

BASIC COMPUTER NETWORK

Week - 4

Physical Layer

Universitas Kristen Wira Wacana Sumba
Lecturer - Fajar Hariadi

Pendahuluan

- Physical layer membahas cakupan terkait konektivitas perangkat elektronik, sinkronisasi waktu, dan berbagai macam kebutuhan perangkat lainnya dalam mengirimkan bit stream sinyal melalui kanal transmisi
- Physical layer merupakan fondasi dasar dalam membangun jaringan komputer

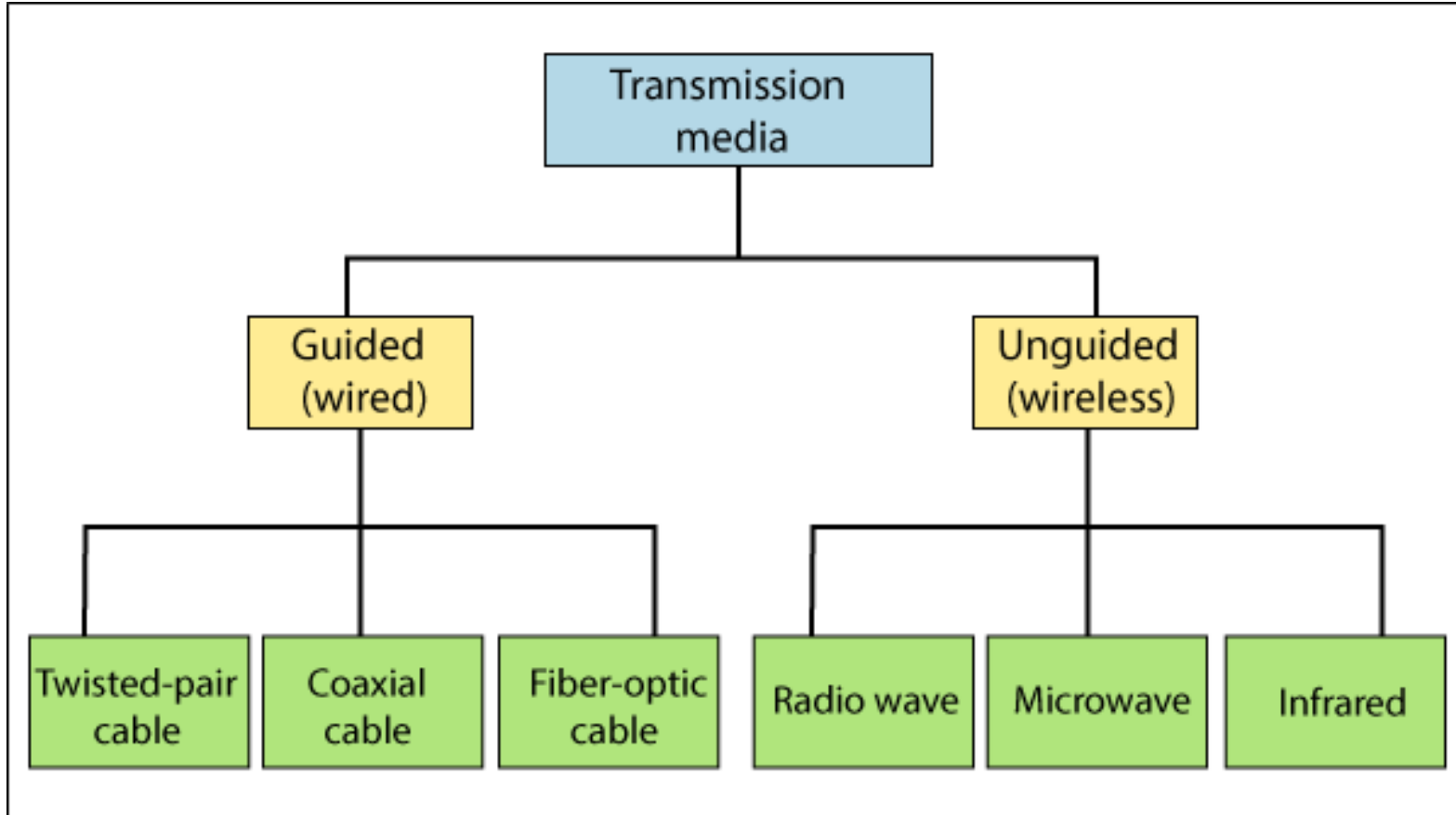
Contents

- 1 **Jenis media transmisi**
- 2 **Modulasi digital**
- 3 **Skema multiplexing**

01

Jenis Media Transmisi

Media Transmisi



Terdapat dua pembagian utama media transmisi, yaitu media transmisi berkabel dan nirkabel. Media guided yang artinya sinyal akan dipandu untuk mengalir sepanjang kabel transmisi. Sedangkan unguided artinya sinyal transmisi akan disebar dan ditangkap oleh penerima.

Source : Fundamentals of Computer Networks, Matthew N. O. Sadiku, Humana Press, 2022, page 9

02

Modulasi digital

Modulasi Digital

- Media transmisi kabel maupun wireless dapat membawa sinyal analog seperti voltase, intensitas cahaya, atau intensitas gelombang elektromagnetik
- Untuk dapat mengirimkan data digital (0, 1) kita harus memodifikasi sinyal analog untuk dapat merepresentasikan bit 0 dan 1 Proses konversi ini disebut dengan modulasi digital

Modulasi Digital

- Skema pertama dilakukan dengan mengonversi bits menjadi sinyal yang disebut dengan baseband transmission dimana sinyal memiliki nilai 0 sampai dengan nilai maksimum yang dapat dibawa oleh media transmisi, hal ini umumnya digunakan untuk media transmisi kabel
- Skema kedua disebut passband transmission dimana sinyal membawa beberapa gelombang frekuensi dalam sinyal pembawa (Carrier Signal) yang tidak dimulai dengan angka 0, pada umumnya digunakan pada sistem komunikasi wireless dimana frekuensi sinyal yang dibawa mesti berada pada range frekuensi tertentu

