

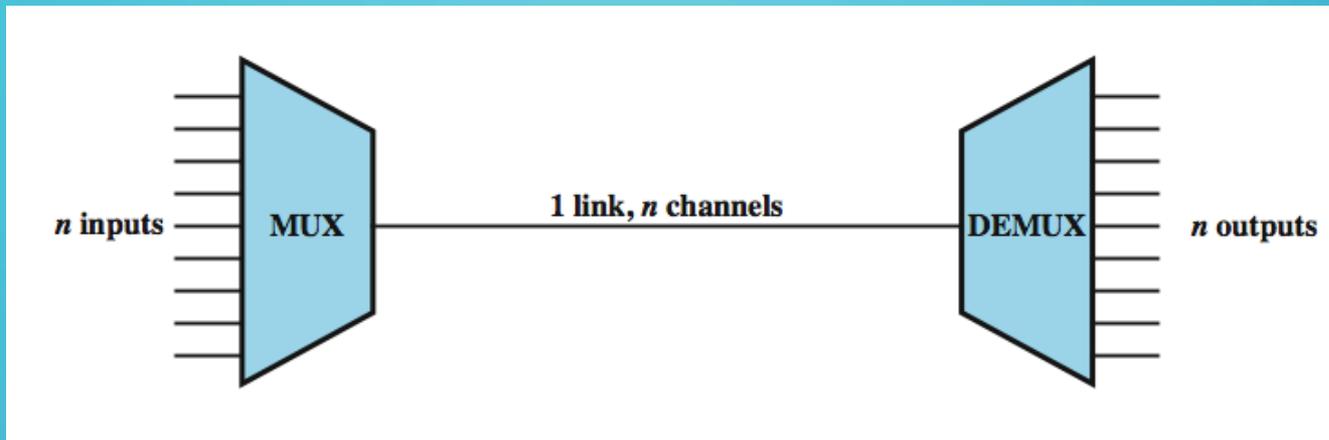


# MULTIPLIXING

OLEH : RAHMI HIDAYATI, S.KOM., M.CS.

# MULTIPLEXING

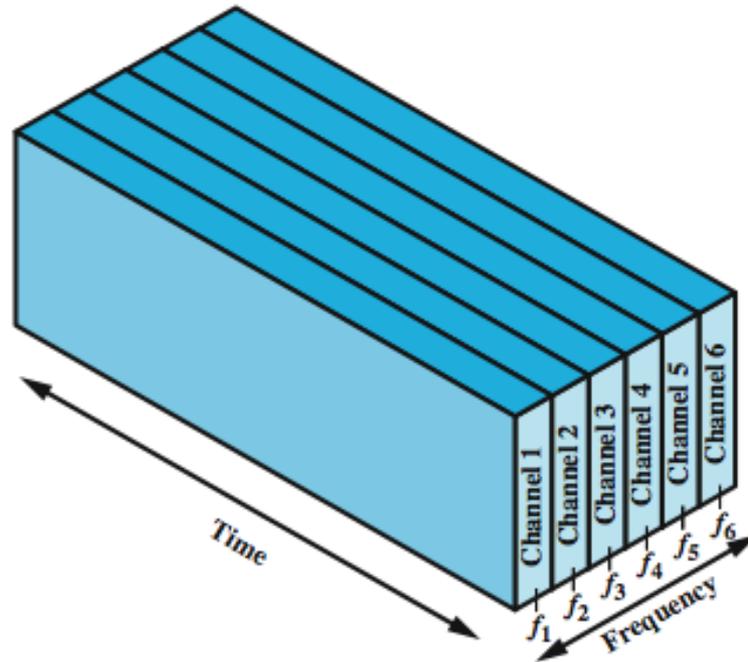
- **Multiplexing** adalah Teknik menggabungkan beberapa sinyal untuk dikirimkan secara bersamaan pada suatu kanal transmisi.
- Perangkat yang melakukan Multiplexing disebut **Multiplexer** atau disebut juga dengan istilah **Transceiver / Mux**.
- Untuk di sisi penerima, gabungan sinyal - sinyal itu akan kembali di pisahkan sesuai dengan tujuan masing – masing. Proses ini disebut dengan **Demultiplexing**. **Receiver** atau perangkat yang melakukan Demultiplexing disebut dengan **Demultiplexer** atau disebut juga dengan istilah **Demux**.



Gambar diatas mendeskripsikan bentuk sederhana dari fungsi multiplexing.

- Terdapat  $n$  input ke sebuah multiplexer. Multiplexer dihubungkan oleh data link tunggal ke demultiplexer.
- Link dimungkinkan untuk membawa  $n$  saluran data yang berbeda.
- Multiplexer mengkombinasikan data dari line  $n$  input dan mentransmisikannya melalui data link dengan kapasitas tinggi.
- Demultiplexer menerima aliran data termultipleks, memisahkan (demultiplexes) data berdasarkan salurannya dan mengirim data ke output line yang sesuai.

# FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING



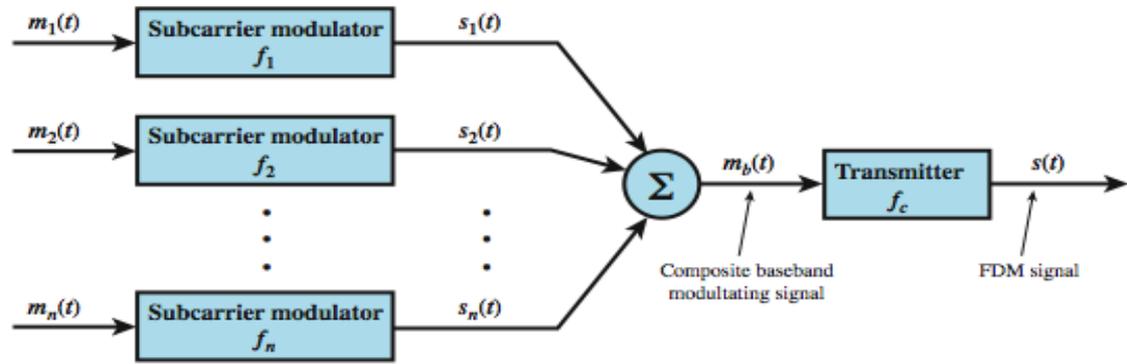
(a) Frequency division multiplexing

- Enam sumber sinyal dimasukkan ke dalam multiplexer, yang memodulasi setiap sinyal ke frekuensi yang berbeda ( $f_1, \dots, f_6$ ).
- Setiap sinyal termodulasi membutuhkan bandwidth tertentu yang berpusat pada frekuensi pembawanya, disebut sebagai **channel**.

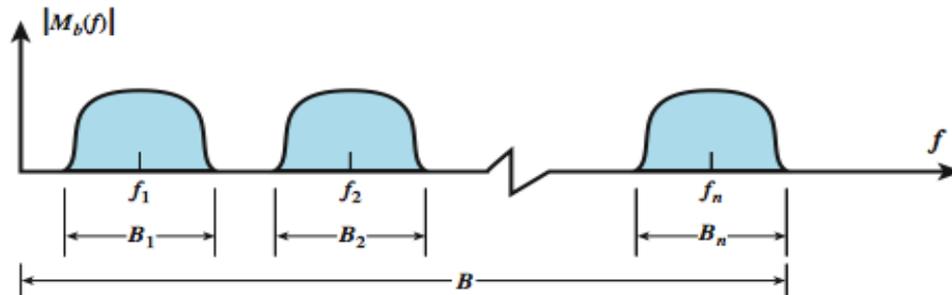
# FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING

- Digunakan pada sinyal analog.
- Sejumlah sinyal dibawa secara bersamaan pada media yang sama dengan mengalokasikan pita frekuensi yang berbeda untuk masing-masing sinyal.
- Sejumlah sinyal dapat dibawa secara bersamaan jika setiap sinyal dimodulasi ke frekuensi pembawa yang berbeda dan frekuensi pembawa cukup dipisahkan sehingga bandwidth dari berbagai sinyal tidak signifikan saling tumpang tindih.
- Untuk mencegah interferensi maka setiap channel dipisahkan oleh *guard bands*, yang merupakan bagian yang tidak terpakai dari spektrum.
- Sinyal gabungan dikirimkan melalui media adalah sinyal analog. Namun, perlu diketahui bahwa sinyal input dapat berupa digital atau analog.
- Dalam kasus input digital, sinyal input harus melewati modem untuk diubah ke analog. Dalam kedua kasus, setiap sinyal input analog kemudian harus dimodulasikan untuk memindahkannya ke pita frekuensi yang tepat.

