

7.4 Error Kontrol

Berfungsi untuk mendeteksi dan memperbaiki error-error yang terjadi dalam transmisi frame-frame.

Ada 2 tipe error yang mungkin :

- Frame hilang : suatu frame gagal mencapai sisi yang lain
- Frame rusak : suatu frame tiba tetapi beberapa bit-bit-nya error.

Teknik-teknik umum untuk error control, sebagai berikut :

- Deteksi error : telah dibahas dalam chapter 4; dipakai CRC.
- Positive acknowledgment: tujuan mengembalikan suatu positif acknowledgment untuk penerimaan yang sukses, frame bebas error.

- Transmisi ulang setelah waktu habis: sumber mentransmisi ulang suatu frame yang belum diakui setelah suatu waktu yang tidak ditentukan.
- Negative acknowledgment dan transmisi ulang : tujuan mengembalikan negative acknowledgment dari frame-frame dimana suatu error dideteksi. Sumber mentransmisi ulang beberapa frame.

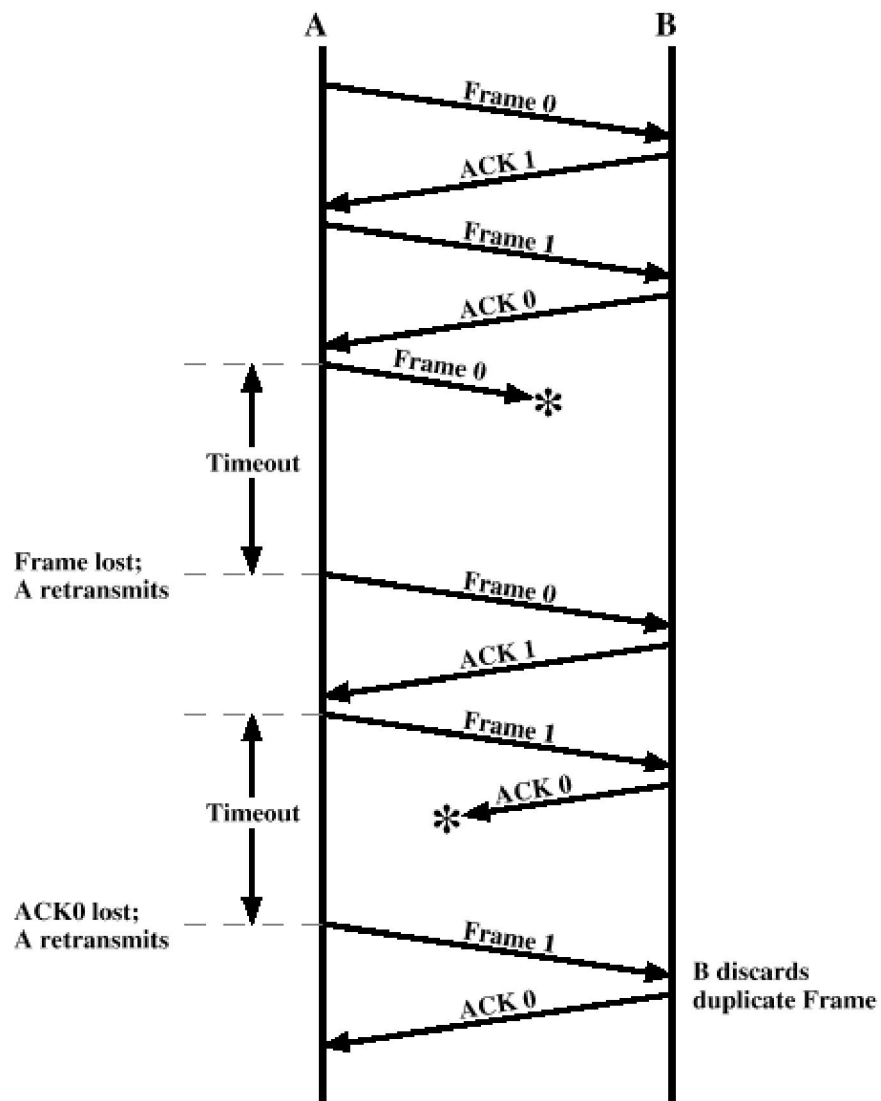
Mekanisme ini dinyatakan sebagai **Automatic Repeat Request (ARQ)** yang terdiri dari 3 versi :

- Stop and wait ARQ.
- Go-back-N ARQ.
- Selective-reject ARQ.