Modulasi Digital

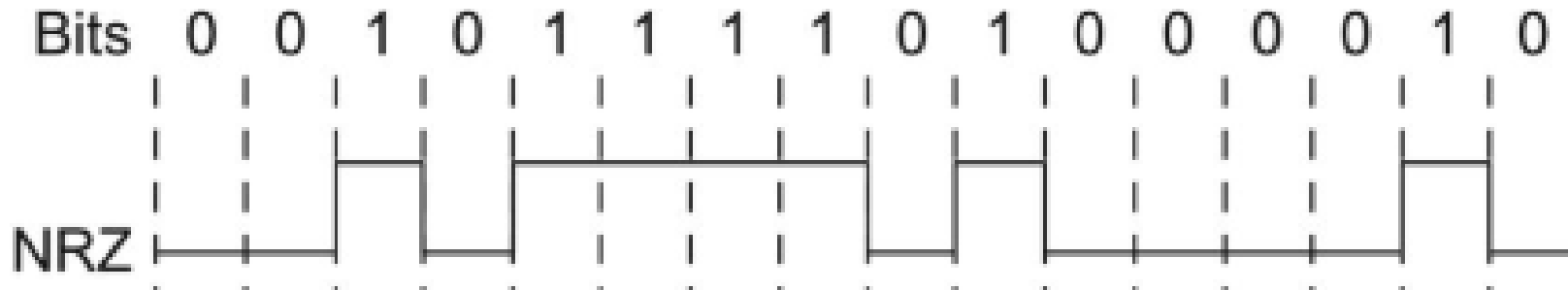
- Setiap channels (Kanal) transmisi yang digunakan juga pada umumnya tidak hanya membawa sebuah sinyal informasi, tapi dapat membawa beberapa sinyal informasi yang berbeda
- Penggunaan kanal yang sama untuk dapat membawa beberapa sinyal informasi yang berbeda disebut dengan multiplexing
- Dimana terdapat beberapa metode yang digunakan dalam multiplexing seperti time, frequency, dan code division multiplexing

Baseband Transmission

- Bentuk langsung digital modulation adalah menggunakan nilai voltase positif sebagai bit 1 dan negatif sebagai bit 0
- Dalam kabel fiber adanya cahaya merepresentasikan bit 1 dan tidak adanya cahaya merepresentasikan bit 0
- Skema ini disebut dengan Non Return to Zero (NRZ)
- Skema yang lebih kompleks digunakan untuk mengonversi sinyal menjadi bit untuk memenuhi kebutuhan teknis
- Skema tersebut dinamakan line codes yang dapat digunakan untuk membantu efisiensi bandwidth, recovery clock, dan balanced signal

Baseband Transmission

- Pada saat dikirim sinyal NRZ mengalir sepanjang kabel.
- Pada bagian akhir, penerima mengonversi sinyal menjadi bit dengan melakukan sampling sesuai dengan interval waktu
- Untuk men-dekode / menerjemahkan sinyal, NRZ mengambil nilai positif voltase sebagai nilai 1 dan nilai negatif voltase menjadi bit 0



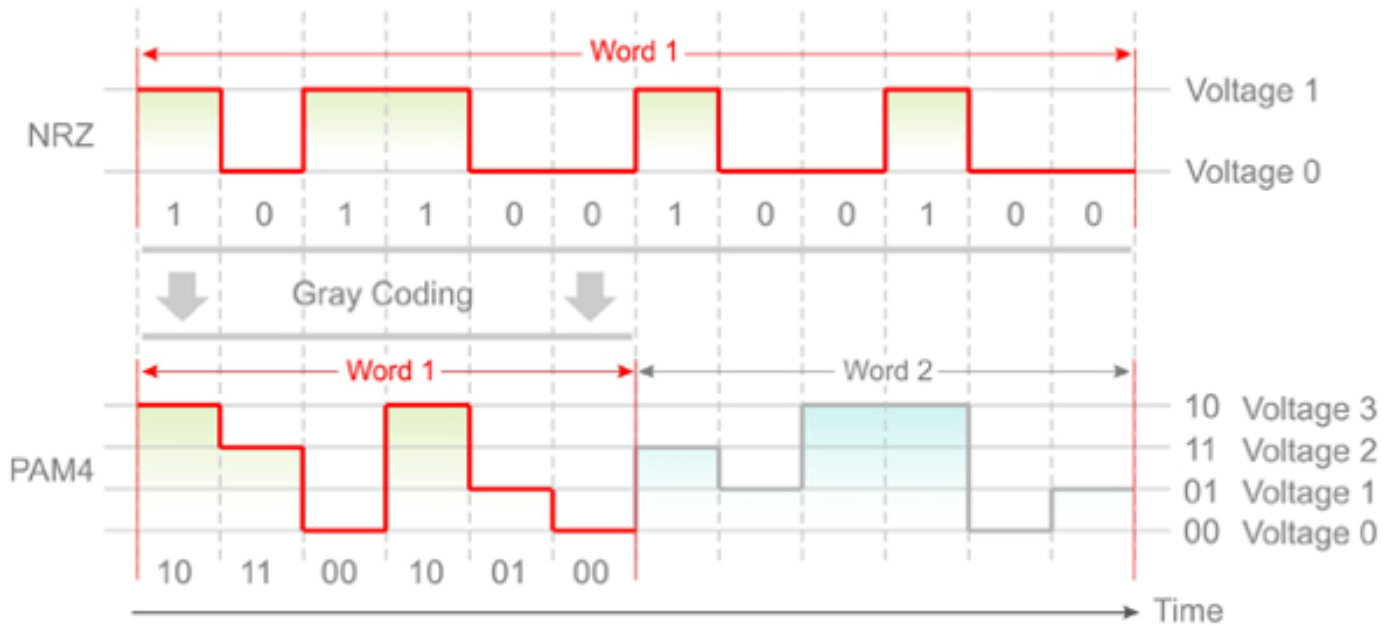
Source : Computer Networks A System Approach, Larry L. Petterson, Morgan Kaufmann Elsevier, 2021, page 77