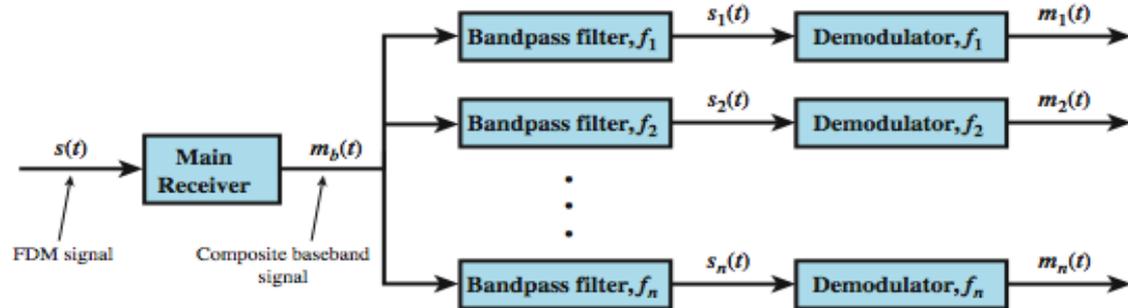
# FDM SYSTEM



(a) Transmitter



(b) Spectrum of composite baseband modulating signal



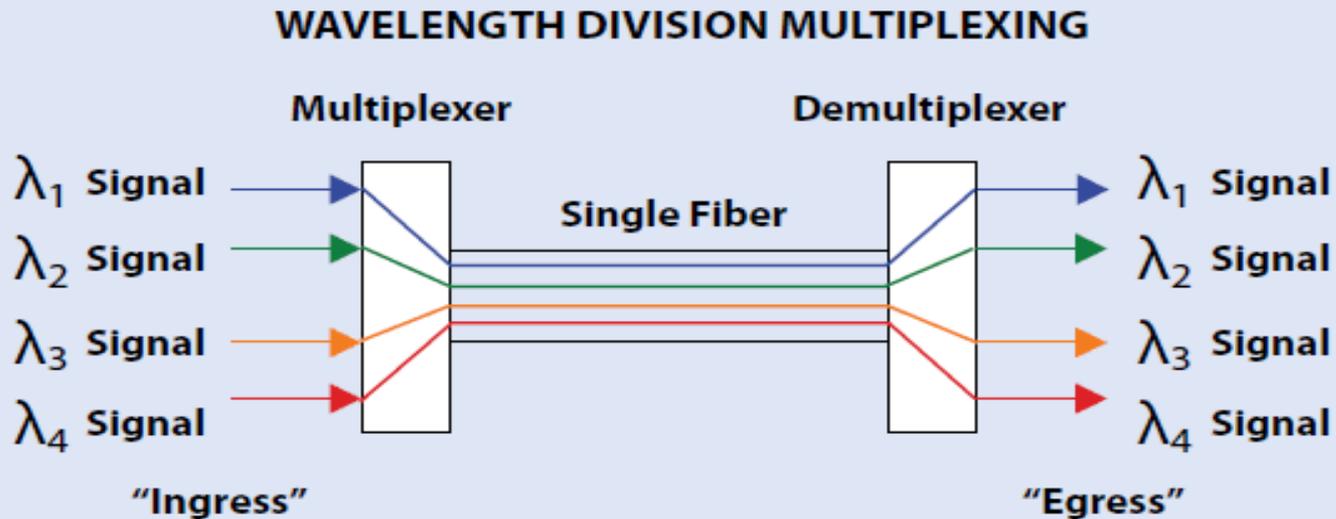
(c) Receiver

# SISTEM PEMBAWA ANALOG

- Sistem pembawa jarak jauh menggunakan sebuah hirarki FDM
- Jenis hirarki FDM: AT&T (USA) dan ITU-T (International)
- Group
  - 12 voice channels (4kHz each) = 48kHz bandwidth
  - Pembawa memiliki frekuensi 60kHz to 108kHz
- Supergroup
  - FDM dari 5 group signals supports 60 channels
  - Pembawa memiliki frekuensi 420kHz hingga 612 kHz
- Mastergroup
  - FDM dari 10 supergroups supports 600 channels
  - Bandwidth 2,52 MHz
- Sinyal data dapat dapat dimodulasi beberapa kali

# WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING

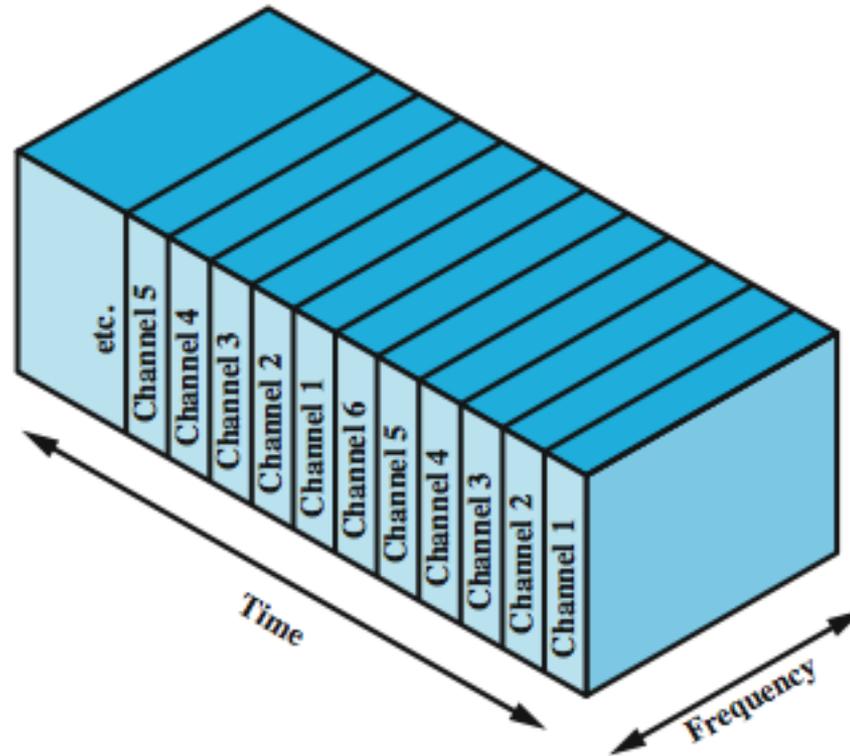
- FDM untuk pemanfaatan maksimal serat optik
- Dimana berbagai berkas cahaya pada frekuensi yang berbeda ditransmisikan melalui serat yang sama
- Ditransmisikan melalui link optical fiber
  - commercial systems with 160 channels of 10 Gbps
  - lab demo of 256 channels 39.8 Gbps
- Memiliki arsitektur yang sama dengan sistem FDM lainnya
  - Multiplexer menggabungkan sumber laser (1550nm) untuk pengiriman melalui serat tunggal
  - Amplifier optik menguatkan semua panjang gelombang
  - Demux memisahkan channel di tempat tujuan