Stop and wait ARQ

Berdasarkan pada teknik flow control stop and wait dan digambarkan dalam gambar 7.10.

Stasiun sumber mentransmisikan suatu frame tunggalkan kemudian harus menunggu suatu acknowledgment (ACK) dalam periode tertentu. Tidak ada data lain dapat dikirim sampai balasan dari stasiun tujuan tiba pada stasiun sumber. Bila tidak ada balasan maka frame ditransmisi ulang. Bila error dideteksi oleh tujuan, maka frame tersebut dibuang dan mengirim



Gambar 7.7. Stop-and-wait ARQ.

suatu Negative Acknowledgment (NAK), yang menyebabkan sumber mentransmisi ulang frame yang rusak tersebut.

Bila sinyal acknowledgment rusak pada waktu transmisi, kemudian sumber akan habis waktu dan mentransmisi ulang frame tersebut. Untuk mencegah hal ini, maka frame diberi label 0 atau 1 dan positive acknowledgment dengan bentuk ACK0 atau ACK1: ACK0 mengakui menerima frame 1 dan mengindikasikan bahwa receiver siap untuk frame 0. Sedangkan ACK1 mengakui menerima frame 0 dan mengindikasikan bahwa receiver siap untuk frame 1.

Go-back-N ARQ

Termasuk continuous ARQ, suatu stasiun boleh mengirim frame seri yang ditentukan oleh ukuran window, maka teknik flow control sliding window. Sementara tidak terjadi error, tujuan akan meng-acknowledge (ACK) frame yang masuk seperti biasanya.

Teknik Go-back-N ARQ yang terjadi dalam beberapa kejadian :

- Frame yang rusak. Ada 3 kasus :

- f A mentransmisi frame i. B mendeteksi suatu error dan telah menerima frame (i-1) secara sukses. B mengirim A NAKi, mengindikasikan bahwa frame i ditolak. Ketika A menerima NAK ini, maka harus mentransmisi ulang frame i dan semua frame berikutnya yang sudah ditransmisi.
- f Frame hilang dalam transmisi. A kemudian mengirim frame (i+1). B menerima frame (i+1) diluar permintaan, dan mengirim suatu NAKi.
- f Frame hilang dalam transmisi dan A tidak segera mengirim frame- frame tambahan. B tidak menerima apapun dan mengembalikan baik ACK atau NAK. A akan kehabisan waktu dan mentransmisi ulang frame i.

- ACK rusak. Ada 2 kasus :

- f* B menerima frame dan mengirim ACK(i+1), yang hilang dalam transmisi. Karena ACK dikumulatif (contoh, ACK6 berarti semua frame sampai 5 diakui), hal ini mungkin karena A akan menerima sebuah ACK yang berikutnya untuk sebuah frame berikutnya yang akan melaksanakan tugas dari ACK yang hilang sebelum waktunya habis.
- f* Jika waktu A habis, A mentransmisi ulang frame dan semua frame-frame berikutnya.

- NAK rusak. Jika sebuah NAK hilang, A akan kehabisan waktu (time out) pada serangkaian frame dan mentransmisi ulang frame tersebut berikut frame-frame selanjutnya.

Selective-reject ARQ

Hanya mentransmisi ulang frame-frame bila menerima NAK atau waktu habis. Ukuran window yang perlu lebih sempit daripada go-back-N. Untuk go-back-N, ukuran window $2^n - 1$ sedangkan selective-reject 2^n .

Skenario dari teknik ini untuk 3 bit penomoran yang mengizinkan ukuran window sebesar 7 :

1. Stasiun A mengirim frame 0 sampai 6 ke stasiun B.
2. Stasiun B menerima dan mengakui ketujuh frame-frame.
3. Karena noise, ketujuh acknowledgment hilang.
4. Stasiun A kehabisan waktu dan mentransmisi ulang frame 0.
5. Stasiun B sudah memajukan window penerimanya untuk menerima frame 7, 0, 1, 2, 3, 4 dan 5. Dengan demikian dianggap bahwa frame 7 telah hilang dan bahwa frame nol yang baru, diterima.

