
Multiplexing

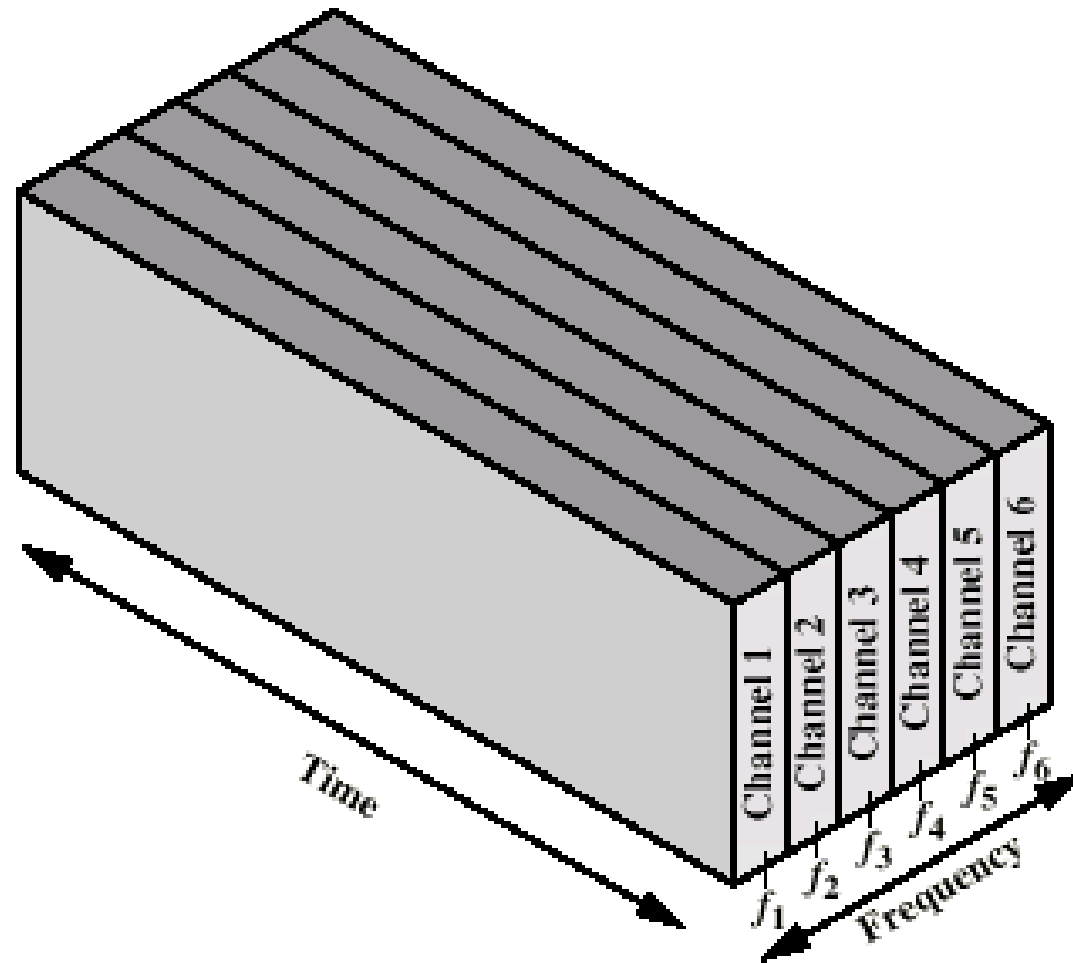
Multiplexing



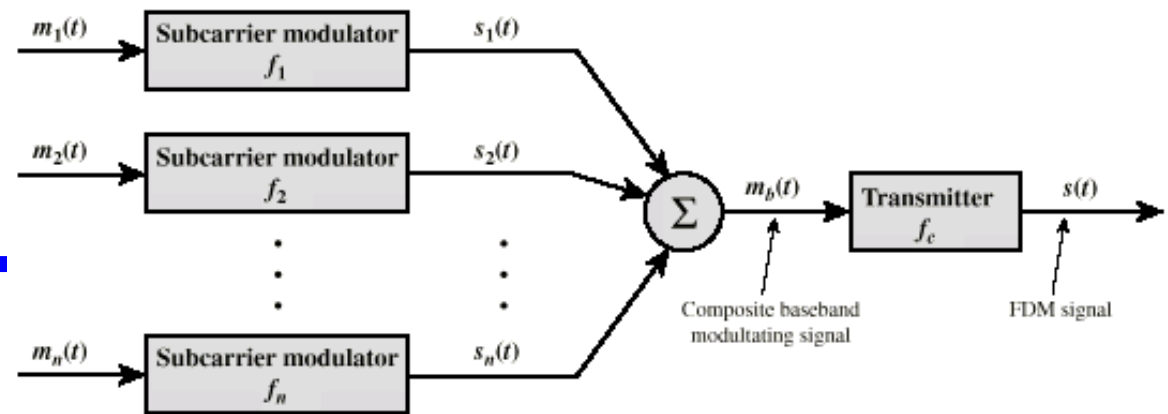
Frequency Division Multiplexing

- FDM
- Sinyal yang dimodulasi memerlukan bandwidth tertentu yang dipusatkan di sekitar frekuensi pembawa disebut channel
- Setiap sinyal dimodulasi ke frekuensi yang berbeda-beda
- Untuk mencegah interferensi channel dipisahkan oleh band pelindung (guard bands)
- Misalnya siaran radio
- Sinyal tetap dialokasikan meskipun tidak ada data