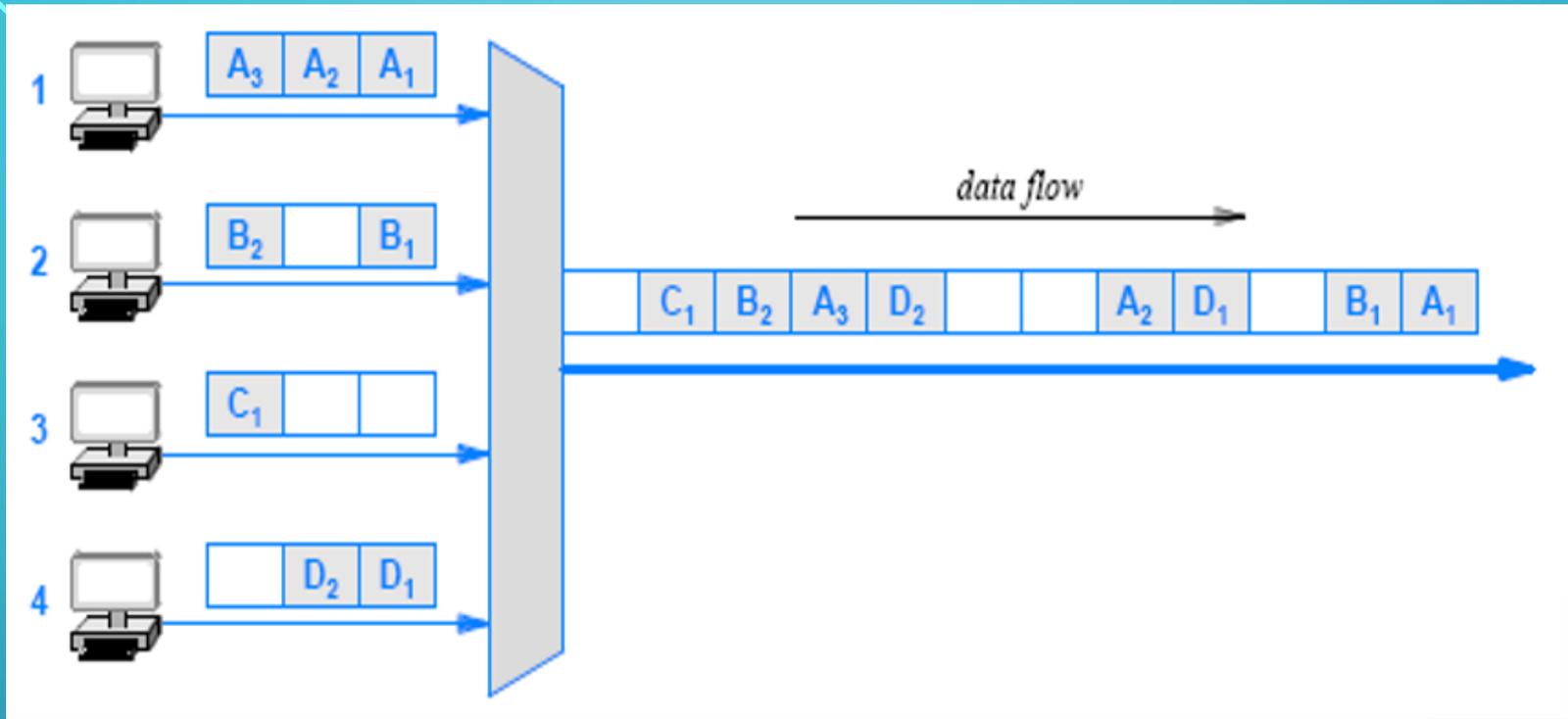
*Figure 1: Basic WDM Technology Diagram*

Teknologi WDM pada dasarnya adalah teknologi transport untuk menyalurkan berbagai jenis trafik (data, suara, dan video) secara transparan, dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda-beda dalam suatu fiber tunggal secara bersamaan.

