit atau sekelompok kecil bit biasanya tampak jelas bagi mata manusia, dan kita membetulkannya dalam benak pada saat kita membaca materinya. Telegram yang memiliki angka demikian juga teks di dalamnya umumnya mengulangi angka atau mengeja angka itu. Pendekatan ini juga diambil pada beberapa sistem komputer dimana transmisi menangani teks verbal. Misalnya, pada sistem penombolan pesan administratif, biasanya adalah dapat diterima untuk memiliki transmisi ke dan dari terminal simpel yang tidak terkendali. Jika teks berubah menjadi tak bisa dipahami, maka pemakai selalu dapat meminta retransmisi.

Tingkat suatu kesalahan dari satu bit dalam satu juta mungkin tidak begitu buruk sebagaimana kedengarannya. Umpamakan saja kita mempertimbangkan transmisi teks dari buku ini, misalnya, dan memberinya kode dengan menggunakan 7-bit ASCII. Seandainya satu bit dalam jumlah satu juta salah dalam teks buku ini, tentunya terdapat kira-kira 12 huruf yang salah. Buku ini tentunya akan dapat dibaca, dan sebagian besar pembaca tidak akan memperhatikan sebagian besar dari kesalahan ini. Mata manusia memiliki kebiasaan membiarkan kegelisahan terhadap kesalahan kecil dalam teks. Teks ini pertama kali ditetapkan dalam prof kotor dengan kompositor. Prof itu dicek oleh pembaca prof. Kemudian dibagi menjadi halaman-halaman dan prof halaman di hasilkan. Pada saat ini sebagian besar kesalahan telah dihilangkan dari teks, tetapi kenyataannya, kesalahan yang tersisa bersesuaian dengan tingkat kesalahan dari satu bit dalam

kira-kira 50.000, tingkat kesalahan lebih tinggi daripada tingkat kesalahan yang ditemukan pada transmisi telegraf yang tidak dicek.

Bagaimanapun juga, pada kebanyakan sistem *beberapa* kesalahan diabaikan. Prosedur deteksi kesalahan yang menangkap semua kesalahan terlalu mahal. Banyak sistem dalam penggunaan paling akhir mungkin menaikkan tingkat kesalahan yang tak terlacak dari satu bit dalam satu juta sampai satu bit dalam 100 juta. Adalah mungkin untuk merumuskan skema pengkodean yang memberikan perlindungan yang jauh lebih banyak dari pada ini. Sebenarnya, terdapat skema pengkodean yang memberikan tingkat kesalahan yang tak terdeteksi serendah satu bit dalam 10^{14} .

Misalnya, skema pengkodean pembetulan kesalahan yang digunakan untuk menyimpan data pada disk optik CD-ROM yang didasarkan pada teknologi disk audio yang singkat memberikan tingkat kesalahan yang tak terdeteksi yang kurang dari satu bit yang tidak betul dalam 10^{13} . Ini sesuai dengan satu kesalahan bit tunggal dalam kira-kira 2000 disk CD-ROM, yang masing-masing menyimpan sampai 600 megabyte data. Dan ini angka kesalahan yang rendah ini dicapai dengan menggunakan media fisik yang lebih mudah salah daripada saluran telekomunikasi digital biasa (lubang mikroskopis pada permukaan plastik yang tidak sempurna).

Tingkat deteksi kesalahan dari satu bit dalam 10^{13} atau 10^{14} jauh lebih besar daripada yang dibutuhkan untuk sebagian besar tujuan yang praktis dalam sistem transmisi data. Misalnya, jika seseorang telah melakukan transmisi dengan menggunakan tingkat kesalahan satu kesalahan dalam 10^{14} bit melalui saluran suara pada 2400 bit per detik, selama minggu kerja yang biasa, (tak ada libur) sejak zaman Yesus Kristus, kita mungkin tidak akan pernah melakukan kesalahan. Dengan menggunakan kode pendeteksi kesalahan yang cukup kuat, sebenarnya tindakan perlindungan dari kesalahan transmisi dapat dicapai.