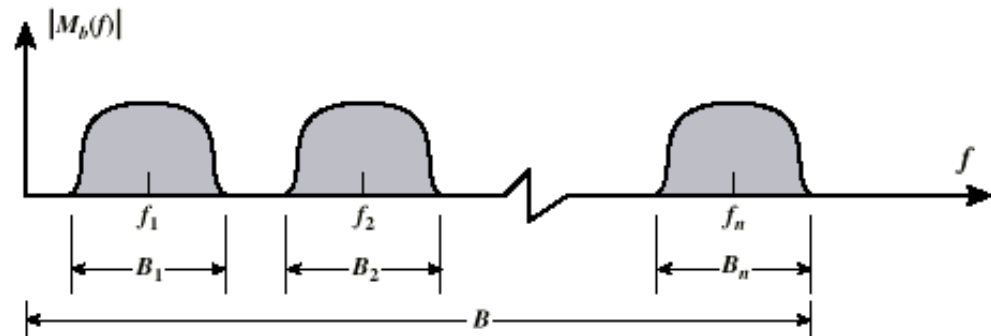
Frequency Division Multiplexing Diagram



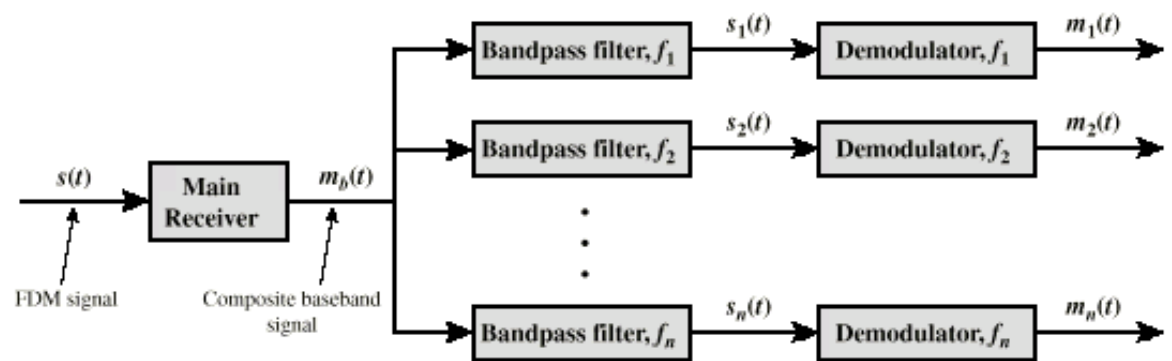
FDM System



(a) Transmitter

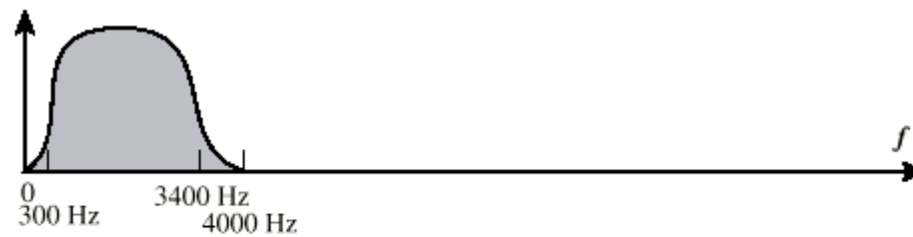


(b) Spectrum of composite baseband modulating signal

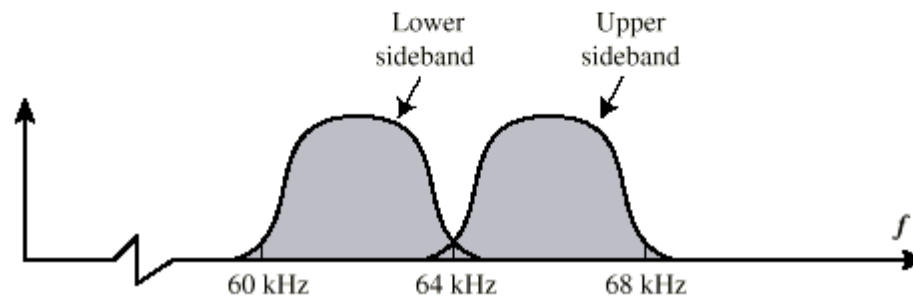


(c) Receiver

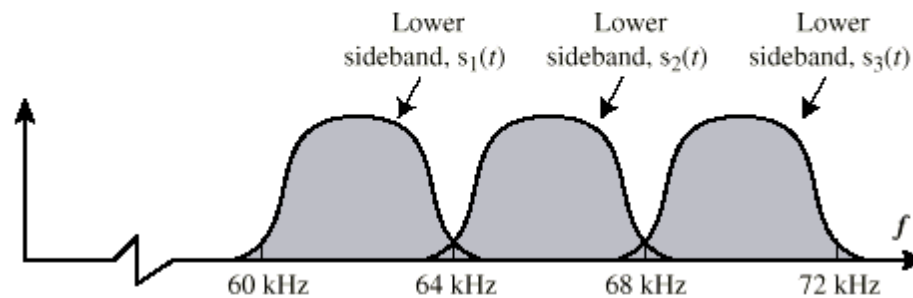
FDM of Three Voiceband Signals



(a) Spectrum of $m_1(t)$, positive f



(b) Spectrum of $s_1(t)$ for $f_1 = 64$ kHz



(c) Spectrum of composite signal using subcarriers at 64 kHz, 68 kHz, and 72 kHz

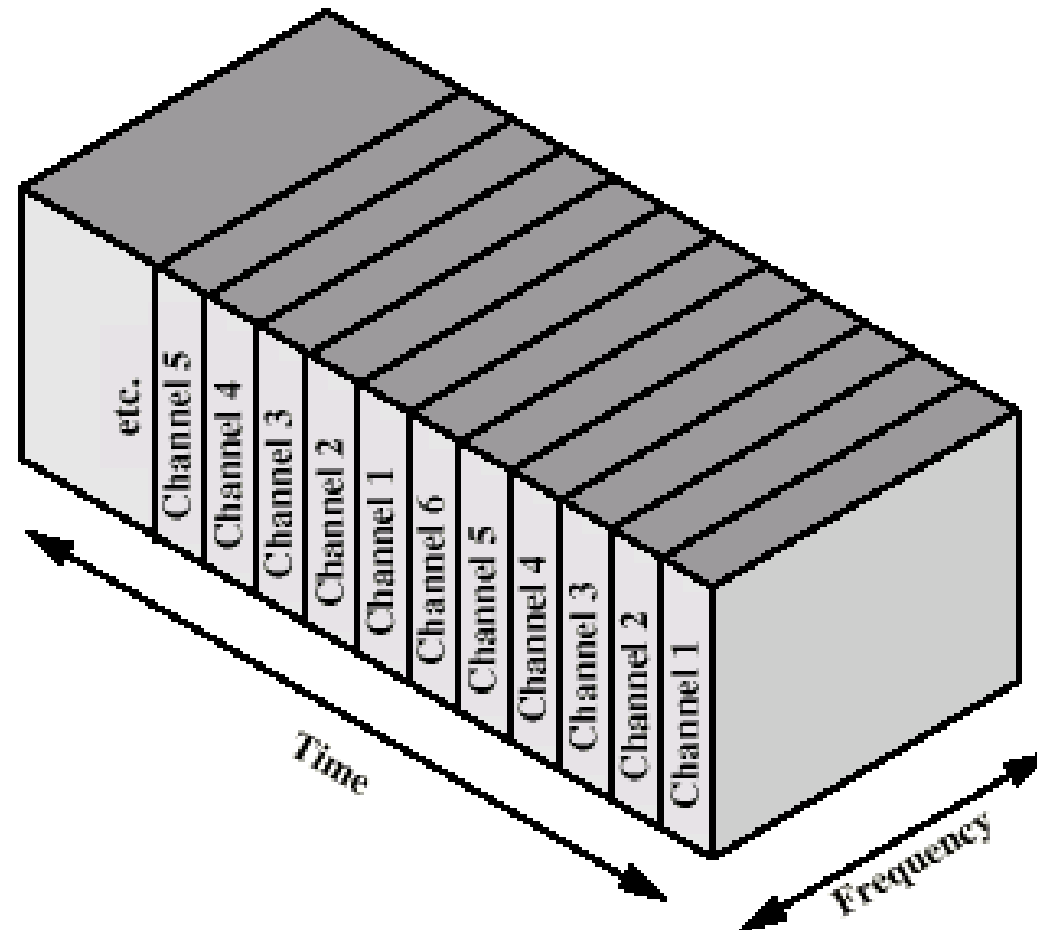
Sistem Pembawa Analog

- AT&T (USA)
- Rancangan hirarki FDM
- Group
 - ▮ 12 channel suara (4kHz /channel) = 48kHz
 - ▮ Rentangan 60kHz - 108kHz
- Supergroup
 - ▮ 60 channel
 - ▮ FDM dengan 5 group sinyal pembawa diantara 420kHz dan 612 kHz
- Mastergroup
 - ▮ 10 supergroup

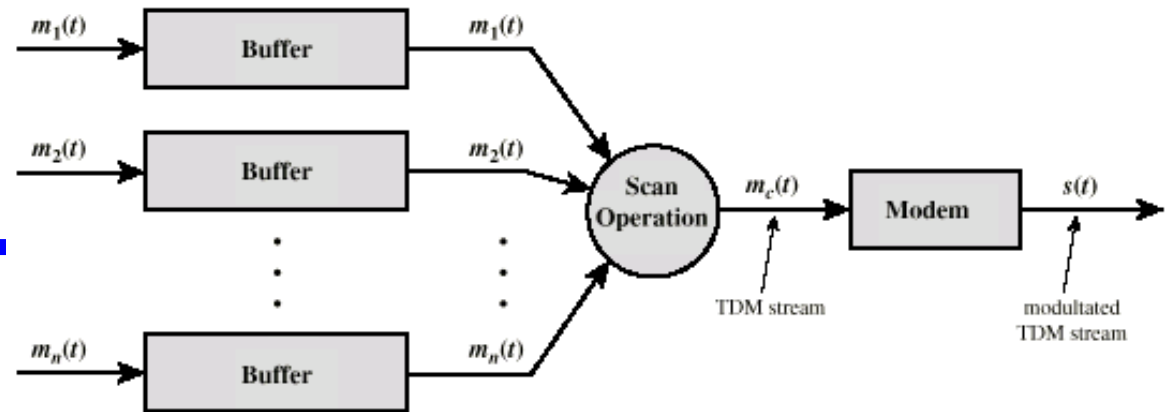