Problem dari skenario ini yaitu antara window pengiriman dan penerimaan. Yang diatasi dengan memakai ukuran window max tidak lebih dari setengah range penomoran.

Performa

Go-back-N dan selective-reject lebih efisien daripada stop and wait.

Pemakaian maksimum (U) untuk masing-masing teknik :

Stop and wait :

$$\begin{aligned}
 & \text{if } N > 2a+1 \\
 & U = \frac{N}{N+2a+1} \\
 & \text{if } N < 2a+1
 \end{aligned}$$

Selective reject :

$$\begin{aligned}
 & \text{if } N > 2a+1 \\
 & U = \frac{N(1-p)}{N+2a+1} \\
 & \text{if } N < 2a+1
 \end{aligned}$$

Go-back-N :

$$\begin{aligned}
 & \text{if } N > 2a+1 \\
 & U = \frac{N(1-p)}{N+2a+1} \\
 & \text{if } N < 2a+1 \\
 & U = \frac{N(1-p)}{N+2a+1}
 \end{aligned}$$

dimana : a = waktu penyebaran

N = ukuran window

p = probabilitas transmisi suatu frame dengan sukses.

5.4 Protokol-Protokol Data Link Control

Protokol-protokol bit-oriented didisain untuk memenuhi variasi yang luas dari kebutuhan data link, termasuk :

- Point to point dan multipoint links.
- Operasi Half-duplex dan full-duplex.
- Interaksi primary-secondary (misal : host-terminal) dan peer (misal : komputer-komputer).
- Link-link dengan nilai yang besar (misal: satelit) dan kecil (misal: koneksi langsung jarak pendek).

Sejumlah protokol-protokol data link control telah dipakai secara luas dimana-mana :

- High-level Data Link Control (HDLC).
- Advanced Data Communication Control Procedures.
- Link Access Procedure, Balanced (LAP-B).
- Synchronous Data Link Control (SDLC).

Karakteristik-karakteristik Dasar

HDLC didefinisikan dalam tiga tipe stasiun, dua konfigurasi link, dan tiga model operasi transfer data.

Tiga tipe stasiun yaitu :

- Stasiun utama (**primary station**) : mempunyai tanggung jawab untuk mengontrol operasi link. Frame yang dikeluarkan oleh primary disebut **commands**.
- Stasiun sekunder (**secondary station**): beroperasi dibawah kontrol stasiun utama. Frame yang dikeluarkan oleh stasiun-stasiun sekunder disebut **responses**. Primary mengandung link logika terpisah dengan masing-masing stasiun secondary pada line.
- Stasiun gabungan (**combined station**): menggabungkan lebih dari satu stasiun-stasiun primary dan secondary. Stasiun kombinasi boleh mengeluarkan kedua-duanya baik **commands** dan **responses**.

Dua konfigurasi link, yaitu :

- Konfigurasi tanpa keseimbangan (**unbalanced configuration**): dipakai dalam operasi point to point dan multipoint. Konfigurasi ini terdiri dari satu primary dan satu atau lebih stasiun secondary dan mendukung transmisi full-duplex maupun half-duplex.
- Konfigurasi dengan keseimbangan (**balanced configuration**): dipakai hanya dalam operasi point to point. Konfigurasi ini terdiri dari dua kombinasi stasiun dan mendukung transmisi full-duplex maupun half-duplex.

Tiga mode operasi transfer data, yaitu :

- **Normal Response Mode (NRM)**: merupakan unbalanced configuration. Primary boleh memulai data transfer ke suatu secondary, tetapi suatu secondary hanya boleh mentransmisi data sebagai response untuk suatu poll dari primary tersebut.
- **Asynchronous Balanced Mode (ABM)**: merupakan balanced configuration. Kombinasi stasiun boleh memulai transmisi tanpa menerima izin dari kombinasi stasiun yang lain.
- **Asynchronous Response Mode (ARM)**: merupakan unbalanced configuration. Dalam mode ini, secondary boleh memulai transmisi tanpa izin dari primary (misal: mengirim