Baseband Transmission

- Menggunakan NRZ sinyal dapat memiliki siklus antara voltase negatif dan positif sampai lebih dari 2 bit.
- Hal ini artinya kita memerlukan lebar bandwidth minimal $B/2$ Hz ketika mentransfer data B bits/second
- Ini menjadi batasan dimana kita tidak dapat mentransfer NRZ lebih cepat tanpa adanya penambahan bandwidth
- Salah satu strategi yang digunakan untuk memaksimalkan bandwidth yang terbatas adalah menggunakan lebih dari 2 level sinyal

Baseband Transmission

NRZ and PAM4 Encoding



Dengan menggunakan 4 level sinyal kita dapat mengirimkan 2 bit dalam satu waktu. Hal ini memungkinkan jika sinyal pada bagian penerima cukup kuat dalam membedakan 4 level

Dengan adanya hal ini bandwidth tidak perlu ditingkatkan untuk dapat menstransfer bit yang lebih banyak

Source: <https://blog.samtec.com/post/why-did-pcie-6-0-adopt-pam4-there-are-many-reasons/>

Clock Recovery

- Untuk seluruh skema konversi (encode) bit menjadi frame, penerima harus mengetahui kapan sebuah frame dimulai dan diakhiri untuk dapat dengan tepat mengonversi bit menjadi frame
- Dengan NRZ dimana frame merupakan level tegangan, aliran listrik yang dekat dan jauh memiliki waktu sampai yang berbeda
- Dalam rentang waktu cukup lama sulit untuk membedakan frame yang memiliki 15 angka 0 dengan yang memiliki 16 angka 0, kecuali timing (clock) antara pengirim dan penerima betul-betul akurat

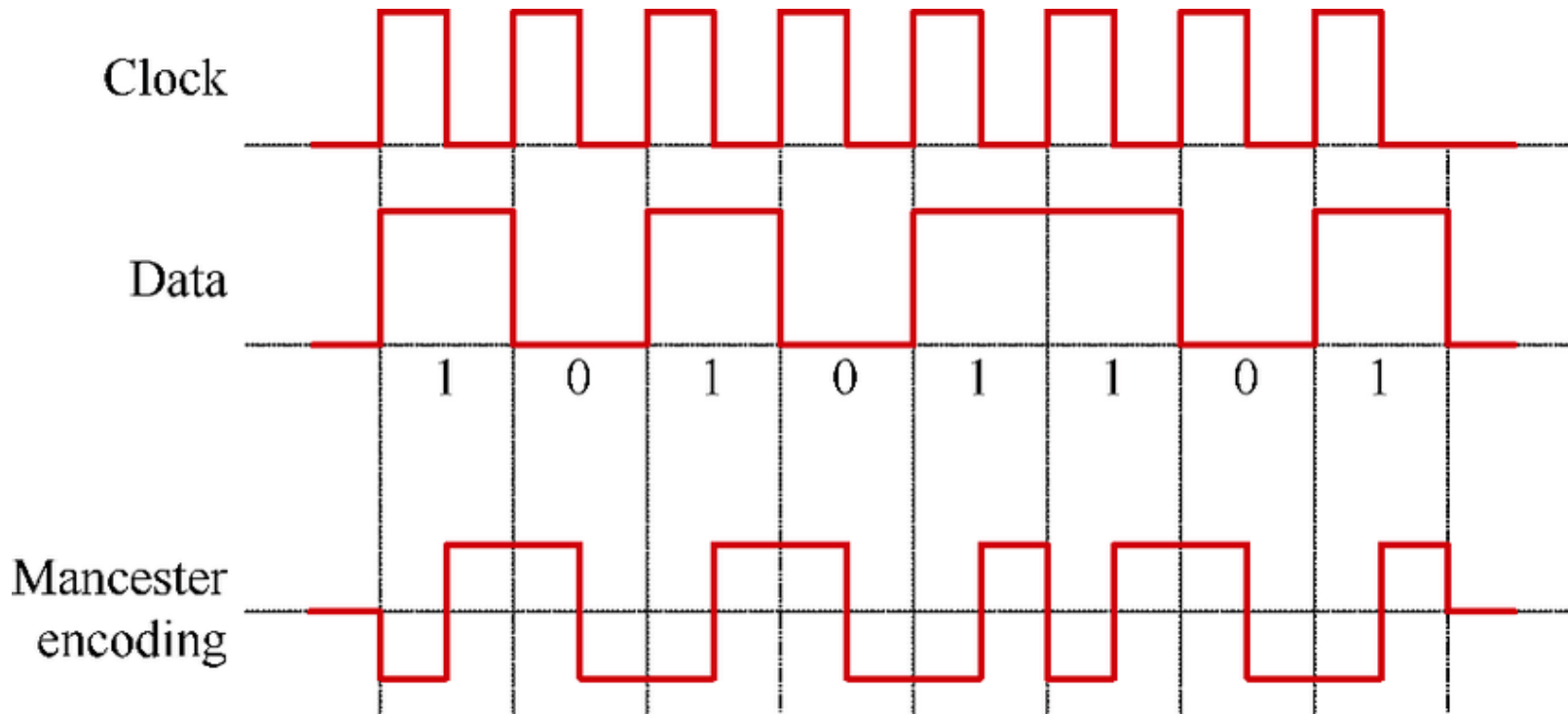
Clock Recovery

- Accurate Clock (timing yang akurat) akan sangat membantu dalam mengatasi permasalahan ini, masalahnya adalah menyediakan peralatan yang dapat timing yang akurat merupakan hal yang sulit
- Hal ini dikarenakan kecepatan transfer datanya yang mana dapat mencapai megabits/sec jadi timing yang dibutuhkan antara kedua sisi harus tepat dalam satuan microsecond (mikrodetik) dalam jangka waktu yang panjang
- Salah satu solusi adalah membedakan antara sinyal clock dengan sinyal data yang dikirim melalui 2 jalur paralel

Clock Recovery

- Jalur clock khusus dapat dibuat untuk jarak yang pendek, namun kurang efektif untuk jarak jauh karena kita dapat menggunakan jalur clock tersebut untuk mengirimkan data lebih banyak dalam waktu yang sama
- Salah satu solusi yang cukup efektif adalah menggabungkan antara sinyal clock dengan sinyal data dengan metode XOR, sehingga tidak perlu adanya line tambahan untuk mengirimkan sinyal clock
- Clock membuat transisi bit setiap waktu sehingga berjalan 2 kali dari bit rate
- Ketika di XOR dengan bit 0 akan menghasilkan low to high transition yang merupakan sinyal clock itu sendiri
- Sedangkan ketika di XOR dengan bit 1 akan menghasilkan high to low transition

Clock Recovery



Skema ini disebut dengan manchester encoding.