Synchronous Time Division Multiplexing

- Rate data dari suatu media bisa melebihi rate data dari sinyal digital yang ditransmisikan
- Sinyal multiple digital menyisip pada setiap sinyal
- Dilakukan pada blok-blok bit
- Satu jatah waktu ditujukan untuk sumber data

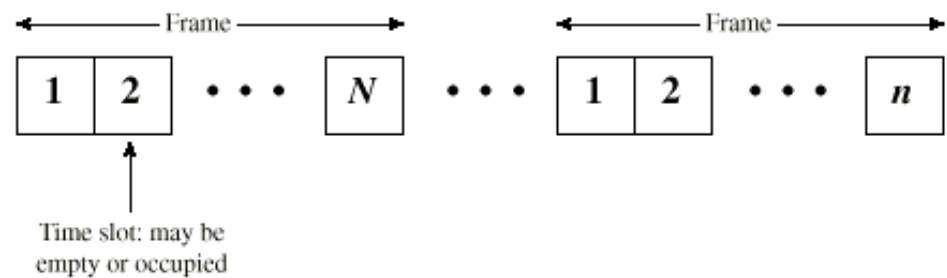
Time Division Multiplexing



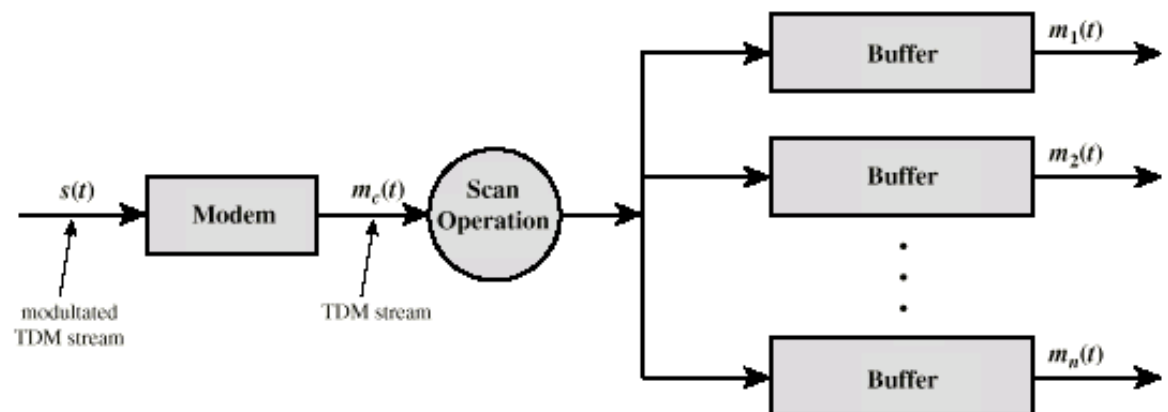
TDM System



(a) Transmitter



(b) TDM Frames

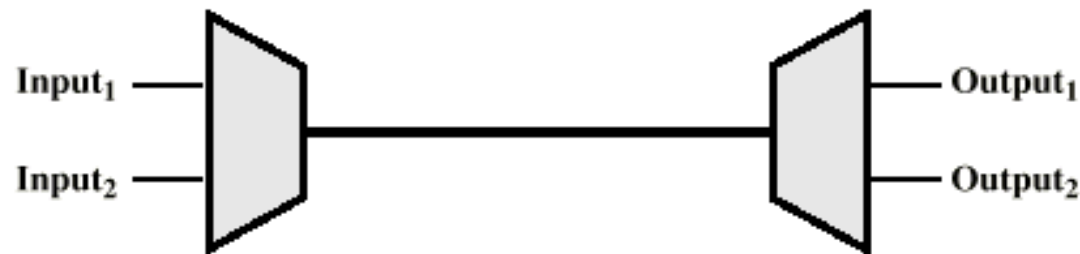


(c) Receiver

TDM Link Control

- Tidak ada header dan pasangannya
- Tidak menentukan protokol data link control
- Kontrol Arus
 - /// Rate data pada jalur multiplexing sudah pasti tetap
 - /// Jika channel tidak dapat menerima data maka channel yang lain harus menerimanya
 - /// Hubungan antar sumber harus berhenti
 - /// Menyebabkan jatah waktu kosong
- Kontrol Kesalahan
 - /// Kesalahan dapat dideteksi dan ditangani oleh sistem channel individu