# SYNCHRONOUS TIME DIVISION MULTIPLEXING

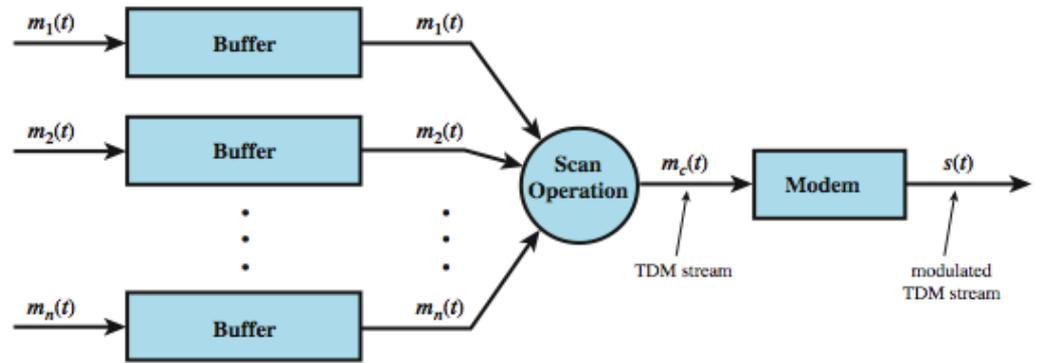


(b) Time division multiplexing

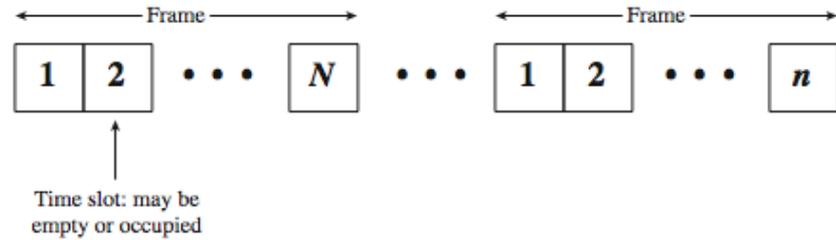


Sumber di sebelah kiri menghasilkan item data secara acak, multiplexer sinkron meninggalkan slot tidak terisi, jika sumber yang sesuai belum menghasilkan item pada saat slot harus dikirim. Dalam praktiknya, sebuah slot tidak dapat kosong karena sistem yang mendasarinya harus terus mengirimkan data slot slot tersebut diberi nilai (seperti nol) dan bit tambahan ditetapkan untuk menunjukkan bahwa nilai tersebut tidak valid

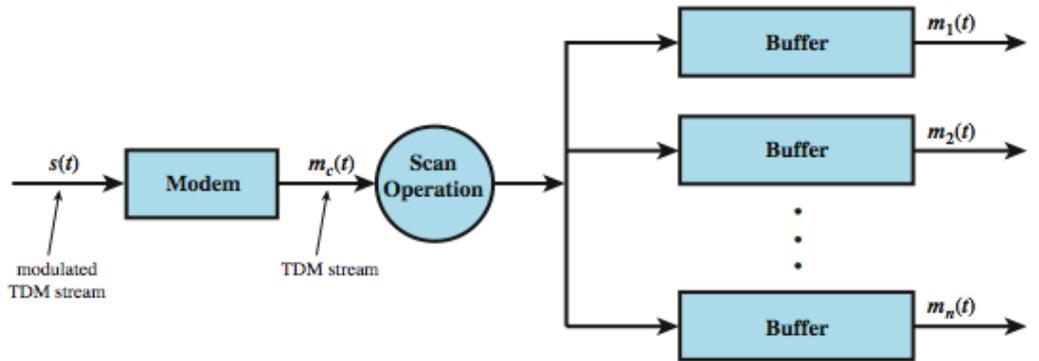
# TDM SYSTEM



(a) Transmitter



(b) TDM Frames



(c) Receiver

# DATA LINK CONTROL ON TDM



(a) Configuration

Input<sub>1</sub>..... F<sub>1</sub> f<sub>1</sub> f<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> C<sub>1</sub> A<sub>1</sub> F<sub>1</sub> f<sub>1</sub> f<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> C<sub>1</sub> A<sub>1</sub> F<sub>1</sub>  
 Input<sub>2</sub>... F<sub>2</sub> f<sub>2</sub> f<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> C<sub>2</sub> A<sub>2</sub> F<sub>2</sub> f<sub>2</sub> f<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> C<sub>2</sub> A<sub>2</sub> F<sub>2</sub>