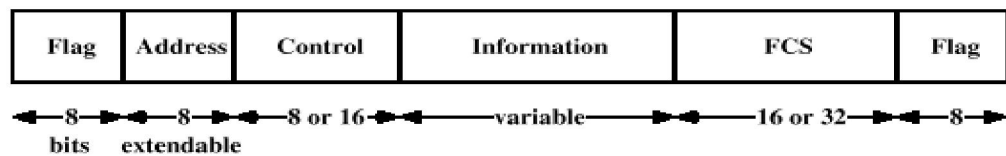
suatu respon tanpa menunggu suatu command). Primary masih memegang tanggung jawab pada line, termasuk inialisasi, perbaikan error dan logika pemutusan.

Struktur frame

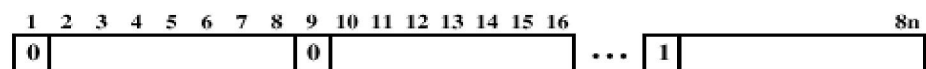
HDLC memakai transmisi synchronous. Gambar 5.13 menunjukkan struktur dari frame HDLC. Frame ini mempunyai daerah-daerah :

- Flag : 8 bit
- Address : satu atau lebih oktaf.
- Control : 8 atau 16 bit.
- Informasi : variabel.
- Frame Check Sequence (FCS) : 16 atau 32 bit.
- Flag : 8 bit.

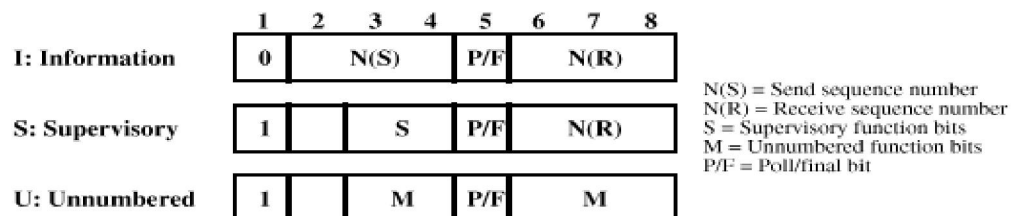
Flag address dan control dikenal sebagai **header**, FCS dan flag dinyatakan sebagai **trailer**.



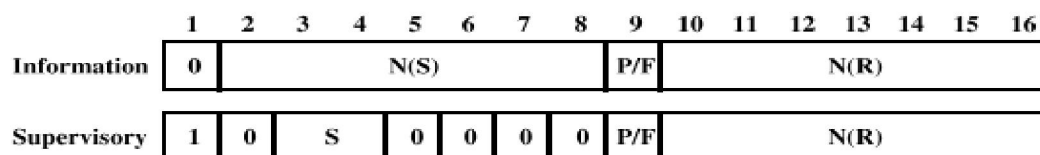
(a) Frame format



(b) Extended Address Field



(c) 8-bit control field format



(d) 16-bit control field format

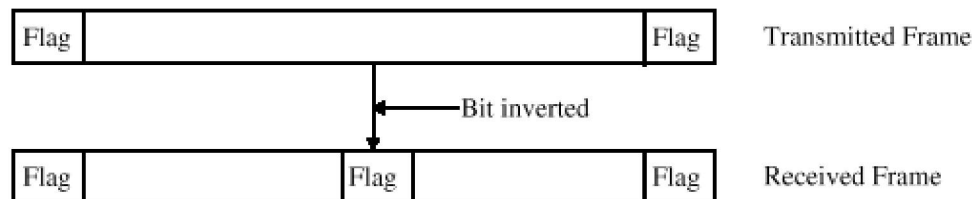
Original Pattern:

111111111111011111101111110

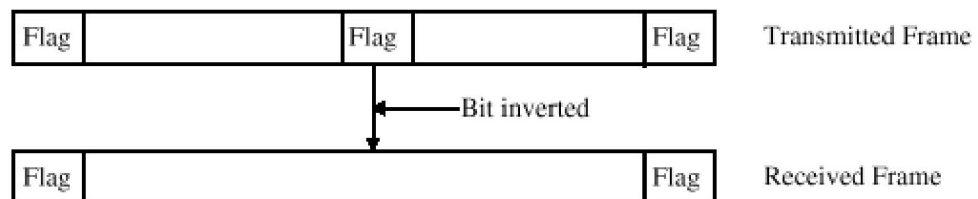
After bit-stuffing

1111101111101101111101011111010

(a) Example



(b) An inverted bit splits a frame in two



(c) An inverted merges two frames

Gambar 7.8. Bitstuffing.