Data Link Control on TDM



(a) Configuration

Input₁..... F₁ f₁ f₁ d₁ d₁ d₁ C₁ A₁ F₁ f₁ f₁ d₁ d₁ d₁ C₁ A₁ F₁
 Input₂... F₂ f₂ f₂ d₂ d₂ d₂ d₂ C₂ A₂ F₂ f₂ f₂ d₂ d₂ d₂ d₂ C₂ A₂ F₂

(b) Input data streams

... f₂ F₁ d₂ f₁ d₂ f₁ d₂ d₁ d₂ d₁ C₂ d₁ A₂ C₁ F₂ A₁ f₂ F₁ f₂ f₁ d₂ f₁ d₂ d₁ d₂ d₁ d₂ d₁ C₂ C₁ A₂ A₁ F₂ F₁

(c) Multiplexed data stream

Legend: F = flag field d = one octet of data field
 A = address field f = one octet of FCS field
 C = control field

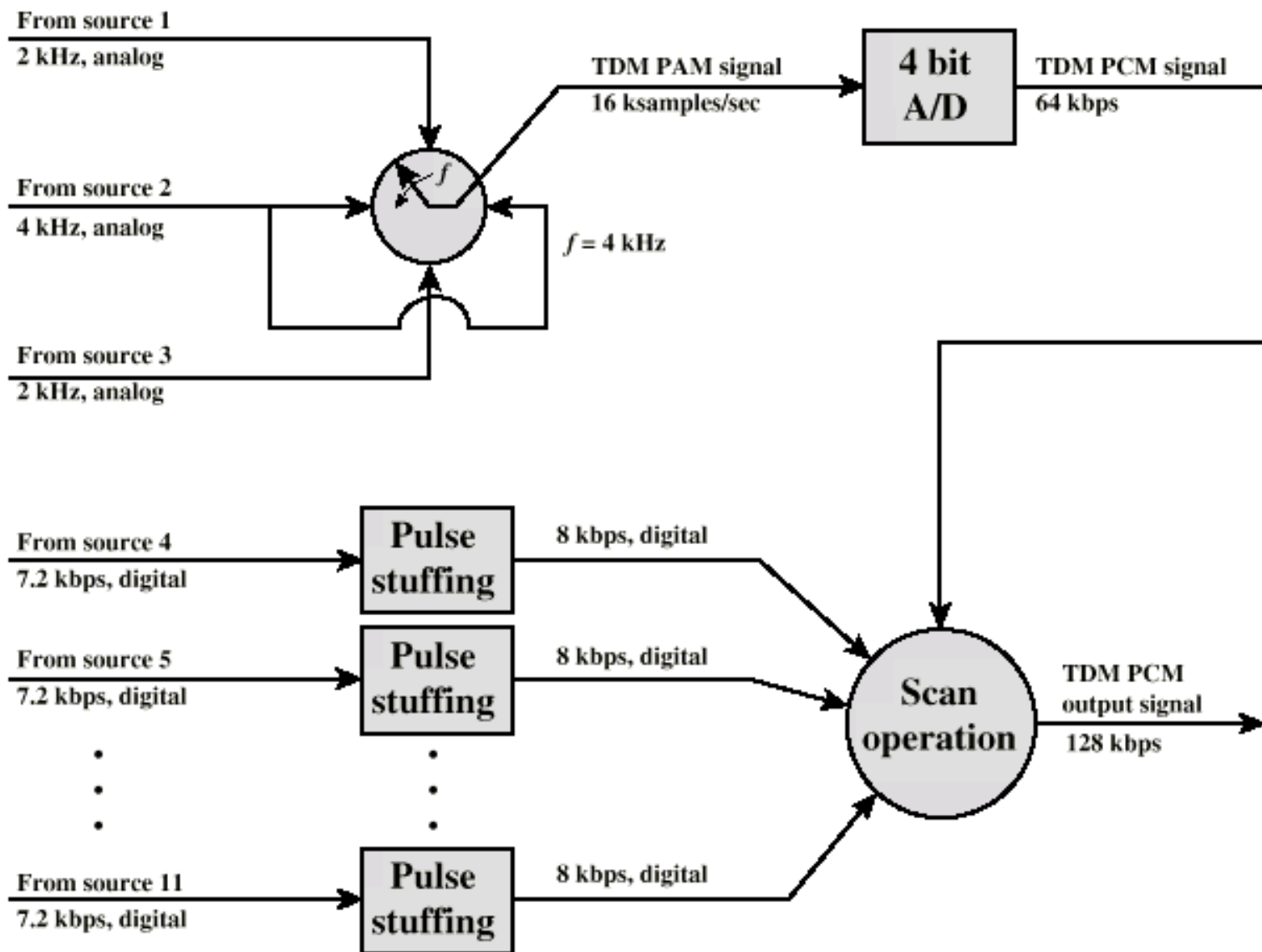
Framing

- Tidak memerlukan tanda atau karakter SYNC untuk menggolongkan frame
- Harus mempertahankan sinkronisasi frame
- Framing Digit Tambahan
 - /// Satu bit kontrol ditambahkan pada setiap TDM frame
 - /// Pola bit yang tidak teridentifikasi digunakan pada channel kontrol
 - /// contoh 01010101...merupakan pola yang tidak mungkin pada channel data
 - /// Dapat membandingkan pola bit yang datang pada setiap channel dengan pola sync

Pengisian Pulsa

- Masalah - sinkronisasi sumber data
- Setiap sumber memiliki letak yang terpisah
- Rate data dari sumber yang berbeda tidak dihubungkan dengan angka rasional sederhana
- Solusi Pengisian Pulsa
 - ▤ Rate data keluar lebih tinggi dibanding dengan jumlah rate yang datang
 - ▤ Kapasitas ekstra digunakan dengan mengisi bit ekstra palsu
 - ▤ Pulsa yang diisi diselipkan ke lokasi tertentu

Sumber Analog dan Digital pada TDM



Sistem Pembawa Digital

- Hirarki dari TDM
- Sebuah sistem yang digunakan pada USA/Canada/Japan
- ITU-T menggunakan sistem yang mirip
- Sistem US berdasarkan pada DS 1 format
- Multiplex 24 channel
- Masing-masing frame mempunyai 8 bit per channel ditambah satu framing bit
- Tiap frame 193 bits

Sistem Pembawa Digital (2)