Kelemahannya adalah perlu adanya bandwidth 2 kali lipat untuk kebutuhan clock

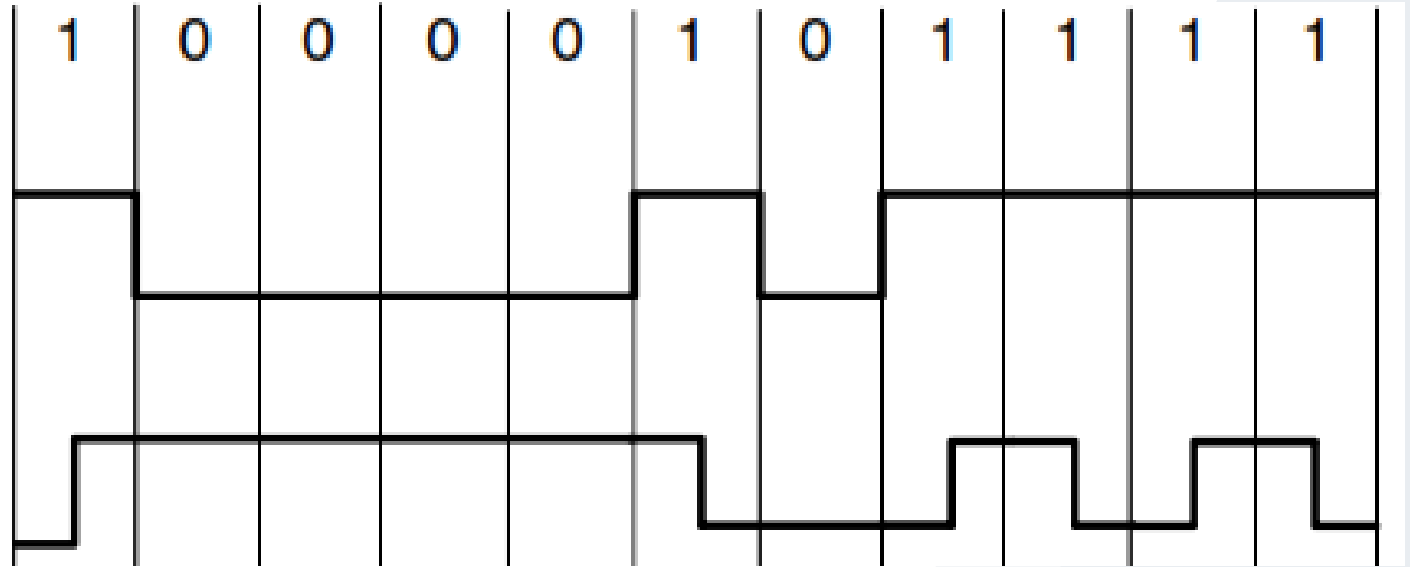
Source: Zheng Lichen, Vibration wave downhole communication technique. Petroleum Exploration And Development Volume 44, Issue 2, April 2017

Clock Recovery

- NRZ memiliki kelemahan ketika mengirimkan data pada bit stream 1 dan 0 yang berkepanjangan
- Jika ada jumlah transisi yang cukup maka akan lebih mudah melakukan sinkronisasi clock dengan menggunakan stream sinyal yang diterima
- Untuk itu dibuat strategi yang mengkondisikan ketika ada bit 1 sinyalnya ditransisi dan ketika bit 0 sinyalnya tidak ditransisi
- Coding metode ini disebut NRZI (Non Return Zero Inverted)

Clock Recovery

Bit stream



Source : Computer Networks A System Approach, Larry L. Petterson, Morgan Kaufmann Elsevier, 2021, page 77

- Universal Serial Bus (USB) menggunakan metode ini untuk menghubungkan perangkat tambahan komputer
- Dengan coding ini bit 1 berkepanjangan tidak lagi menjadi persoalan dalam clocking

Clock Recovery

- Dengan NRZI bit 0 berkepanjangan masih menjadi masalah
- Untuk dapat mengatasi hal tersebut kita dapat memecah deret bit 0 berkepanjangan menjadi group yang lebih kecil untuk ditransmisikan dengan pemetaan yang lebih panjang
- Metode terkait hal ini disebut dengan 4B/5B, setiap 4 bit dipetakan menjadi 5 bit dengan menggunakan tabel translasi
- Setiap pola bit dipastikan tidak memiliki 4 bit 0 yang berurutan

Clock Recovery

Data (4B)	Codeword (5B)	Data (4B)	Codeword (5B)
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