MENDETEKSI KESALAHAN

Untuk *mendeteksi* kesalahan komunikasi, kita harus membuat beberapa tingkat redundansi ke dalam pesan yang ditransmisikan. Dengan kata lain, lebih banyak bit harus dikirim daripada kebutuhan yang dikirim untuk pengkodean data sendiri. Redundansi dapat dibuat ke dalam karakter individual atau ke dalam seluruh blok yang ditransmisikan.

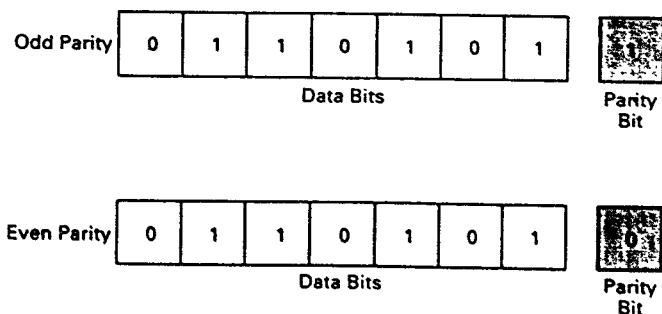
PENGECEKAN REDUNDANSI VERTIKAL

Beberapa sistem transmisi menggunakan pengecekan redundansi vertikal (VRC), dimana setiap karakter yang ditransmisikan diiringi dengan bit keseimbangan. Jika keseimbangan yang ganjil digunakan, transmisi menentukan bit keseimbangan ke 0 atau 1 untuk membuat jumlah total 1 bit antara bit mulai dan bit berhenti sehingga jumlah total 1 bit antara bit mulai dengan bit berhenti adalah genap. (Contoh parity ganjil dan genap ditunjukkan dalam Gambar 37.1). Kemudian, jika penerima mendeteksi suatu kesalahan keseimbangan dalam karakter yang diterima, maka ia mengetahui bahwa telah terjadi kesalahan transmisi.

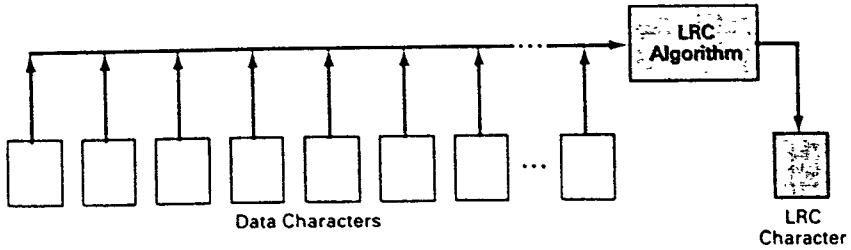
Problem yang memiliki pengecekan keseimbangan adalah bahwa jika lebih dari satu bit diubah, maka merupakan hal yang mungkin bahwa bit keseimbangan akan ditentukan secara benar, meskipun datanya tidak betul. Pengecekan keseimbangan tidak sangat berguna untuk mendeteksi kesalahan transmisi, terutama pada kecepatan transmisi tinggi, sebab mungkin bahwa, apabila terjadi suatu kesalahan, banyak bit yang berbatasan akan dirubah.

PENGECEKAN REDUNDANSI LONGITUDINAL

Apabila metode pengecekan redundansi longitudinal (LRC) digunakan, maka bit-bit redundan digunakan untuk mengecek ketepatan seluruh frame yang ditransmisikan. (Lihat Gambar 37.2). Dalam bentuk deteksi kesalahan ini, transmisi menyampaikan seluruh pesan melalui algoritme aritmatika untuk menghasilkan suatu angka yang dikirim dengan pesan. Kemudian, apabila penerima menerima



Gambar 37.1 Pengecekan Parity.



Gambar 37.2 Pengecekan redundansi longitudinal.

pesan, penerima menyampaikan pesan melalui algoritme yang dan membandingkan nilai yang dihasilkannya dengan nilai yang diterima dengan pesan. Jika kedua nilai itu cocok, maka penerima berasumsi bahwa pesan itu benar. Jika kedua nilai itu tidak cocok, maka diasumsikan ada kesalahan. Seringkali, apabila terjadi kesalahan LRC, maka penerima meminta transmiter untuk mentransmisikan pesan.