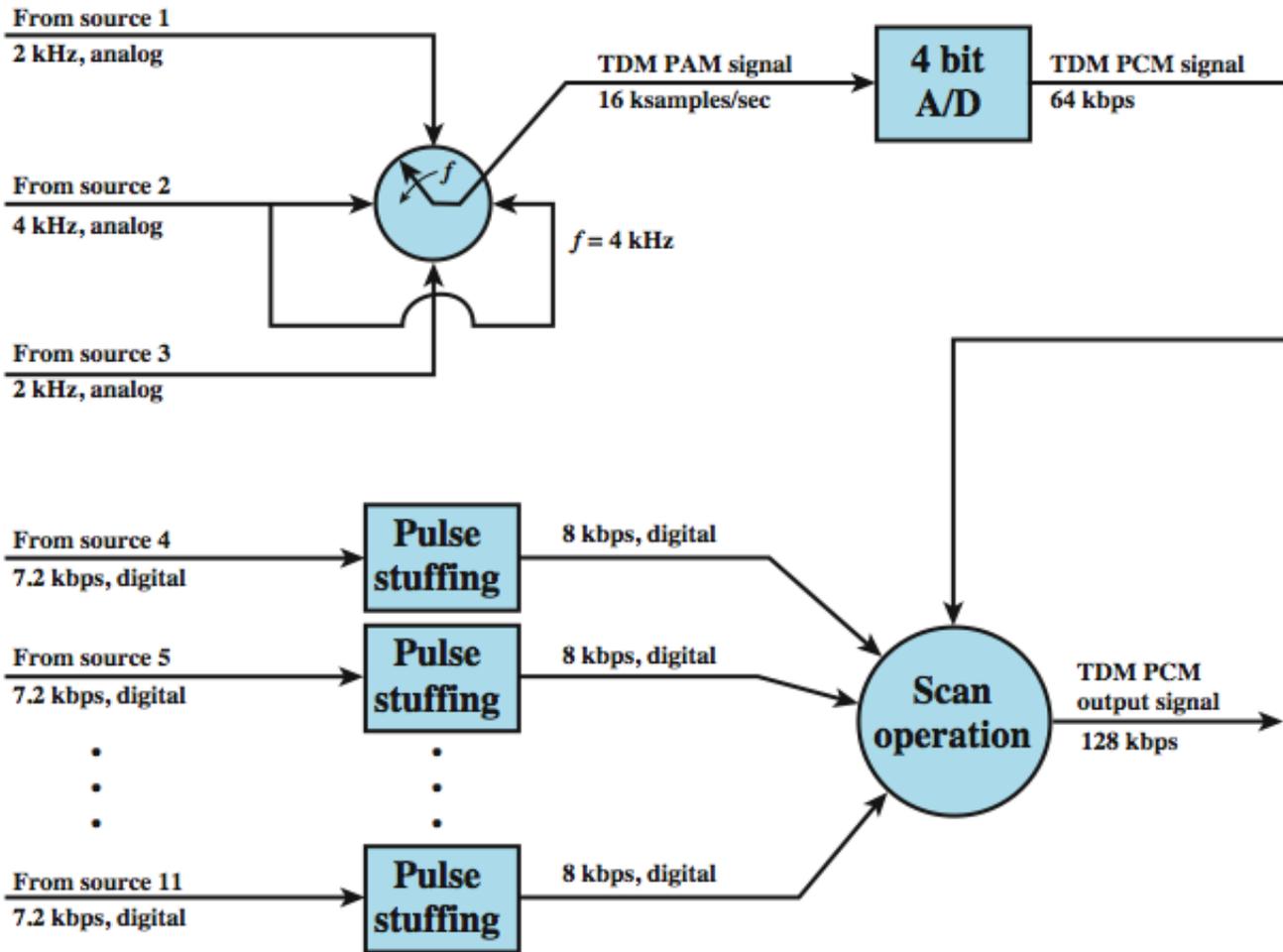
(b) Input data streams

... f<sub>2</sub> F<sub>1</sub> d<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> C<sub>2</sub> d<sub>1</sub> A<sub>2</sub> C<sub>1</sub> F<sub>2</sub> A<sub>1</sub> f<sub>2</sub> F<sub>1</sub> f<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>1</sub> A<sub>2</sub> A<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>1</sub>

