

## BAB 6

### JENIS-JENIS ENCODING DATA

#### 6.1 Pendahuluan

Modulasi adalah proses encoding sumber data dalam suatu sinyal carrier dengan frekuensi  $f_c$ . Empat kombinasi yang muncul dari komunikasi pada gambar 3.1 :

- data digital, sinyal digital
- data analog, sinyal digital
- data digital, sinyal analog
- data analog, sinyal analog.
- 

#### 6.2 Data Digital, Sinyal Digital

Elemen sinyal adalah tiap pulsa dari sinyal digital. Data binary ditransmisikan dengan mengencode-kan tiap bit data menjadi elemen-elemen sinyal. Sinyal **unipolar** adalah semua elemen sinyal yang mempunyai tanda yang sama, yaitu positif semua atau negatif semua. Sinyal **polar** adalah elemen-elemen sinyal di mana salah satu logis state nyadiwakili oleh level tegangan positif dan yang lainnya oleh level tegangan negatif.

Durasi atau lebar suatu bit adalah waktu yang diperlukan oleh transmitter untuk memancarkan bit tersebut. **Modulation rate** adalah kecepatan dimana level sinyal berubah, dinyatakan dalam **bauds** atau elemen sinyal per detik. Istilah **mark** dan **space** menyatakan digit binary '1' dan '0'.

Tugas-tugas receiver dalam mengartikan sinyal-sinyal digital :

- receiver harus mengetahui timing dari tiap bit
- receiver harus menentukan apakah level sinyal dalam posisi bit high(1) atau low(0)

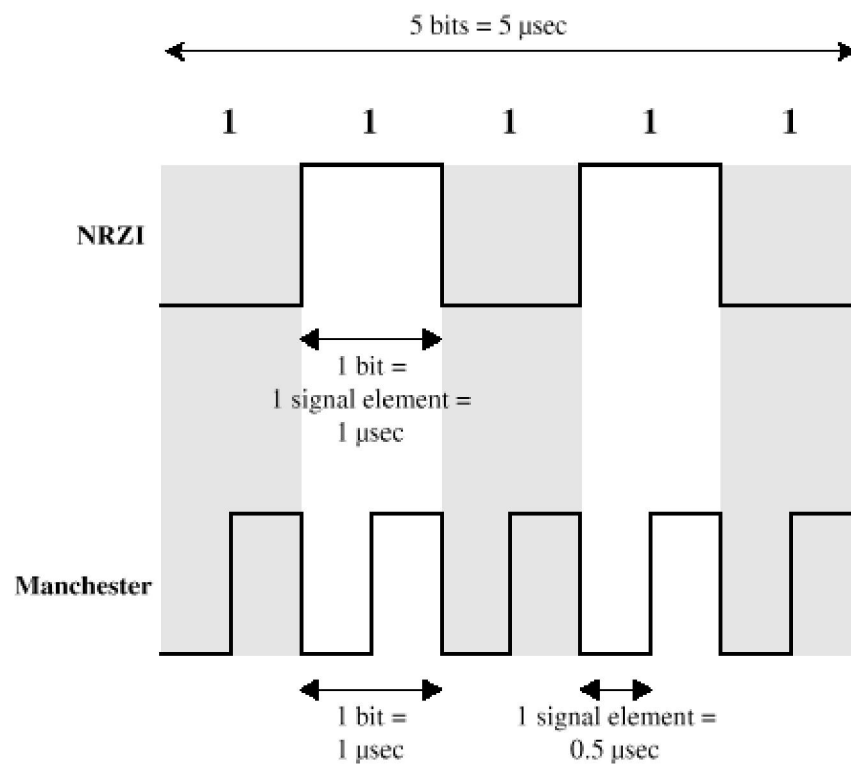
Tugas-tugas ini dilaksanakan dengan men-sampling tiap posisi bit pada tengah-tengah interval dan membandingkan nilainya dengan threshold. Faktor yang menentukan sukses dari receiver dalam mengartikan sinyal yang datang :

- **Data rate**(kecepatan data): peningkatan data rate akan meningkatkan bit error rate (kecepatan error dari bit).
- **S/N** : peningkatan S/N akan menurunkan bit error rate.
- **Bandwidth** : peningkatan bandwidth dapat meningkatkan data rate.

Lima faktor yang perlu dinilai atau dibandingkan dari berbagai teknik komunikasi :

- Spektrum sinyal : disain sinyal yang bagus harus mengkonsentrasikan kekuatan transmisinya pada daerah tengah dari bandwidth transmisi; untuk mengatasi distorsi dalam penerimaan sinyal digunakan disain kode yang sesuai dengan bentuk dari spektrum sinyal transmisi.
- Clocking : menentukan awal dan akhir dari tiap posisi bit dengan mekanisme sinkronisasi yang berdasarkan pada sinyal transmisi.
- Deteksi error : dibentuk dalam skema fisik encoding sinyal.
- Interferensi sinyal dan Kekebalan terhadap noise
- Biaya dan kesulitan: semakin tinggi kecepatan sinyal untuk memenuhi data rate yang ada, semakin besar biayanya.