- Setiap channel suara mengandung satu kata yang berupa data digital (PCM, 8000 sampel per detik)
 - /// Rate Data $8000 \times 193 = 1.544\text{Mbps}$
 - /// Untuk 5 dari 6 frame digunakan sampel PCM 8 bit
 - /// Frame ke 6 berisi PCM 7 bit ditambah bit sinyal
 - /// Pensinyalan membentuk suatu deretan channel suara yang memuat informasi routing dan kontrol jaringan
- Menggunakan format yang sama bagi data digital
 - /// 23 channel data
 - /// Channel ke 24 adalah sync

Data Campuran

- DS-1 dapat membawa campuran channel data dan suara
- Menggunakan 24 channel
- Tidak ada bit sync
- Dapat menyisipkan DS-1 channel

Interface Jaringan User ISDN

- ISDN memungkinkan multiplexing pengguna melalui jalur tunggal ISDN
- Dua interface
 - /// Interface ISDN Dasar
 - /// Inyerface ISDN Primer

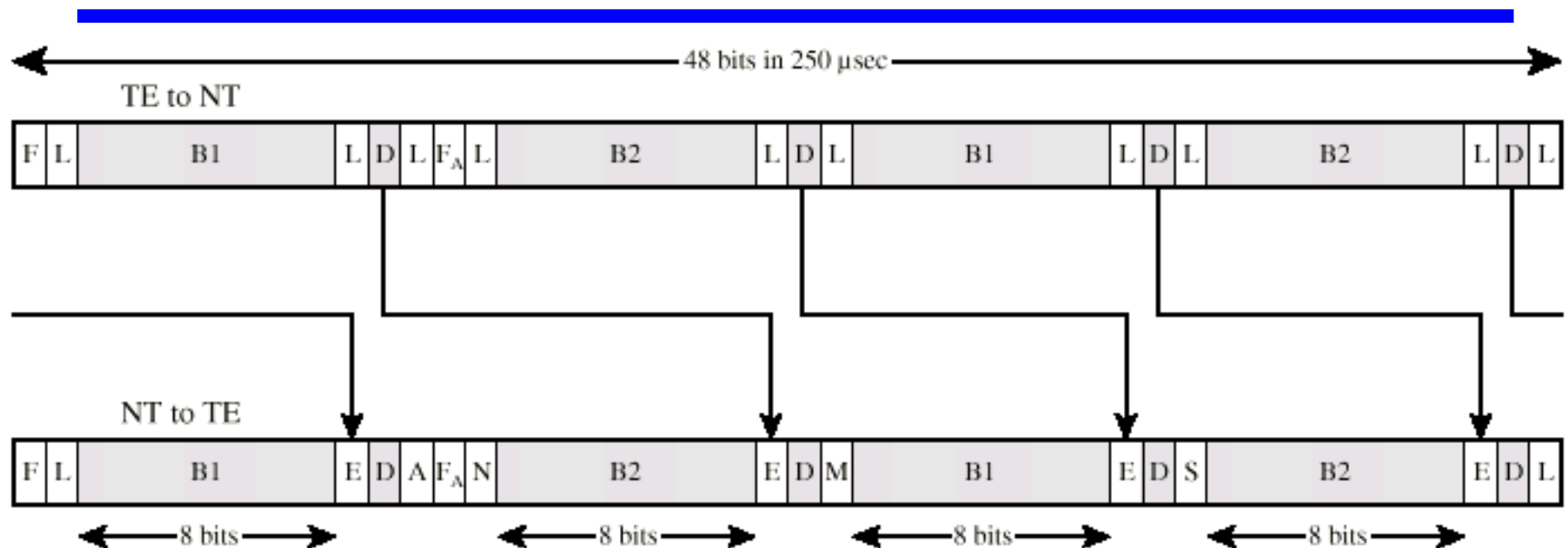
Interface ISDN Dasar (1)

- Data digital diubah menggunakan transmisi Full Duplex
- Saluran fisik yang terpisah digunakan untuk transmisi ke semua arah
- Skema Pengkodean Pseudoternary
 - ▮ 1=no voltage, 0=positive or negative 750mV +/-10%
- Rate Data 192kbps
- Akses dasar terdiri dari 2 channel
- B 64kbps dan D 16kbps
- Menghasilkan muatan sebesar 144kbps.
- Kapasitas yang tersisa digunakan untuk framing

Interface Dasar ISDN (2)

- Channel B adalah channel user dasar
- Data
- PCM suara digital
- Koneksi logika disusun terpisah pada tujuan yang berbeda
- Channel D digunakan untuk kontrol dan data
 - ▮ Frame LAPD
- Tiap frame panjangnya 48 bits
- Rate setiap frame $250\mu\text{s}$

Frame Structure



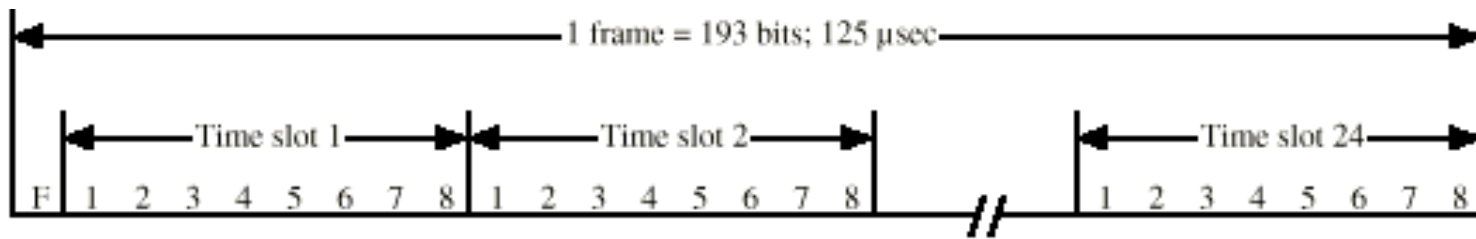
F = Framing bit
 L = DC balancing bit
 E = D-echo channel bit
 A = Activation bit
 F_A = Auxiliary framing bit
 N = Set to opposite of F_A
 M = Multiframe bit

B1 = B channel bits (16 per frame)
 B2 = B channel bits (16 per frame)
 D = D channel bits (4 per frame)
 S = Spare bits