(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

# TDM EXAMPLE

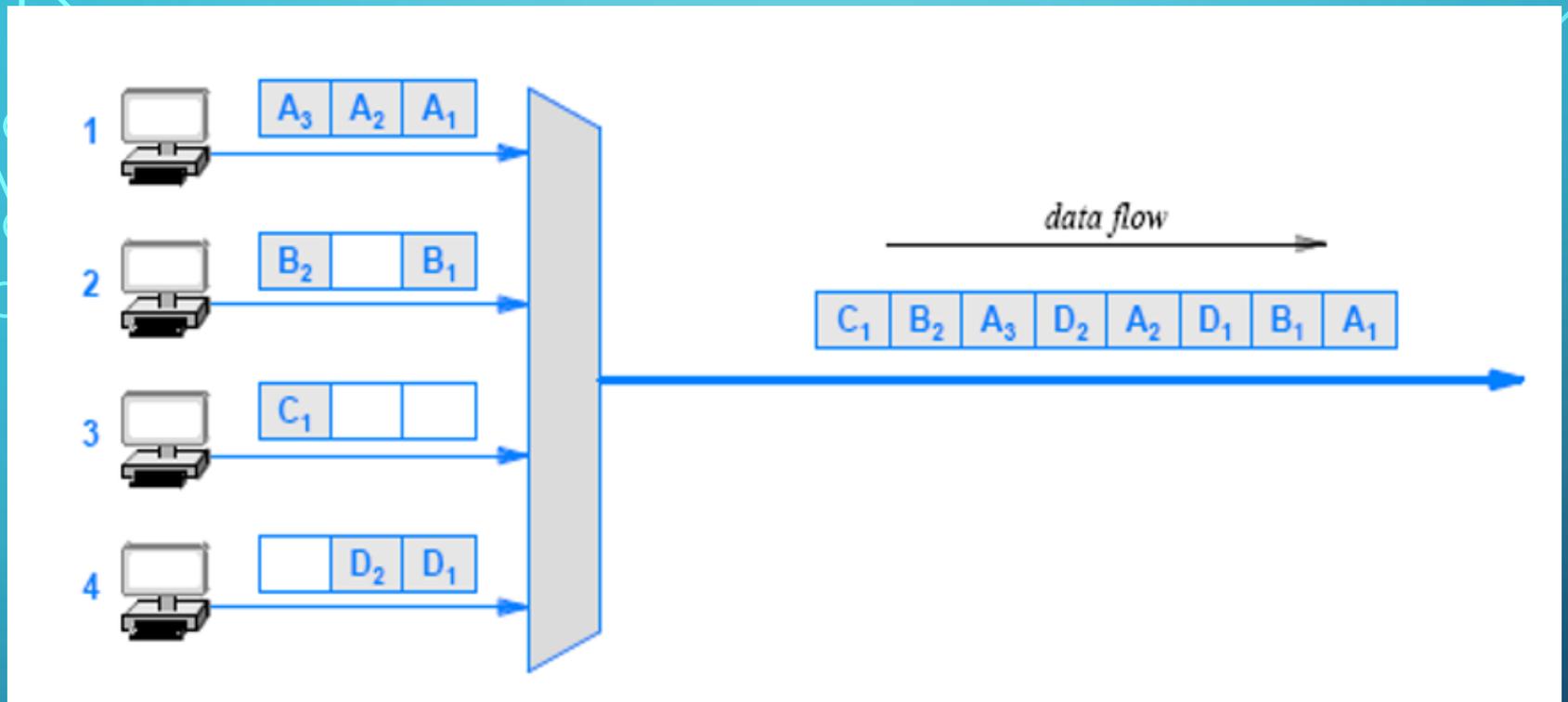


# SISTEM PEMBAWA DIGITAL

- Long-distance links menggunakan sebuah TDM hierarchy
- Jenis: AT&T (USA) dan ITU-T (International)
- US system didasarkan pada format transmisi DS-1
- Dapat membawa sinyal suara dan data campuran
- 24 channel digunakan untuk kecepatan data total 1.544Mbps
- Setiap channel suara mengandung satu huruf data terdigitasi (PCM, 8000 samples per sec)
- Format yang sama untuk data digital 56 kbps
- Dapat interleave channel DS-1 untuk kecepatan tinggi DS-2
  - adalah empat DS-1 pada aliran 6.312Mbps

# STATISTICAL TDM

- Didalam Synch TDM, banyak slot yang terbuang percuma.
- Statistical TDM mengalokasikan time slots secara dinamis berdasarkan permintaan.
- Multiplexer memindai input lines dan mengumpulkan data hingga frame penuh.
- Kecepatan data line termultipleks lebih rendah daripada kecepatan data device tujuan → dapat mendukung banyak device dengan kecepatan rendah.
- Terjadi masalah selama periode puncak, yaitu input melebihi kapasitas
  - Solusi : menambahkan buffer pada multiplexer



Statistik multiplexing atau Asynchronous TDM meninggalkan sebuah slot yang tidak terisi dan melewati sumber mana pun yang tidak memiliki data dengan menghilangkan slot yang tidak digunakan. TDM statistik membutuhkan waktu lebih sedikit untuk mengirim jumlah data yang sama. Gambar di atas menggambarkan bagaimana sistem TDM statistik mengirimkan data dari Gambar hanya dalam 8 slot daripada 12.