Kita sekarang akan membahas beberapa teknik tersebut.



Gambar 6.1. Format encoding sinyal digital.

#### NONRETURN TO ZERO (NRZ)

Nonreturn-to-Zero-Level (NRZ-L) yaitu suatu kode dimana tegangan negatif dipakai untuk mewakili suatu binary dan tegangan positif dipakai untuk mewakili binary lainnya.

**NonreturntoZeroInverted (NRZI)** yaitu suatu kode dimana suatu transisi (low ke high atau high ke low) pada awal suatu bit time akan dikenal sebagai binary '1' untuk bit time tersebut; tidak ada transisi berarti binary '0'. Sehingga NRZI merupakan salah satu contoh dari differensial encoding.

Keuntungan differensial encoding : lebih kebal noise, tidak dipengaruhi oleh level tegangan.

KelemahandariNRZ-LmaupunNRZI:keterbatasandalamkomponendcdankemampuan synchronisasi yang buruk

## MULTILEVEL BINARY

Kode ini menggunakan lebih dari 2 level sinyal (contohnya: pada gambar 6.1, bipolar-AMI dan pseudoternary).

**Bipolar-AMI** yaitu suatu kode dimana binary '0' diwakili dengan tidak adanya line sinyal dan binary '1' diwakili oleh suatu pulsa positif atau negatif.

**Pseudoternary** yaitu suatu kode dimana binary '1' diwakili oleh ketiadaan line sinyal dan binary '0' oleh pergantian pulsa-pulsa positif dan negatif.

Keunggulan multilevel binary terhadap NRZ : kemampuan synchronisasi yang baik, tidak menangkap komponen dc dan pemakaian bandwidth yang lebih kecil, dapat menampung bit informasi yang lebih.

Kekurangannya dibanding NRZ: diperlukan receiver yang mampu membedakan 3 level (+A, -A, 0) sehingga membutuhkan lebih dari 3 db kekuatan sinyal dibandingkan NRZ untuk probabilitas bit error yang sama.

## BIPHASE

Dua tekniknya yaitu : **manchester** dan **differential manchester**.

**Manchester** yaitu suatu kode dimana ada suatu transisi pada setengah dari periode tiap bit: transisi low ke high mewakili '1' dan high ke low mewakili '0'.

**Differential manchester** yaitu suatu kode dimana binary '0' diwakili oleh adanya transisi di awal periode suatu bit dan binary '1' diwakili oleh ketiadaan transisi di awal periode suatu bit.

Keuntungan rancangan biphase :

- Synchronisasi: karena adanya transisi selamatiap bittime, receiver dapatmen- synchron- kan pada transis tersebut atau dikenal sebagai self clocking codes.
- Tidak ada komponen dc.
- Deteksi terhadap error: ketiadaandaritransisi yang diharapkan, dapat dipakai untuk mendeteksi error.

Kekurangannya : memakai bandwidth yang lebih lebar dari pada multilevel binary.

#### MODULATION RATE (KECEPATAN MODULASI)

$$\text{Data rate} = \frac{1}{\text{durasi bit } (t_B)}$$

Modulation rate adalah kecepatan dimana elemen-elemen sinyal terbentuk. Contoh: untuk kode manchester, maksimum modulation rate =  $2 / t_B$ .

Salah satu cara menyatakan modulation rate yaitu dengan menentukan rata-rata jumlah transisi yang terjadi per bit time.

#### TEKNIK SCRAMBLING

Teknik biphase memerlukan kecepatan pensinyal yang tinggi relatif terhadap data rate sehingga lebih mahal pada aplikasi jarak jauh sehingga digunakan teknik scrambling dimana serangkaian level tegangan yang tetap pada line digantikan dengan serangkaian pengisi yang akan melengkapi transisi yang cukup untuk clock receiver mempertahankan synchronisasi.

Hasil dari disain ini :

- tidak ada komponen dc
- tidak ada serangkaian sinyal level nol yang panjang
- tidak terjadi reduksi pada data rate
- kemampuan deteksi error.

**Bipolar with 8-Zeros Substitution (B8ZS)** yaitu suatu kode dimana :

- jika terjadi oktaf dari semuanol dan pulsa tegangan terakhir yang mendahului oktaf ini adalah positif, maka 8 nol dari oktaf tersebut di-encode sebagai 000+ -0- +
- jika terjadi oktaf dari semuanol dan pulsa tegangan terakhir yang mendahului oktaf ini adalah negatif, maka 8 nol dari oktaf tersebut di-encode sebagai 000- +0+ -.

**High-density bipolar-3 zeros (HDB3)** yaitu suatu kode dimana menggantikan string-string dari 4 nol dengan rangkaian yang mengandung satu atau dua pulsa atau disebut kode violation. Jika violation terakhir positive maka violation ini pasti negative dan sebaliknya (lihat tabel 3.3).

Polaritas dari Pulsa akhir	Jumlah dari pulsa-pulsa bipolar karena substitusi terakhir	
	Genap	Ganjil
-	000-	+00+
+	000+	-00-

Tabel 6.1. Aturan substitusi HDB3

Kedua kode ini berdasarkan pada penggunaan AMI encoding dan cocok untuk transmisi dengan data rate tinggi.