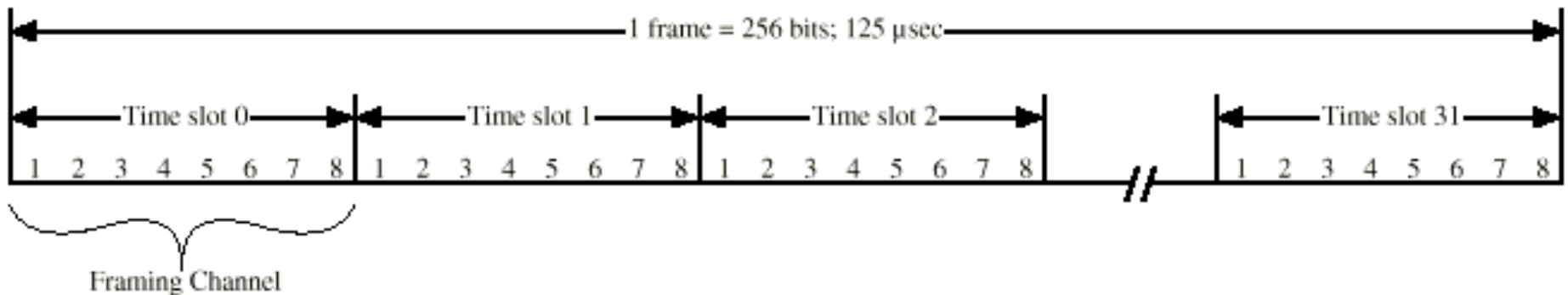
ISDN Primer

- Titik ke titik
- Mendukung PBX
- 1.544Mbps
 - /// Berdasarkan US DS-1
 - /// Menggunakan layanan transmisi T1
 - /// 23 B saluran dan satu saluran D 64 kbps
- 2.048Mbps
 - /// Berdasarkan standar Eropa
 - /// 30 B saluran dan saluran satu D
 - /// Pengkodean jalur AMI dengan HDB3

Primary ISDN Frame Formats



(a) Interface at 1.544 Mbps

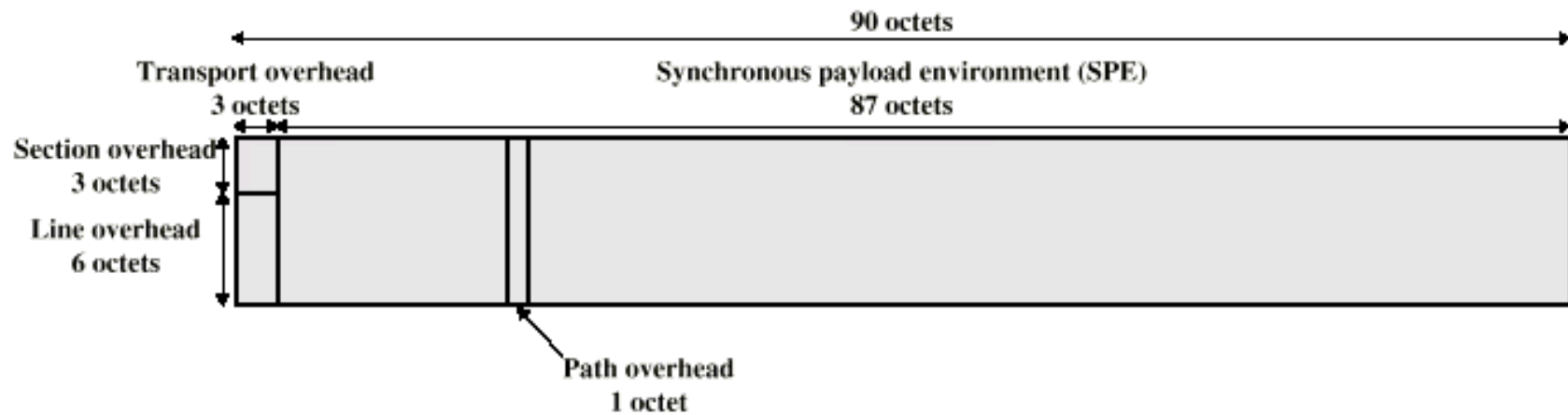


(b) Interface at 2.048 Mbps

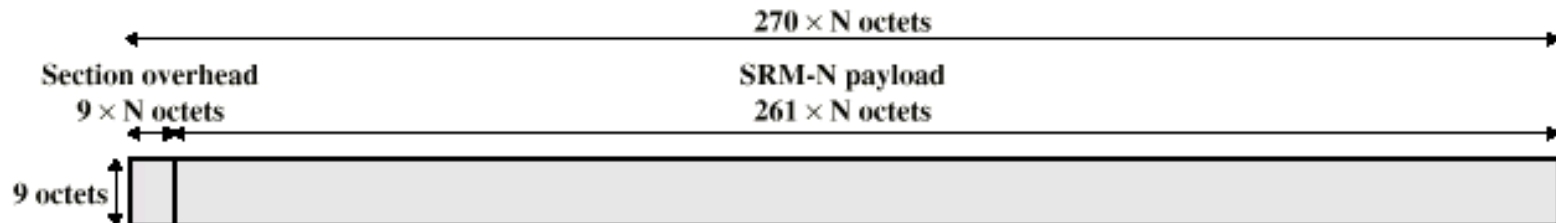
Sonet/SDH

- Synchronous Optical Network (ANSI)
- Synchronous Digital Hierarchy (ITU-T)
- Kompatibel
- Hirarki sinyal
 - ▣ Synchronous Transport Signal tingkat terendah (STS-1) atau Optical Carrier level 1 (OC-1)
 - ▣ 51.84Mbps
 - ▣ Digunakan sebagai sinyal DS-3 atau sekelompok sinyal tingkat rendah (DS1 DS1C DS2) ditambah tingkat kecepatan ITU-T (misal: 2.048Mbps)
 - ▣ Sinyal multipel STS-1 dikombinasikan membentuk sinyal STS-N
 - ▣ Kecepatan terendah ITU-T adalah 155.52Mbps (STM

SONET Frame Format



(a) STS-1 frame format



(b) STM-N frame format

SONET STS-1 Overhead Octets

Section Overhead	Framing A1	Framing A2	STS-ID C1
	BIP-8 B1	Orderwire E1	User F1
	DataCom D1	DataCom D2	DataCom D3
Line Overhead	Pointer H1	Pointer H2	Pointer Action H3
	BIP-8 B2	APS K1	APS K2
	DataCom D4	DataCom D5	DataCom D6
	DataCom D7	DataCom D8	DataCom D9
	DataCom D10	DataCom D11	DataCom D12
	Growth Z1	Growth Z2	Orderwire E2

(a) Transport Overhead

Trace J1
BIP-8 B3
Signal Label C2
Path Status G1
User F2
Multiframe H4
Growth Z3
Growth Z4
Growth Z5

(b) Path Overhead

Statistical Time Division Multiplexing

- Pada TDM synchronous hal yang umum jika jatah waktu frame dibuang
- Statistika TDM mengalokasikan jatah waktu secara dinamis sesuai dengan permintaan
- Multiplexer memiliki sejumlah saluran input dan mengumpulkan data sampai sebuah frame penuh
- Rate data pada saluran multiplex lebih kecil dibanding dari jumlah rate data perangkat yang terpasang