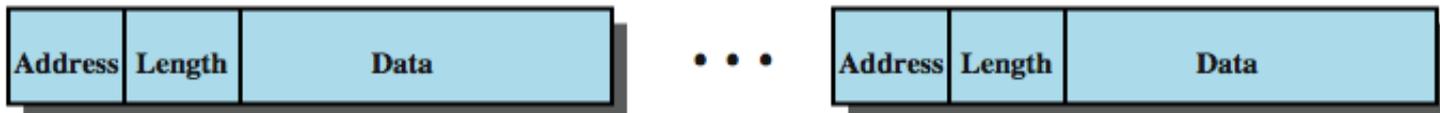
# STATISTICAL TDM FRAME FORMAT



(a) Overall frame



(b) Subframe with one source per frame

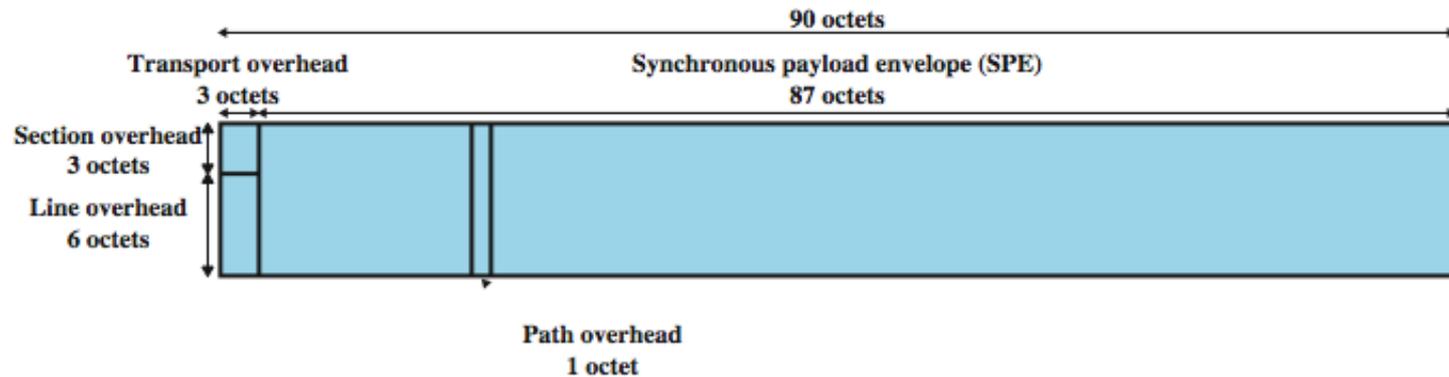


(c) Subframe with multiple sources per frame

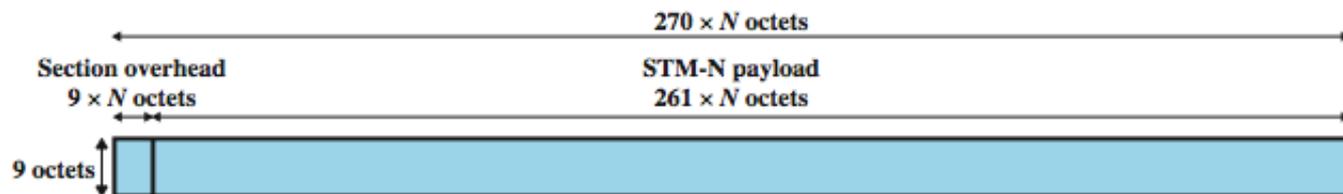
# SONET/SDH

- Synchronous Optical Network (ANSI)
- Synchronous Digital Hierarchy (ITU-T)
- Mempunyai hirarki kecepatan sinyal
  - Synchronous Transport Signal level 1 (STS-1) atau Optical Carrier level 1 (OC-1) adalah 51.84Mbps
    - Membawa satu buah DS-3 berbagai (DS1 DS1C DS2) ditambah kecepatan ITU-T (eg. 2.048Mbps)
  - multiple STS-1 digabung menjadi STS-N signal
  - ITU-T lowest rate adalah 155.52Mbps (STM-1)

# SONET FRAME FORMAT



(a) STS-1 frame format



(b) STM-N frame format

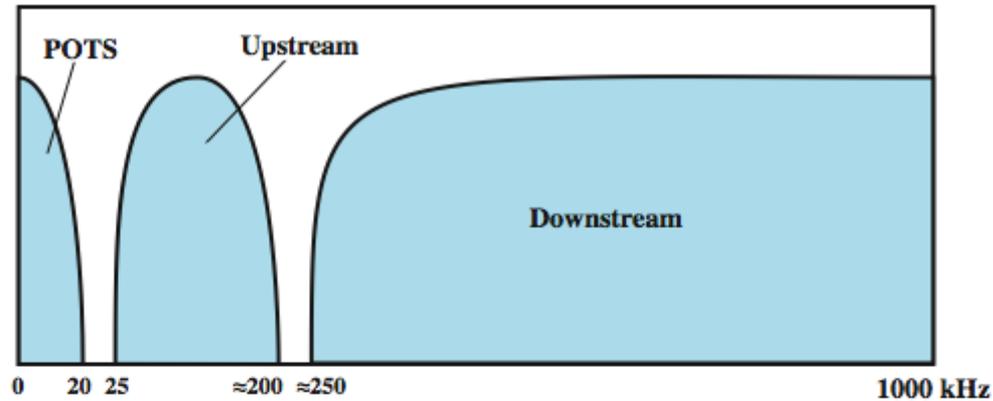
# CABLE MODEM

- Digunakan kabel TV dengan dua channel untuk transfer data, satu transmisi untuk setiap arah.
- Setiap channel dibagi diantara sejumlah subscriber, menggunakan statistical TDM.
- Downstream
  - cable scheduler mengirim data didalam paket kecil
  - active subscribers berbagi kapasitas downstream
  - mengalokasikan time slots untuk subscribers
- Upstream
  - Pengguna meminta timeslots pada shared upstream channel
  - Headend scheduler menotifikasi subscriber atas slot yang dipakai

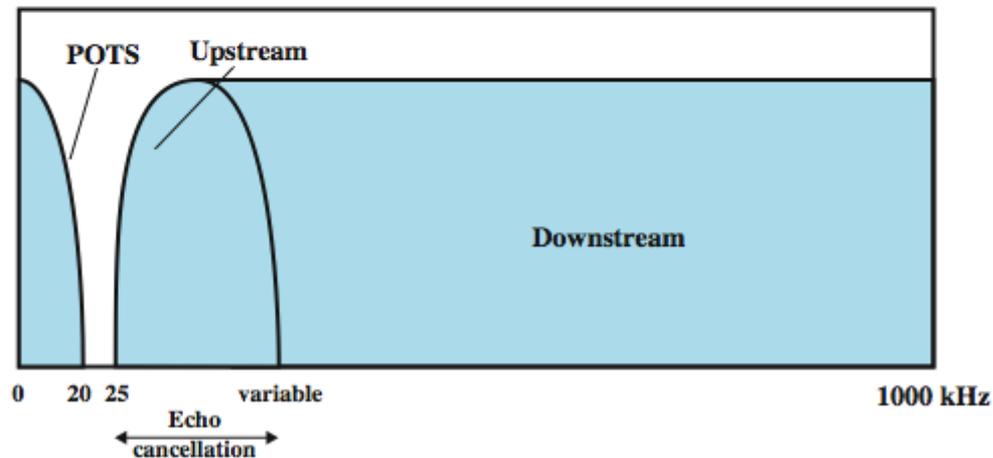
# ASYMMETRICAL DIGITAL SUBSCRIBER LINE (ADSL)

- Link diantara subscriber dan network → digital subscriber line
- Menggunakan kabel twisted pair yang telah terinstalasi
- Berbentuk asymmetric - bigger downstream than upstream
- menggunakan Frequency division multiplexing
- Menggunakan echo cancellation
- Mempunyai rentang jarak hingga 5.5km

# ADSL CHANNEL CONFIGURATION



(a) Frequency-division multiplexing



(b) Echo cancellation





TERIMA KASIH