Beberapa skema transmisi menggunakan baik metode VCR maupun LRC misalnya, suatu bit keseimbangan pada setiap karakter disamping pengecekan pada seluruh frame. Namun, dapat ditunjukkan bahwa deteksi kesalahan yang jauh lebih efisien dihasilkan dari menggunakan semua bit redundan untuk pengecekan frame saja. Semakin besar frame yang terhadapnya diterapkan pengecekan frame, maka semakin besar efisiensi proses deteksi kesalahan. Kepingan memory semakin besar, dan ini membuat deteksi kesalahan yang sangat efisien menjadi mungkin.

MENGOOREKSI KESALAHAN

Begitu kesalahan telah terdeteksi, maka timbul pertanyaan: Apa yang harus dilakukan sistem terhadap kesalahan itu? Biasanya diharapkan bahwa perlu diambil beberapa tindakan untuk membetulkan kesalahan. Namun, beberapa sistem transmisi data tidak melakukan hal itu dan membiarkan kesalahan dibetulkan dengan alat-alat manusia pada waktu berikutnya. Misalnya, beberapa sistem yang awal yang mentransmisikan data untuk dimasukkan ke dalam kartu menyebabkan

kartu dikirim ke pemancar ketika suatu kesalahan terdeteksi. Kartu dalam pemancar kesalahan kemudian dikeluarkan oleh operator yang pada waktu itu melakukan retransmisi.

Dalam beberapa sistem terminal realtime, retransmisi otomatis belum digunakan untuk sebab mudah bagi operator terminal untuk memasukkan ulang retransmisi pesan atau permintaan. Secara umum, adalah baik memiliki beberapa alat retransmisi otomatis daripada prosedur manual, dan biasanya lebih murah dari pada mempekerjakan seorang operator untuk keperluan ini. Sebagian besar sistem transmisi data modern menyebabkan pesan yang salah diretransmisikan. Ini merupakan fungsi otomatis dari semua protokol link data modern, seperti protokol sinkron binary dan protokol yang berorientasi pada bit.

Namun, pada beberapa sistem, adalah mungkin untuk mengabaikan data yang salah, tetapi adalah penting untuk mengetahui bahwa pesan tertentu *adalah* tidak benar. Pada sistem seperti ini, deteksi kesalahan terjadi tanpa ada usaha untuk membetulkan kesalahan. Ini dapat menyangkut data statistik dimana contoh yang salah dapat dibuang tanpa distorsi. Deteksi kesalahan digunakan pada sistem untuk membaca instrumen jauh dimana pembacaannya berubah secara perlahan-lahan dan pembacaan yang kadang-kadang terlewatkan tidaklah menjadi masalah.

Keuntungan dari skema deteksi semata adalah bahwa hal itu memerlukan suatu saluran dalam satu arah saja. Dalam sistem yang memiliki telepon dan telegraf, ini bukanlah keuntungan yang berguna sebab saluran seperti itu hampir selalu separuh atau rangkap dua. Namun, merupakan keuntungan besar dengan sistem telemetri dan tracking tertentu yang menggunakan transmisi (hanya satu arah) sebab adanya biaya saluran yang besar. Dengan ini semua, kita menemukan skema deteksi semata.