Daerah-daerah Flag

Membatasi frame dengan pola khusus 01111110. Flag tunggal mungkin dipakai sebagai flag penutup untuk satu frame dan flag pembuka untuk berikutnya. Stasiun yang terhubung ke link secara kontinu mencari rangkaian flag yang digunakan untuk sinkronisasi pada start dari suatu frame. Sementara menerima suatu frame, suatu stasiun melanjutkan untuk mencari rangkaian flag tersebut untuk menentukan akhir dari frame.

Apabila pola 01111110 terdapat didalam frame, maka akan merusak level frame sinkronisasi. Masalah ini di cegah dengan memakai **bit stuffing**. Transmitter akan selalu menyisipkan suatu 0 bit ekstra setelah 5 buah rangkaian '1' dalam frame. Setelah mendeteksi suatu permulaan flag, receiver memonitor aliran bit. Ketika suatu pola 5 rangkaian '1' timbul, bit keenam diperiksa. Jika bit ini '0', maka akan dihapus. Jika bit ke 6 dan ke 7 keduanya adalah '1', stasiun pengirim memberi sinyal suatu kondisi tidak sempurna.

Dengan penggunaan bit stuffing maka terjadi **data transparency** (=transparansi data).

Gambar 7.8 menunjukkan suatu contoh dari bit stuffing.

Daerah Address

Dipakai untuk identitas stasiun secondary yang ditransmisi atau untuk menerima frame. Biasanya formatnya dengan panjang 8 bit, tetapi dengan persetujuan lain boleh dipakai dengan panjang 7 bit dan LSB dalam tiap oktet adalah '1' atau '0' bergantung sebagai akhir oktet dari daerah address atau tidak.

Daerah Control

HDLC mendefinisikan tiga tipe frame :

- **Information frames (I-frames)**: membawa data untuk ditransmisikan di stasiun, dikenal sebagai user data, untuk kontrol dasar memakai 3 bit penomoran, sedangkan untuk kontrol yang lebih luas memakai 7 bit.
- **Supervisory frames (S-frames)** : untuk kontrol dasar memakai 3 bit penomoran, sedangkan untuk kontrol yang lebih luas memakai 7 bit.

- Unnumbered frames(U-frames) : melengkapi tambahan fungsi kontrol link.

Daerah Informasi

Ditampilkan dalam I-frames dan beberapa U-frames.

Panjangnya harus merupakan perkalian dari 8 bit.

Daerah Frame Check Sequence (FCS)

Dipakai untuk mengingat bit-bit dari frame, tidak termasuk flag-flag. Biasanya panjang FCS adalah 16 bit memakai definisi CRC-CCITT. 32 bit FCS memakai CRC-32.

Operasi

Operasi dari HDLC terdiri dari pertukaran I-frames, S-frames, dan U-frames antara sebuah primary dan sebuah secondary atau antara dua primary.

Information Frames

Tiap I-frame mengandung serangkaian nomor dari frame yang ditransmisikan suatu poll/final (P/F) bit. Poll bit untuk command (dari primary) dan final bit (dari secondary) untuk response.

Dalam Normal response mode (NRM), primary menyebarkan suatu poll yang memberi izin untuk mengirim, dengan mengeset poll bit ke '1', dan secondary mengeset final bit ke '1' pada akhir respon I-frame-nya.

Dalam asynchronous response mode (ARM) dan Asynchronous balanced mode (ABM), P/F bit kadang dipakai untuk mengkoordinasi pertukaran dari S- dan U-frames.

Supervisory Frame

S-frame dipakai untuk flow dan error control.

Unnumbered Frames

U-frame dipakai untuk fungsi kontrol. Frame ini tidak membawakan nomor-nomor dan tidak mengubah flow dari penomoran I-frame.