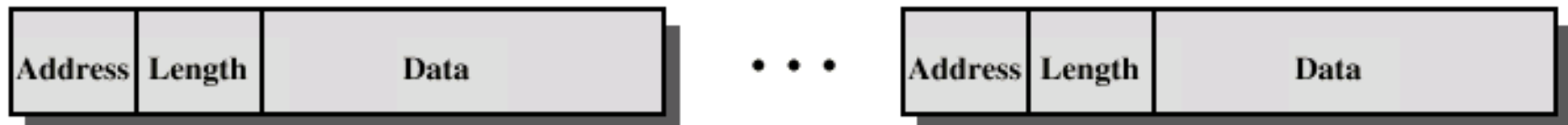
Statistical TDM Frame Formats



(a) Overall frame



(b) Subframe with one source per frame

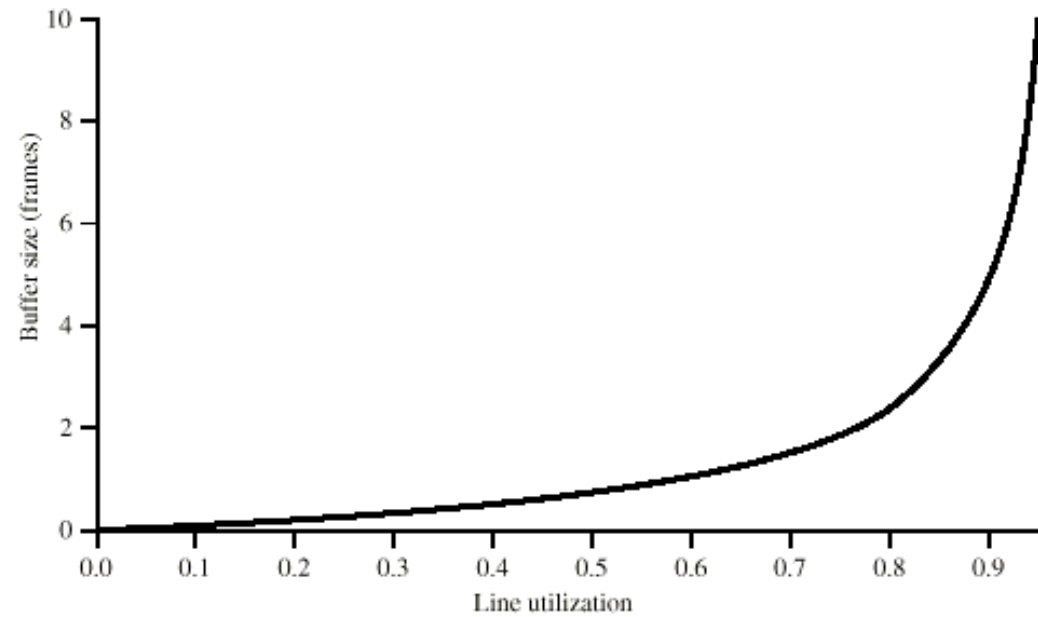


(c) Subframe with multiple sources per frame

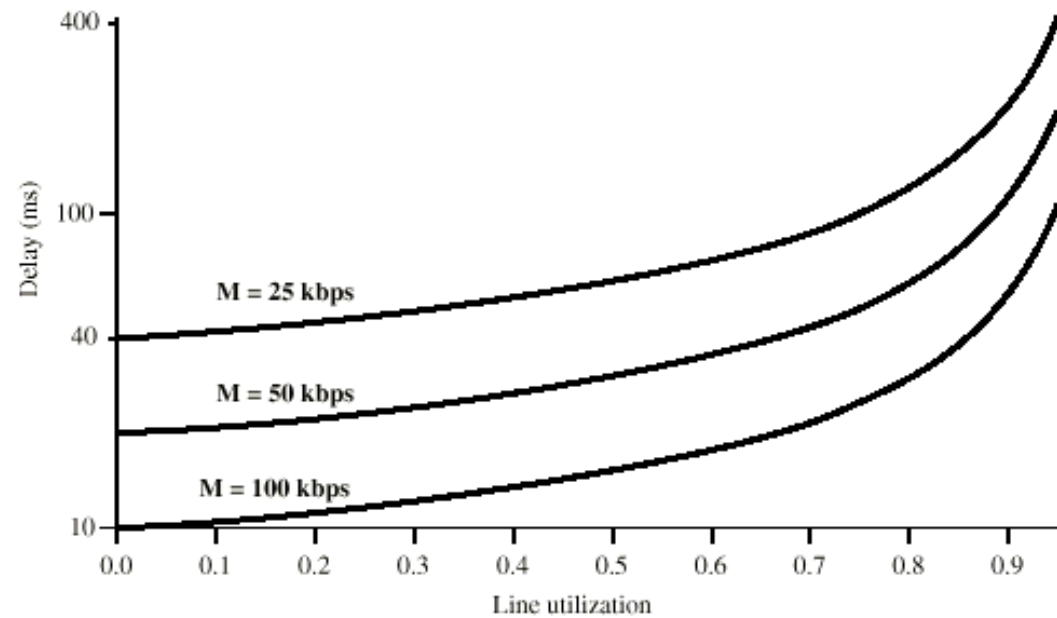
Kinerja

- Rate data output lebih kecil dari pada rate input
- Akan menyebabkan beberapa masalah pada saat beban puncak
 - /// Input penyangga
 - /// Mempertahankan ukuran minimum penyangga untuk mengurangi penundaan

Buffer Size and Delay



(a) Mean buffer size versus utilization



(a) Mean delay versus utilization

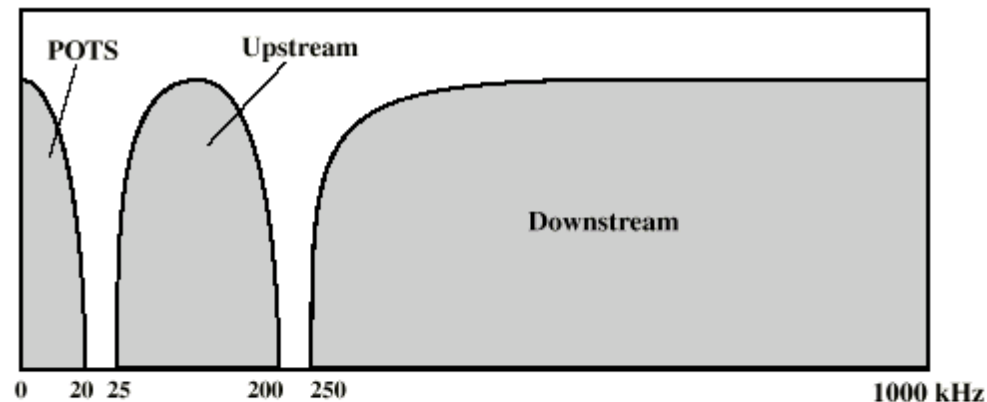
Asymmetrical Digital Subscriber Line

- ADSL
- Hubungan antara subscriber dan jaringan
 - ▮ loop lokal
- Menggunakan instalasi kabel twisted pair
 - ▮ Spektrum luas
 - ▮ 1 MHz atau lebih