KOREKSI KESALAHAN KEDEPAN

Koreksi kesalahan otomatis dapat berbentuk macam-macam. Pertama, redundansi yang memadai dapat dimasukkan kedalam kode transmisi sehingga kode itu sendiri memungkinkan *koreksi kesalahan otomatis* demikian juga deteksi. Oleh karena tak ada path balik yang diperlukan, maka ini kadang-kadang diacukan pada *koreksi kesalahan ke depan*. Untuk melakukan ini secara efektif dengan adanya *ledakan* nosie dapat memerlukan proporsi besar bit-bit redundan. Oleh karena

itu kode-kode yang memberikan koreksi kesalahan kedepan yang aman adalah tidak efisien dalam menggunakan kapasitas sambungan komunikasi. Adalah menarik untuk diperhatikan bahwa skema pengkodean yang digunakan dengan disk-disk CD-ROM tidak menangani koreksi kesalahan otomatis. Media fisik sangat mudah mengalami kesalahan, begitu data disimpan, tak ada kesempatan untuk mengulanginya. Oleh karena itu sistem dirancang dengan asumsi bahwa banyak kesalahan akan terjadi yang harus dibetulkan secara otomatis jika sistem penyimpanan adalah untuk mencapai tingkat realibilitas yang dikehendaki.

Jika suatu saluran komunikasi membolehkan transfer informasi dalam satu arah saja, maka teknik koreksi kesalahan kedepan, seperti teknik yang digunakan dengan CD-ROM, tentu akan sangat berharga. Namun, saluran transmisi yang biasa seringkali tidak semudah disk CD-ROM dalam mengalami kesalahan, dan mendukung transmisi setengah-berganda dua atau berganda dua penuh. Secara umum, kode *pembetulan* kesalahan sendiri pada saluran tingkat suara tidak memberi kita keselamatan atau nilai bagi bandwidth yang sama banyaknya dengan kode *pela-cakan* kesalahan yang berlipat ganda dengan kemampuan untuk mentransmisikan data secara otomatis yang ditemukan untuk memuat data. Sebagian besar protokol link data modern menggunakan teknik koreksi kesalahan. Semakin besar blok bit terhadap mana koreksi kesalahan diterapkan, maka semakin efisien proses koreksi kesalahan. Ada kecenderungan untuk menerapkan koreksi kesalahan terhadap blok data yang semakin besar.

Koreksi kesalahan ke depan menjadi menguntungkan apabila jumlah kesalahan sangat tinggi sehingga retransmisi data yang diperlukan akan menurunkan throughput secara besar-besaran. Pada link yang lebih tinggi kecepatannya, alasan terhadap koreksi kesalahan kedepan menjadi lebih besar sebab waktu yang diperlukan untuk membalikkan arah transmisi mungkin sepadan dengan beratus-ratus bit transmisi. Waktu ini adalah relatif tinggi pada link band wideband pada setengah-lipat dua, link tingkat suara yang memiliki modem kecepatan tinggi.

Koreksi kesalahan ke depan secara otomatis ditangani dalam beberapa modem kecepatan tinggi. Ini biasanya disokong oleh metode penanganan kesalahan normal yang digunakan oleh protokol link data. Apabila ini dilakukan, maka kesalahan transmisi yang dibetulkan modem adalah transparan bagi protokol link data. Kesalahan itu yang diperoleh dengan modem ditangani dengan deteksi kesalahan dan prosedur transmisi otomatis pada protokol link data. Kesalahan. Ini mengakibatkan lebih sedikit data yang harus ditransmisikan.

CEK LOOP

Suatu metode deteksi kesalahan yang memiliki tujuan khusus tidak menggunakan kode deteksi kesalahan sama sekali. Sebagai gantinya, semua bit yang diterima ditransmisikan kembali ke pengirimnya, dan mesin pengirim membandingkannya dengan yang asli untuk mengetahui bahwa kedua belah pihak masih utuh. Jika tidak, maka item yang salah diretransmisikan. Skema ini, kadang-kadang dinamakan *cek gaung* atau *cek lup*, biasanya digunakan pada link data dua kali lipat penuh atau pada saluran lup yang bersambung. Sekali lagi, skema ini menggunakan kapasitas saluran secara kurang efisien daripada yang mungkin dengan kode deteksi kesalahan, meskipun dalam banyak sistem path balik pada saluran lipat dua penuh pada dasarnya kurang dimanfaatkan, sebab sebab itu tidak menghasilkan data yang cukup untuk menjaga saluran tetap terisi dengan data dalam kedua arah. Teknik cek lup paling umum dijumpai pada saluran pendek dan sistem dalam-pabrik dimana limbah kapasitas saluran lebih murah. Satu keuntungan yang penting dari teknik ini adalah bahwa teknik ini memberikan tingkat perlindungan yang lebih pasti daripada kebanyakan metode lainnya.