Frame-frame ini dikelompokkan menjadi kategori-kategori :

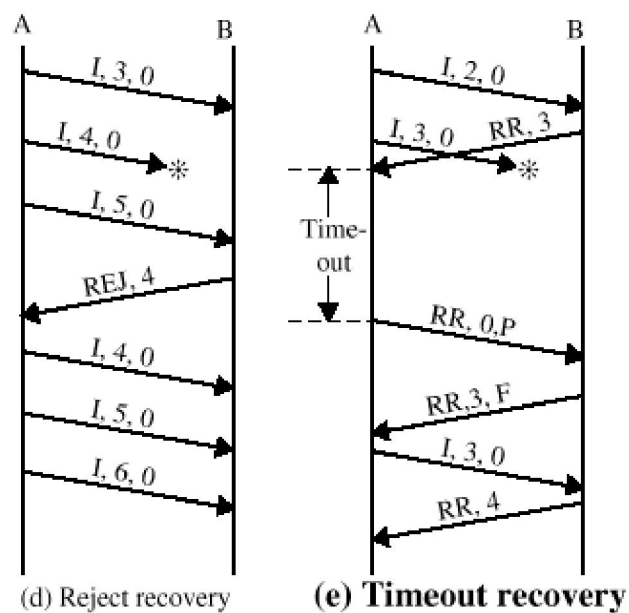
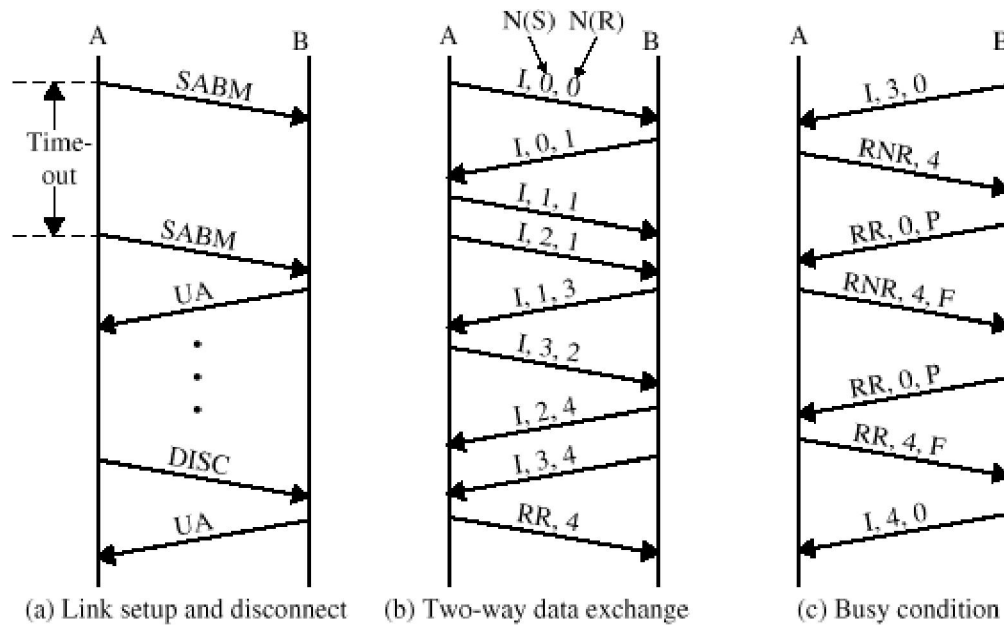
- **Mode-setting commands and responses;** mode-setting command ditransmisi oleh stasiun primary/kombinasi untuk inialisasi atau mengubah mode dari stasiun secondary/kombinasi.
- **Information transfer commands and responses;** dipakai untuk pertukaran informasi antara stasiun-stasiun.
- **Recovery commands and responses;** dipakai ketika mekanisme ARQ yang normal tidak berkenan atau tidak akan bekerja.
- **Miscellaneous commands and responses.**

Contoh-contoh Operasi

Gambar 7.9 menampilkan beberapa contoh operasi HDLC.