### 6.3 Data Digital, Sinyal Analog

Transmisi data digital dengan menggunakan sinyal analog. Contoh umum yaitu public telephone network. Device yang dipakai yaitu **modem** (modulator-demodulator) yang mengubah data digital ke sinyal analog (modulator) dan sebaliknya mengubah sinyal analog menjadi data digital (demodulator).

#### TEKNIK-TEKNIK ENCODING

Tiga teknik dasar encoding atau modulasi untuk mengubah data digital menjadi sinyal analog :

- Amplitude-shift keying (ASK),

dua binary diwakilkan dengan dua amplitudo frekuensi carrier (pembawa) yang berbeda atau dinyatakan sebagai :

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 1} \\ 0 & \text{binary 0} \end{cases}$$

data rate hanya sampai 1200 bps pada voice-grade line; dipakai untuk transmisi melalui fiber optik.

- Frequency-shift keying (FSK),

dua binary diwakilkan dengan dua frekuensi berbeda yang dekat dengan frekuensi carrier atau dinyatakan sebagai :

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2f_1 t) & \text{binary 1} \\ A \cos(2f_2 t) & \text{binary 0} \end{cases}$$

lihat gambar 6.2 dimana terdapat dua frekuensi center untuk komunikasi full-duplex; pada salah satu arah (dapat transmisi atau menerima), frekuensi centernya ( $f_1$ ) = 1170 Hz dengan lebar 100 Hz pada setiap sisinya (bandwidth = 200 Hz) sedangkan arah lainnya, frekuensi centernya ( $f_2$ ) = 2125 Hz dengan lebar 100 Hz pada setiap sisinya (bandwidth = 200 Hz); sulit untuk terkena noise dibandingkan ASK;

data rate dapat mencapai 1200 bps pada voice-grade line; dipakai untuk transmisi radio frekuensi tinggi dan juga local network dengan frekuensi tinggi yang memakai kabel koaksial.

- Phase-shift keying (PSK),

binary 0 diwakilkan dengan mengirim suatu sinyal dengan fase yang sama terhadap sinyal yang dikirim sebelumnya dan binary 1 diwakilkan dengan mengirim suatu sinyal dengan fase berlawanan terhadap sinyal yang dikirim sebelumnya, atau dapat dinyatakan sebagai :

$$A \cos(2 f_c t) \text{ binary 1}$$



$$s(t) =$$

$$\text{Acos}(2 f_c t) \quad \text{binary 0}$$

bilaelemen pensinyalan mewakili lebih dari satu bit, maka bandwidth yang dipakai lebih efisien, sebagai contoh **quadrature phase-shift keying (QPSK)** memakai beda fase setiap 90°.

$$\text{Acos}(2 f_c t + 45^\circ) \quad 11$$

$$\text{Acos}(2 f_c t + 135^\circ) \quad 10 \quad s(t) =$$

$$\text{Acos}(2 f_c t + 225^\circ) \quad 00$$

$$\text{Acos}(2 f_c t + 315^\circ) \quad 01$$

sehingga tiap elemen sinyal mewakili 2 bit; jadi terdapat 12 sudut fase yang memakai modem standart 9600 bps.

Hubungan data rate (dalam bps) dan modulation rate (dalam bauds) :

$$D = R / l = R / \log_2 L$$

dimana : D = modulation rate, bauds

R = data rate, bps

L = jumlah elemen sinyal yang berbeda

l = jumlah bit per elemen sinyal.

## KINERJA

Bandwidth untuk ASK dan PSK :  $B_T = (1+r)R$

dimana  $R$  =  
: bit rate

$r$  = berhubungan dengan teknik dimana sinyal difilter untuk mencapai suatu bandwidth bagi transmisi ( $0 < r < 1$ ).

Bandwidth untuk FSK :  $B_T = 2F + (1+r)R$

dimana :  $F = f_2 - f_c = f_c - f_1$  = beda frekuensi modulasi dari frekuensi carrier.

Dengan pensinyalan multilevel, bandwidth yang dapat dicapai :

$$B_T = (1+r)R / \log_2 L$$

Diketahui bahwa :  $E_b/N_o = S / NoR$

dimana :  $No$  = noise power density (watts/Hz).

Bila noise dalam suatu sinyal dengan bandwidth  $B_T$  adalah  $N = No B_T$

maka :  $E_b/N_o = (S/N)(B/R)$

Bit error dapat dikurangi dengan meningkatkan  $E_b/N_o$  atau dengan cara lain, yaitu dengan mengurangi efisiensi bandwidth.

ASK DAN FSK mempunyai efisiensi bandwidth yang sama, PSK lebih baik lagi.

Pendekatan yang baik dari bandwidth untuk pensinyalan digital :

$$B_T = 0,5(1+r)D$$

dimana :  $D$  = modulation rate. Untuk NRZ,  $D = R$  maka :

$$R/B = 2/(1+r)$$