BERAPA BANYAK YANG DITRANSMISIKAN ULANG

Sistem berbeda dalam hal berapa banyak perlu ditransmisikan ketika suatu kesalahan terdeteksi. Sebagian hanya mentransmisikan satu karakter atau satu blok; yang lainnya meretransmisikan banyak blok atau bahkan banyak pesan. Ada dua keuntungan yang mungkin dalam meretransmisikan sejumlah *kecil* data. Pertama, menghemat waktu. Lebih cepat mentransmisikan 50 karakter daripada 5000 apabila ditemukan suatu kesalahan. Namun, jika tinglat kesalahan adalah satu kesalahan karakter dalam satu juta maka hilangnya persentase dalam kecepatan tidak sangat berbeda antara kedua hal di atas. Tentunya luar biasa jika suatu blok sebesar 500.000 harus ditransmisikan.

Kedua, apabila blok besar diretransmisikan, maka harus disimpan entah dimana sampai mesin penerima telah membernarkan bahwa transmisi sudah benar. Ini sering tidak menjadi masalah. Misalnya, dalam mentransmisikan dari pita, pembaca pita hanya berbalik ke permulaan blok. Pita merupakan simpanan pesannya sendiri. Hal yang sama terjadi pada transmisi dari disk magnet. Namun, dengan

transmisi dari keyboard, *buffer* diperlukan jika terdapat kesempatan bahwa pesan mungkin harus diretransmisikan secara otomatis.

Kerugian-kerugian menggunakan blok kecil untuk retransmisi adalah, pertama, bahwa kode deteksi kesalahan mungkin lebih efisien pada blok data yang besar. Dengan kata lain, rasio jumlah bit-bit deteksi kesalahan terhadap jumlah bit-bit data adalah lebih kecil bagi tingkat perlindungan tertentu jika kuantitas data adalah besar. Kedua, dimana blok data dikirim secara sinkron, suatu jangka waktu ditempuh antara pengakuan-pengakuan dalam karakter kontrol dan prosedur perubahan haluan saluran. Semakin banyak data yang ditransmisikan antara pengakuan, maka semakin kurang penting waktu yang terbuang ini. Sistem transmisi yang dirancang dengan baik mencapai persetujuan antara faktor ini.

Retransmisi Satu Karakter

Di sini, karakter secara individu merupakan kesalahan yang dicek, sebab dengan cek keseimbangan atau tipe kode lainnya. Segera setelah suatu kesalahan dideteksi, maka retransmisi dari karakter itu diperlukan. Ini mungkin digunakan hanya pada link data yang sangat rendah, misalnya, yang menggunakan transmisi yang tak sinkron.

Retransmisi Satu Kata

Beberapa tipe peralatan perhitungan menggunakan *kata-kata* yang terdiri dari blok-blok karakter lainnya. Blok mungkin menggunakan bit keseimbangan untuk masing-masing karakter, dan juga untuk setiap kata. Terminal yang mentransmisikan mungkin memiliki buffer yang menggunakan dua kata seperti itu. Jika penerima mendeteksi suatu kesalahan dan keseimbangan lajur atau kolom, maka retransmisi dari kata itu dapat diselidiki.

Retransmisi Suatu Frame

Kata di atas adalah singkat dan pasti panjangnya. Banyak mesin melakukan retransmisi terhadap *frame-frame* yang lengkap pada suatu waktu yang jauh lebih panjang daripada kata khas dan lebih sering daripada tidaknya dalam variabel panjang. Mesin itu mungkin memiliki suatu format dimana karakter transmisi ujung mengakhiri teks, yang diikuti dengan karakter pengecekan kesalahan. Ini

merupakan unit retransmisi yang digunakan oleh protokol binary sinkron dan protokol yang diorientasikan pada bit.