Gambar 7.9a menunjukkan frame-frame yang terlihat dalam link setup dan disconnect. Entity HDLC untuk stasiun mengeluarkan command SABM untuk sisi yang lain dan memulai timer. Sisi yang lain, setelah menerima command SABM, mengembalikan respon UA dan mengeset variabel lokaldan counter ke nilai inisialisasinya. Entity awal menerima respon UA, mengeset variabelnya dan counter-counter, dan menghentikan timer. Koneksi logika sekarang aktif, dan kedua sisi boleh mulai mentransmisikan frame-frame. Sewaktu timer selesai tanpa suatu respon, A akan mengulang SABM. Hal ini akan diulang sampai UA atau DM diterima.

Penggambaran yang sama untuk prosedur pemutusan (disconnect). Stasiun mengeluarkan command DISC dan yang lain merespon dengan respon UA.



Gambar 7.9. Contoh dari operasi HDLC.

Gambar 7.9b menggambarkan pertukaran full-duplex dari I-frames. Ketika suatu entity mengirim suatu nomor I-frame dalam suatu anak panah dengan tanpa penambahan data, kemudian serangkaian nomor yang diterima diulang (misal, 1.1; 1.2 dalam arah A ke B).

Ketika suatu entity menerima suatu nomor I-frame dalam suatu anak panah dengan tanpa frame yang keluar, kemudian serangkaian nomor yang diterima dalam frame yang keluar berikutnya harus mencerminkan aktivitas kumulatif (misal 1.1.3 dalam arah B ke A). Catatan, sebagai tambahan untuk I-frames, pertukaran data boleh melibatkan S-frames.

Gambar 7.9c menunjukkan suatu operasi untuk kondisi yang sibuk. Beberapa kondisi dapat meningkat karena entity HDLC tidak mampu memproses I-frame secepat I-frame tersebut tiba, atau maksudnya tidak mampu menerima data secepat mereka tiba dalam I-frames. Buffer dari entity penerima akan terisi dan harus menghentikan flow I-frame yang masuk dengan memakai command RNR. Dalam contoh ini, stasiun mengeluarkan RNR, yang memerlukan sisi yang lain untuk menahan transmisi I-frames. Stasiun yang menerima RNR akan mem-poll stasiun yang sibuk pada beberapa interval period dengan mengirim RR dengan set P bit. Hal ini memerlukan sisi lainnya untuk merespon dengan RR ataupun RNR. Ketika kondisi sibuk telah jelas, B mengembalikan RR, dan transmisi I-frame dari NT dapat mulai lagi. Gambar 7.9d suatu contoh error recovery memakai command REJ. Dalam contoh ini, A mentransmisi I-frame nomor 3, 4 dan 5. Nomor 4 terjadi error. B mendeteksi error tersebut dan membuang frame tersebut. Ketika B menerima I-frame nomor 5, maka frame ini dibuang karena diluar permintaan dan mengirim REJ dengan N(R) dari 4. Hal ini menyebabkan A untuk melakukan transmisi ulang dari semula-frame yang sudah dikirim, dimulai dengan frame 4. Dan kemudian dapat melanjutkan untuk mengirim frame tambahan setelah frame yang ditransmisi ulang.

Gambar 7.9e menunjukkan error recovery memakai time out. Dalam contoh ini, A mentransmisi I-frame nomor 3 sebagai akhir dalam rangkaian I-frames. Frame tersebut mengalami error. B mendeteksi error tersebut dan membuangnya. Bagaimanapun, B tidak dapat mengirim REJ. Hal ini karena tidak ada cara untuk mengetahui bila ini adalah suatu I-

frame. Jika suatu error dideteksi dalam suatu frame, semua bit-bit ini dari frame tersebut disangsikan, dan receiver tidak mempunyai cara untuk bertindak atas hal tersebut. A, bagaimanapun, memulai suatu timer begitu frame ditransmisi. Timer ini mempunyai panjang durasi yang cukup untuk merentang respon waktu yang diharapkan. Ketika timer berakhir, A melaksanakan tindakan pemulihan. Hal ini biasanya dilakukan dengan mem-poll sisi lain dengan command RR dengan set P bit, untuk menentukan status dari sisi lain tersebut. Karena poll membutuhkan suatu respon, entity akan menerima suatu frame yang mengandung $N(R)$ dan mampu memproses. Dalam kasus ini, respon mengindikasikan bahwa frame 3 hilang, dimana A mentransmisi ulang.