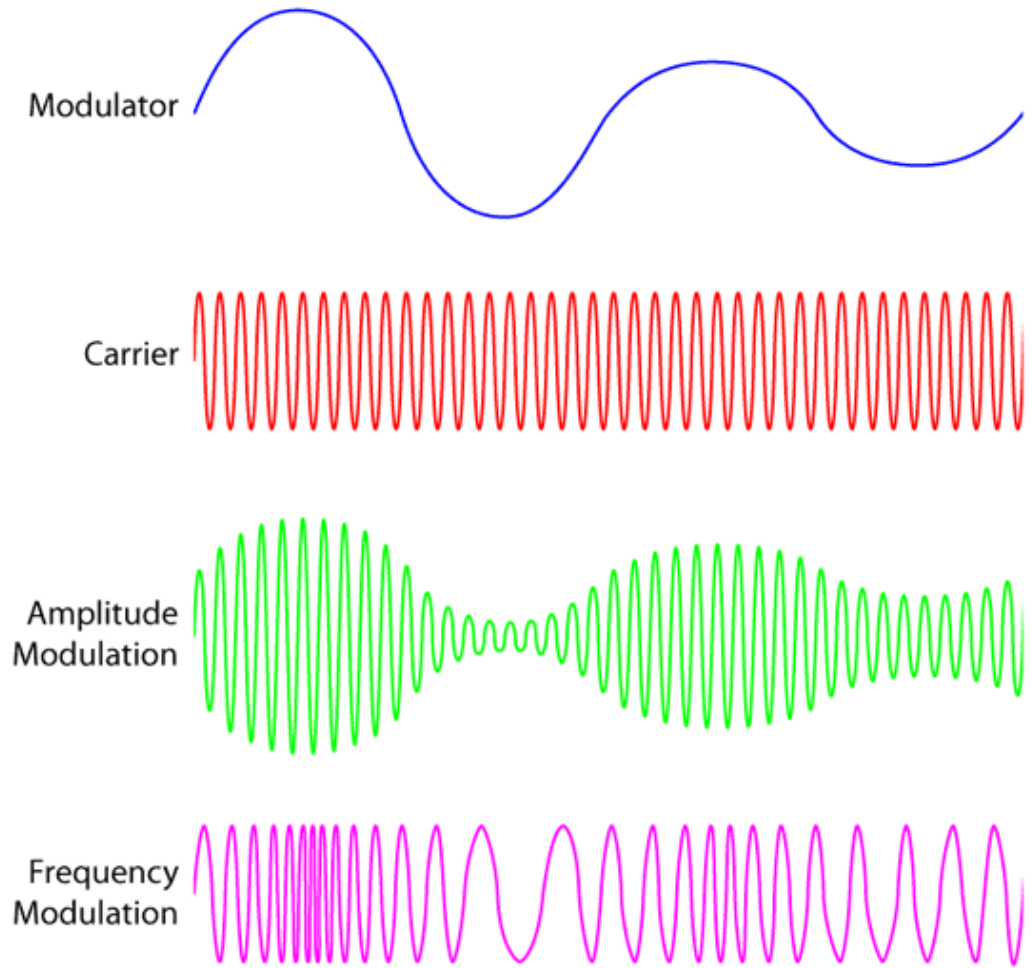
Non data codes dapat digunakan untuk merepresentasikan hal lain seperti 11111 untuk merepresentasikan idle dan 11000 untuk merepresentasikan awal mulainya frame

Source: Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks. Pearson. 2021.
Page 118

Passband Transmission

- Baseband frequencies cocok untuk digunakan pada komunikasi kabel karena dapat merepresentasikan nilai 0 dengan lebih mudah
- Sedangkan pada komunikasi wireless kita harus menggunakan rentang frekuensi tertentu yang tidak dimulai dengan angka 0 untuk dapat mentransmisikan data
- Pengiriman dengan menggunakan rentang frekuensi tertentu (frequency band) untuk dapat membiarkan sinyal lain berada dalam gelombang yang sama disebut dengan passband