Frame biasanya ditransmisikan dari wilayah panjang variabel dalam penyimpanan pada komputer dari buffer dalam unit kontrol yang dilekatkan pada stasiun transmisi, dan mungkin ada ada ukuran maksimal bagi frame yang dapat ditransmisikan. Jika pesan yang lengkap melebihi ukuran, maka mungkin dipecah-pecah dalam frame yang terpisah yang dihubungkan bersama.

Retransmisi Blok Pesan

Apabila kecepatan transmisi tinggi, maka menjadi ekonomis pada banyak sistem untuk mentransmisikan data secara sinkron dalam blok yang besar. dalam hal ini, frame mungkin tidak berisi satu pesan atau catatan, melainkan beberapa. Pada kebanyakan sistem, apabila suatu kesalahan terjadi dalam banyak catatan, maka seluruh frame ditransmisikan. Dengan menggunakan mesin yang memiliki kapabilitas logika yang bagus adalah mungkin untuk hanya mengirimkan kembali catatan yang salah dan tidak semua catatan lainnya di dalam frame. Ini di luar kapabilitas dari sebagian besar protokol yang digunakan pada saat ini.

Retransmisi Kelompok Frame

Ini merupakan sistem yang digunakan dengan protokol yang diorientasikan pada bit seperti HDLC. Dengan protokol yang diorientasikan pada bit, maka grup frame mungkin dikirimkan dengan pengakuan tunggal. dengan sebagian besar protokol yang diorientasikan pada bit, sampai delapan frame mungkin dikirimkan antara pengakuan; beberapa variasi protokol membolehkan hingga 128 frame untuk dikirimkan. Jika semua frame ditemukan bebas dari kesalahan, maka pengakuan positif tunggal dikirimkan. Apabila suatu frame ditemukan salah dalam semua frame yang dikirimkan sebab pengakuan sebenarnya diretransmisikan secara otomatis.

Retransmisi Batch (tumpukan) Record Terpisah

Kadang-kadang suatu kontrol ditempatkan pada seluruh batch catatan. Karena dengan kontrol yang secara konvensional digunakan dalam pemrosesan data batch, maka komputer menaikkan angka hitungan dan/atau field tertentu dari masing-masing catatan untuk menghasilkan *total hash*. Total-total ini diakumu-

lasikan pada ujung pengiriman dan penerimaan dan kemudian dibandingkan. Bentuk deteksi kesalahan ini dapat juga digunakan dalam sistem dimana satu komputer mengirimkan suatu program ke komputer lainnya. Adalah vital bahwa sebaiknya tidak terdapat kesalahan dalam program, sehingga kata-kata atau grup karakter mungkin dinaikkan sampai total hash yang kurang berarti. Total hash ini dapat ditransmisikan dengan program, dan hanya jika komputer penerima memperoleh total yang sama dalam tambahannya merupakan program yang diterima.

Beberapa bentuk kontrol batch dari tipe ini sering digunakan, dimana dapat diterapkan, *demikian juga* kontrol transmisi otomatis lainnya sebagai suatu peringatan awal menolak keamanan. Kegunaannya seluruhnya dalam tangan analisis sistem dan, dapat dibuat sebagai komprehensif dan stabil sebagai mana diperlukan.

Retransmisi pada Waktu Berikutnya

Total batch yang baru saja kita bicarakan biasanya dicek seketika; transmisi selesai, dan pengirim dicatat apakah total batch itu benar atau tidak. Beberapa bentuk cek validitas mungkin tidak mampu digunakan sampai item-item diproses. Misalnya, item-item itu perlu membandingkan transaksi dengan tape master. Namun demikian, item-item itu merupakan kontrol kesalahan yang berharga, dan komputer yang memulai mungkin menjaga data dalam filenya sampai komputer penerima telah membenarkan validasi.