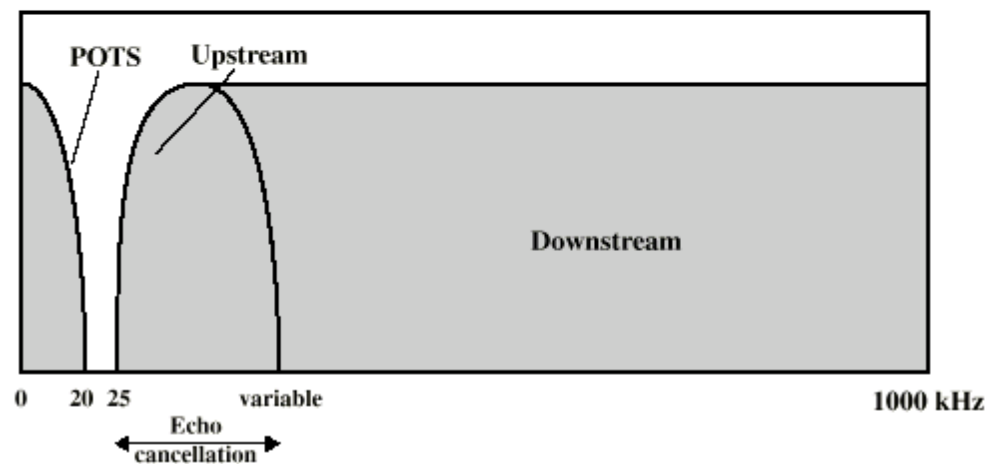
Design ADSL

- Asymmetric
 - ▮ Kapasitas downstream lebih besar dari upstream
- Frequency division multiplexing
 - ▮ Lebih rendah dari 25kHz untuk suara
 - ▮ Plain old telephone service (POTS)
 - ▮ Menggunakan pembatalan gema atau FDM mengalokasikan 2 band
 - ▮ Menggunakan FDM dalam bands downstream dan upstream
- Jangkauan 5.5 km

ADSL Channel Configuration



(a) Frequency-division multiplexing

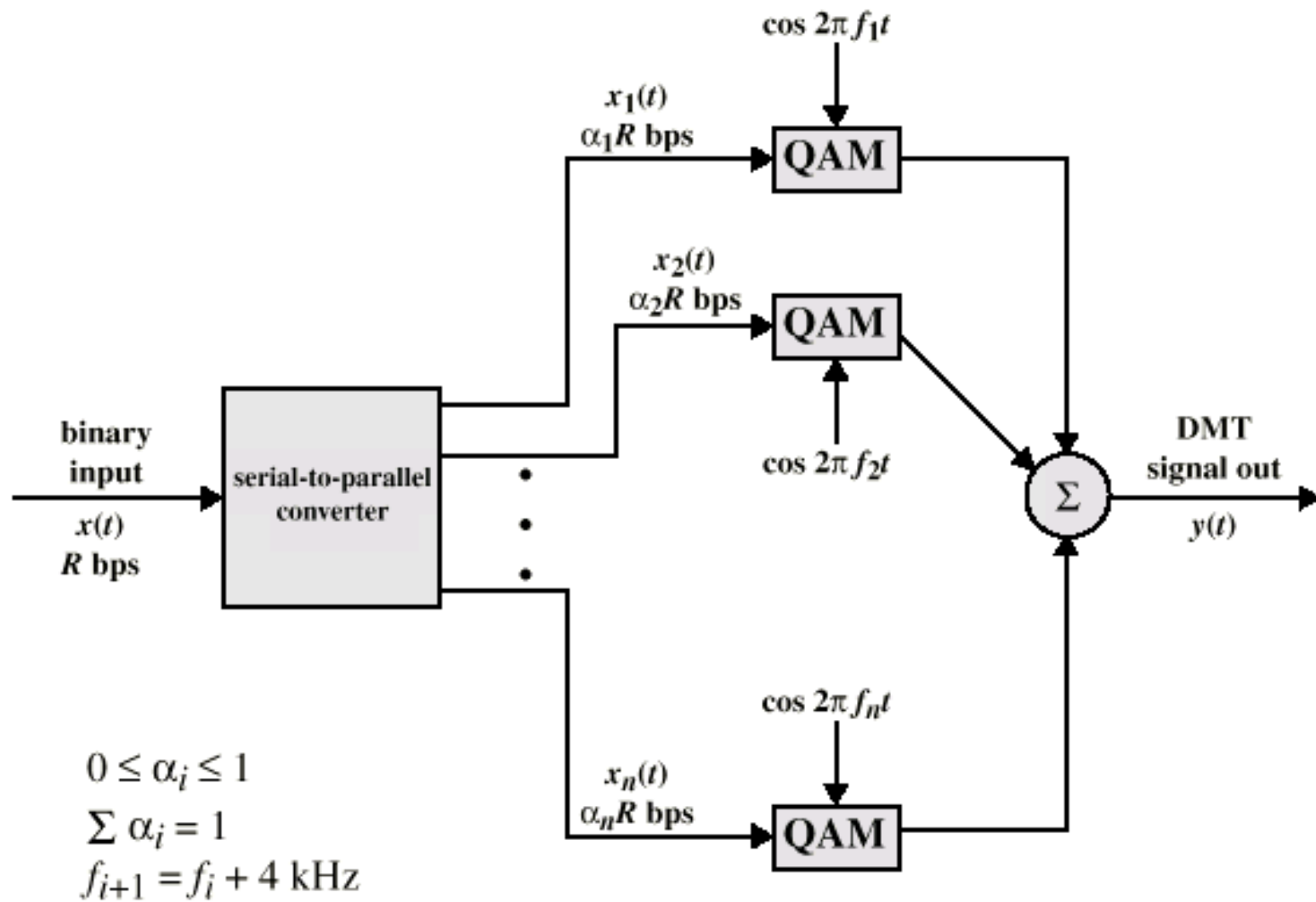


(b) Echo cancellation

Discrete Multitone

- DMT
- Sinyal pembawa multiple pada frekuensi-frekuensi yang berlainan
- Masing-masing channel mempunyai bit-bit
- 4kHz subchannel
- Mengirim sinyal pengujian pada setiap sub channel untuk menentukan rasio sinyal terhadap derau

DMT Transmitter



xDSL

- High Data Rate Digital Subscriber Line
- Single line Digital Subscriber Line
- Very Data Rate Digital Subscriber Line