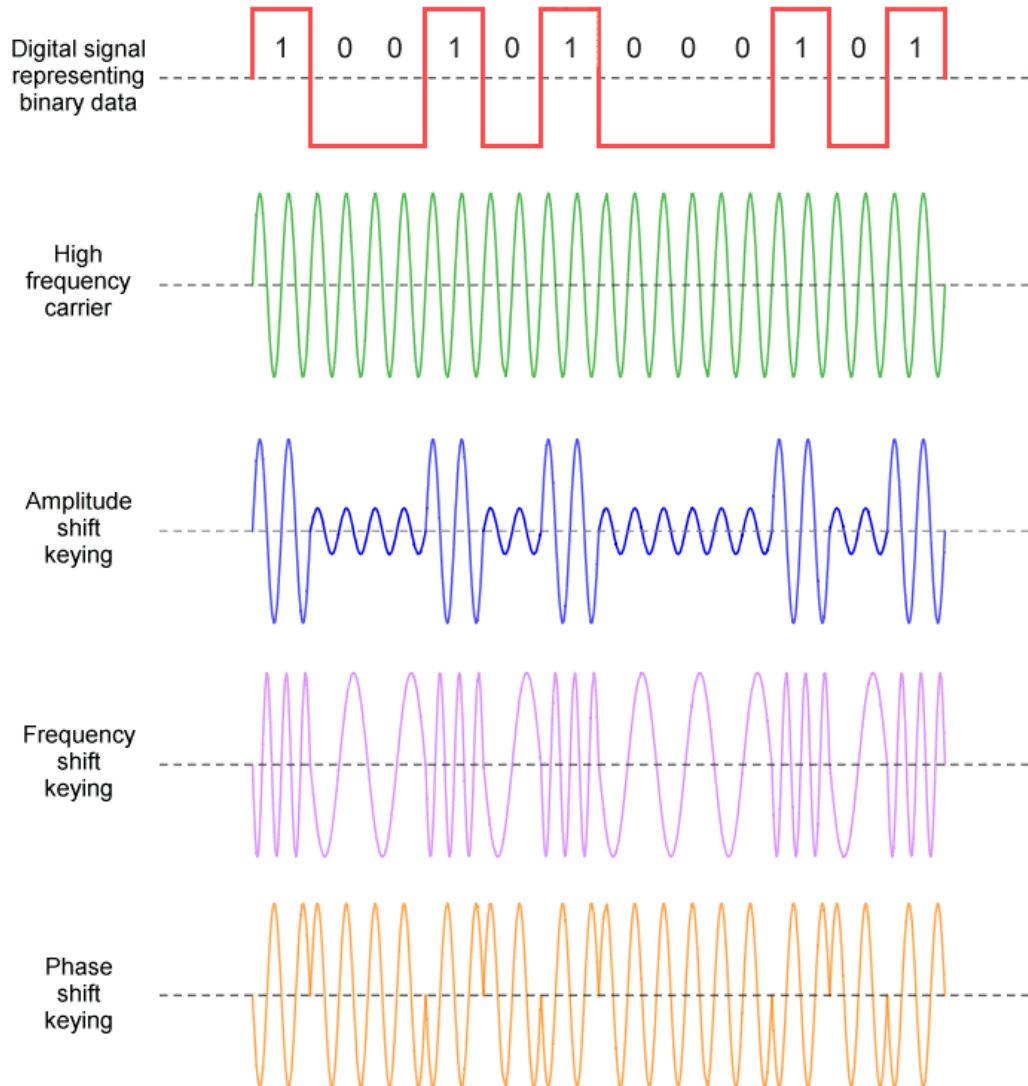
Passband Transmission



- Modulasi digital diperoleh dengan transmisi passband dengan cara memodulasikan sinyal data dengan sinyal pembawa (carrier) yang sesuai dengan passband
- Kita dapat memodulasi amplitudo, frekuensi atau fase dari sinyal pembawa, setiap metode modulasi ini memiliki namanya masing-masing

Source: https://www.reddit.com/r/physicsgifs/comments/mp8wta/a_very_pretty_wellcomposed_gif_showing_the_effect/?rdt=56148

Passband Transmission



- Pada ASK (Amplitude Shift Keying) dua jenis amplitudo digunakan untuk membedakan bit 1 dan 0
- Pada FSK (Frequency Shift Keying) dua jenis frekuensi digunakan untuk membedakan bit 1 dan 0
- Pada PSK (Phase Shift Keying) sinyal carrier diputar 0 atau 180 derajat untuk membedakan bit 1 dan 0

Passband Transmission

- Ketiga jenis (ASK, FSK, dan PSK) menggunakan 2 pembeda bentuk sinyal sehingga ketiganya masuk dalam kategori BPSK (Binary Phase Shift Keying) binary / biner merepresentasikan 2 kondisi yang berbeda (dalam kasus ini merepresentasikan bit 1 dan 0)
- Skema yang lebih baik dalam menggunakan bandwidth channel adalah penggunaan 4 shift (45, 135, 225, dan 315 derajat) untuk mentransmisikan 2 bit informasi per simbol, versi ini disebut dengan QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)
- Dengan kombinasi dari kedua jenis shift key dapat diperoleh level yang lebih banyak dalam mentransmisikan bit data per symbolnya

Passband Transmission

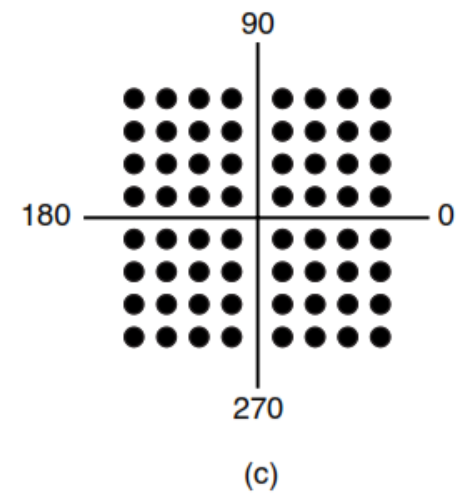
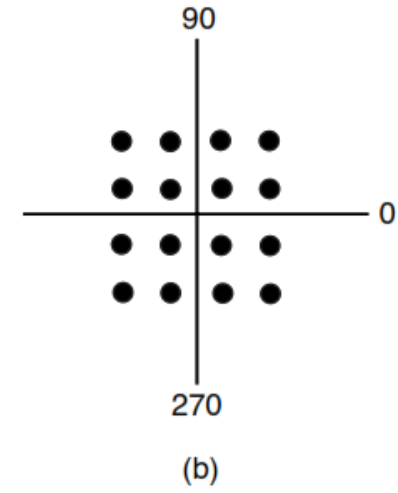
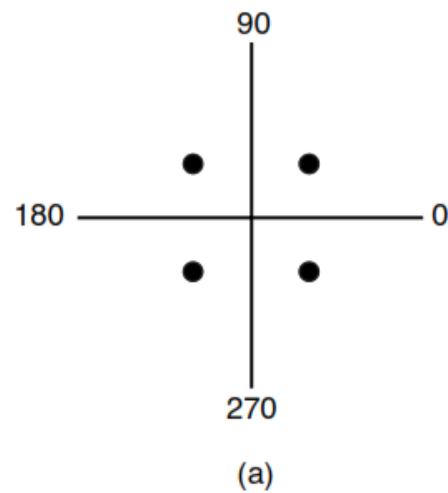
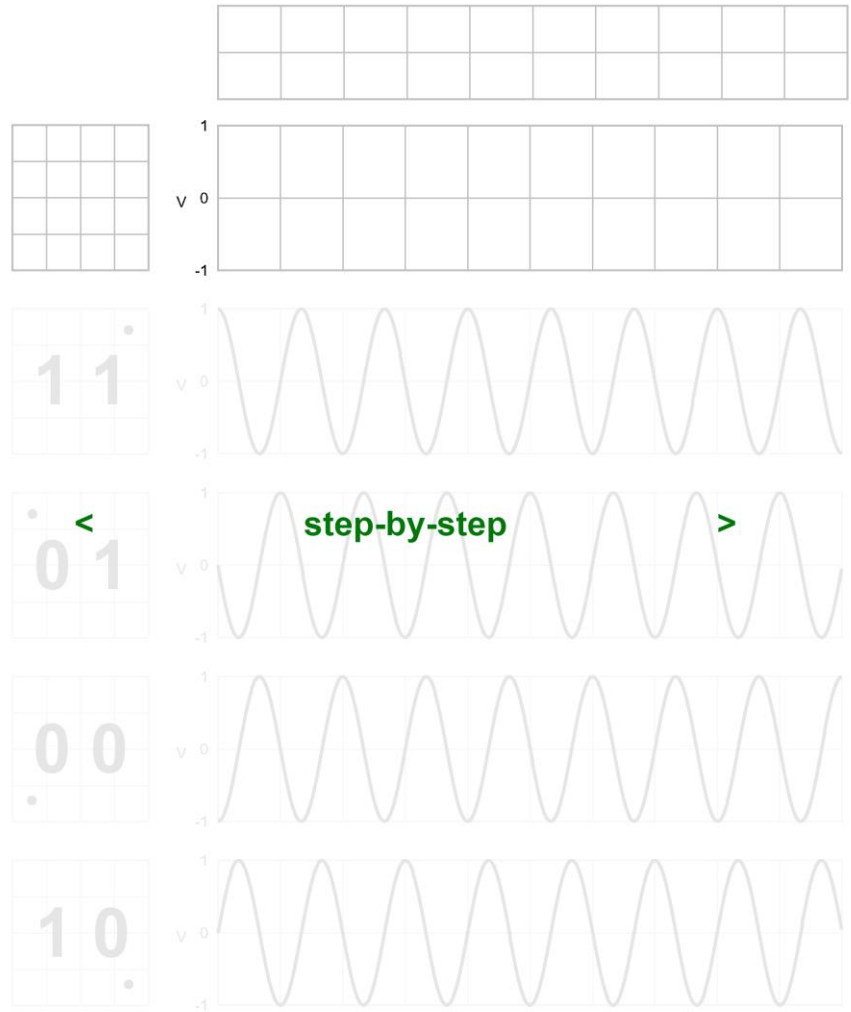