KONTROL KESALAHAN TRANSMISI

Untuk mengatur retransmisi data otomatis dimana suatu kesalahan telah terdeteksi, banyak karakter khusus (*karakter kontrol*) kadang-kadang digunakan. Misalnya, dengan protokol sinkron binary, karakter yang menyatakan pengakuan positif dikirim oleh penerima untuk menandai transmisi dimana suatu frame telah diterima secara benar. Sama halnya, kode yang menunjukkan pengakuan negatif dikirim oleh terminal penerima untuk memberitahukan pada transmisi bahwa suatu frame yang diterima memiliki kesalahan didalamnya. Apabila transmisi mengirimkan suatu frame pada sebagian besar sistem, maka menunggu harus sebelum mengirimkan frame berikutnya sampai karakter kontrol pengakuan diterima dari transmisi. Jika pengakuan positif diterima, maka transmisi terus berlanjut secara normal; jika pengakuan negatif, maka ia mengirimkan kembali frame yang salah.

Transmitter itu sendiri umumnya melakukan beberapa ceking kesalahan terhadap apa yang ia kirimkan. Adalah mungkin bahwa sirkuit yang melakukan hal ini mungkin mendeteksi suatu kesalahan yang salah atas mana transmisi telah dimulai. Kemudian transmitter harus membatalkan frame; oleh karena itu transmisi mengirimkan kode Batal. Mesin-mesin transmisi dan penerimaan mungkin memiliki sirkuit yang dirancang untuk mendeteksi karakter khusus ini.

Dalam protokol yang lebih canggih, seluruh frame mengalir kembali dan seterusnya antara stasiun yang melakukan komunikasi untuk mengontrol prosedur kontrol kesalahan. Dalam beberapa hal, frame data normal dapat membawa bit-bit kontrol yang memungkinkannya untuk digunakan sebagai pengakuan positif. dalam hal ini, apabila suatu pengakuan positif diperlukan, maka frame data normal dapat digunakan untuk keperluan ini, oleh karena itu mengurangi jumlah transmisi tinggi yang diperlukan apabila tak ada kesalahan yang terjadi.

PENCACAHAN RECORD GANJIL-GENAP

Adalah mungkin bahwa karakter kontrol atau frame kontrol sendiri atau karakter transmisi-ujung tidak dapat disahkan oleh kesalahan suara. Jika ini terjadi, maka ada bahaya dimana frame transmisi yang lengkap mungkin hilang atau dua frame yang secara kurang hati-hati terkirim dua kali. Untuk mencegah kesalahan ini, maka count ganjil-genap kadang-kadang menjadikan of the records tetap tertransmisikan.

Dengan beberapa protokol, karakter kontrol terkirimkan yang menunjukkan apakah ini merupakan blok berjumlah ganjil atau genap. Pada beberapa sistem dua karakter *start-of-transmission* alternatif digunakan. Dengan skema lainnya, adalah karakter ACK yang berisi cek ganjil-genap. Dengan protokol sinkron binary, dua sinyal pengakuan positif yang berbeda dikirimkan: ACK0 dan ACK1. Dalam kode ASCII terdapat hanya satu karakter ACK, maka apabila ASCII digunakan maka rentetan dua karakter digunakan untuk pengakuan positif. Jika blok yang berjumlah ganjil tidak mengikuti blok yang berjumlah genap, maka blok setelah blok benar terakhir diretransmisikan.

NOMOR URUT FRAME

Adalah benar-benar mustahil bahwa dua blok dapat hilang bersama-sama atau bahwa dua blok ditransmisikan dua kali dengan cara yang sedemikian rupa sehingga count genap-ganjil tidak akan mendeteksi kesalahan. Namun, untuk mengindari

kemungkinan ini, kebanyakan protokol modern menggunakan *angka urut* untuk mencek bahwa ini belum terjadi, sebagai ganti dari count genap-ganjil. Oleh karena kita telah menyebutkan, angka urut 3-bit atau 7-bit digunakan dengan protokol yang berorientasi bit. Bit ini merupakan bagian dari informasi kontrol yang dikirim dengan masing-masing frame transmisi. Selain memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap frame yang hilang atau lipat dua, angka urut tersebut juga memungkinkan lebih banyak data terkirim sebelum pengakuan diperlukan.