Figure 2-17. (a) QPSK. (b) QAM-16. (c) QAM-64.

03

Multiplexing

Multiplexing

- Modulasi hanya mendeskripsikan bagaimana sebuah sinyal bit stream (1, 0) dapat dikirimkan melalui media transmisi
- Pada kenyataannya skala ekonomi memiliki peran yang penting dalam mendeskripsikan bagaimana kita menggunakan jaringan komunikasi dimana hal ini menyebabkan skema multiplexing dalam membagi sebuah media transmisi untuk dapat digunakan secara bersama untuk mengirimkan beberapa sinyal yang berbeda.
- Ada beberapa cara yang digunakan untuk membentuk multiplexing yaitu waktu, frekuensi, code, dan wavelength

Frequency Division Multiplexing

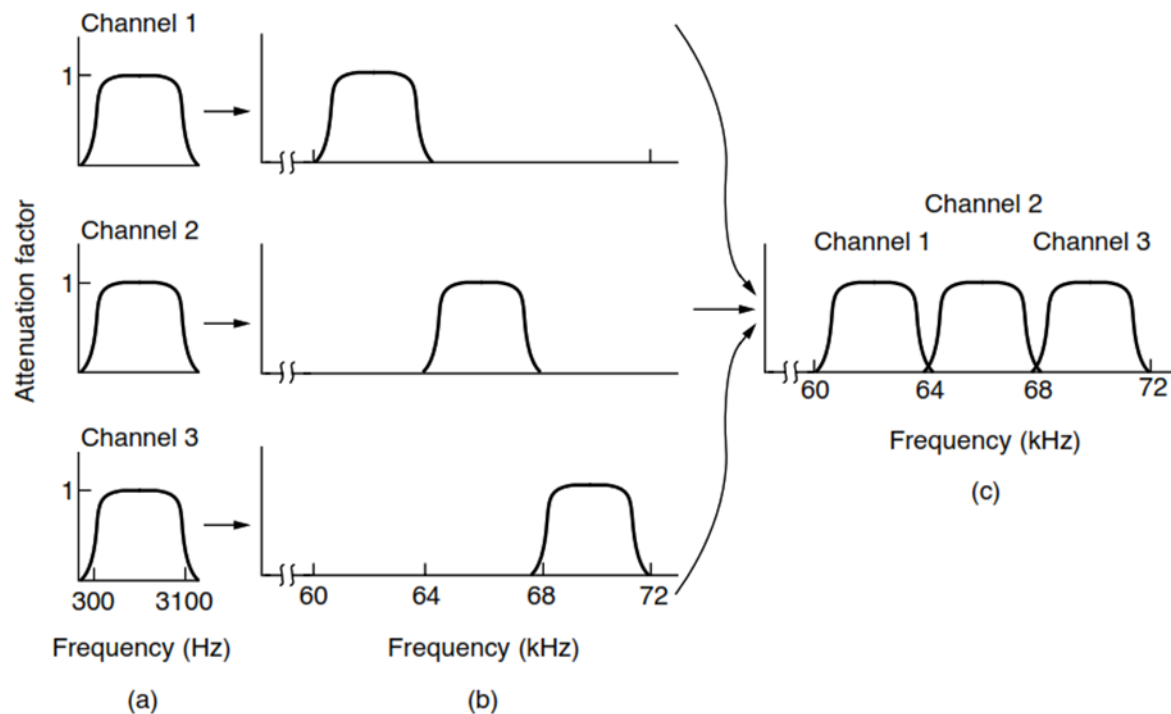


Figure 2-19. Frequency division multiplexing. (a) The original bandwidths. (b) The bandwidths raised in frequency. (c) The multiplexed channel.

- Setiap channel dinaikkan frekuensinya dengan jarak yang telah ditentukan
- Selanjutnya digabung menjadi satu sinyal, karena tidak ada channel yang memiliki rentang frekuensi yang sama maka tidak ada yang sinyal yang saling bertumpuk
- FDM kemudian dikembangkan menjadi Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)

Frequency Division Multiplexing

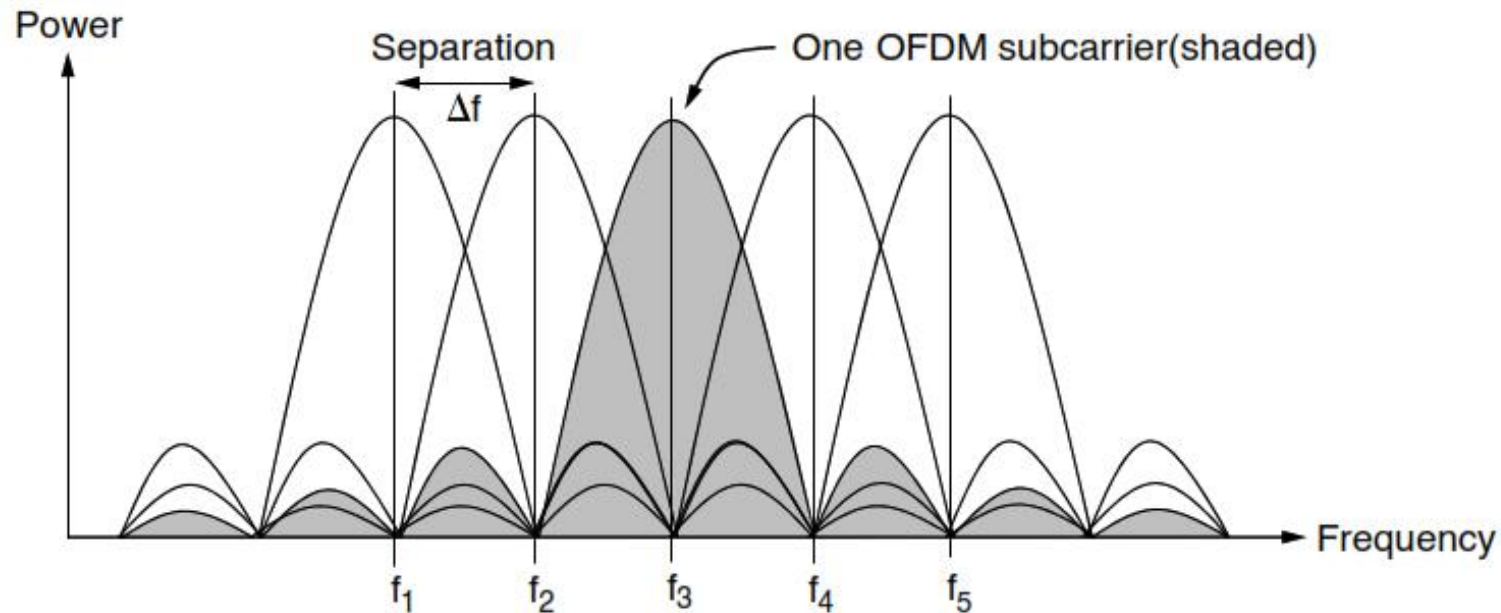


Figure 2-20. Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM).

Source: Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks. Pearson. 2021.
Page 125

- Pada OFDM jarak setiap sinyal dimepetkan namun yang diambil sebagai data hanya bagian puncak atau tengah dari setiap frekuensi
- OFDM menjadi dasar 802.11, jaringan kabel dan 4G seluler

Time Division Multiplexing

- Time division multiplexing menggunakan sistem giliran (round-robin), setiap kanal diberikan waktu khusus untuk menggunakan kanal transmisi
- Untuk dapat bekerja dengan baik perlu dilakukan sinkronisasi waktu antara pengirim dan penerima

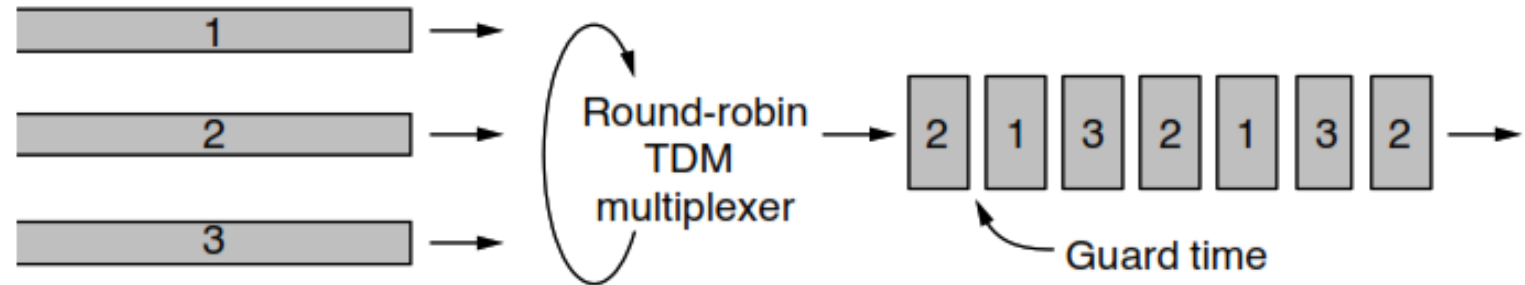


Figure 2-21. Time Division Multiplexing (TDM).

Source: Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks. Pearson. 2021. Page 126

Code Division Multiplexing

- Code Division Multiplexing merupakan teknik menyebarkan sinyal dengan lebar pita sempit (narrow band) ke dalam sinyal pita lebar (wide band)
- Hal ini memungkinkan penggunaan beberapa user yang berbeda dalam menggunakan frekuensi yang sama
- Karena CDM juga dikenal dengan istilah Code Division Multiple Access (CDMA)
- CDMA memungkinkan setiap station mengirimkan data melewati spektrum frekuensi sepanjang waktu.

Code Division Multiplexing

- Sinyal-sinyal yang dikirimkan kemudian dibedakan menggunakan coding theory sehingga memungkinkan CDMA untuk dapat mengambil sinyal yang dibutuhkan saja dan membuang sinyal-sinyal yang dikirimkan perangkat lain
- Untuk membedakan satu user dengan user lainnya CDMA menggunakan chips yang merupakan deret 64 atau 128 bit
- Untuk mengirimkan bitstream bernilai 1 maka station mengirimkan bit sequence dari chip-nya
- Sedangkan ketika mengirimkan bitstream bernilai 0 maka station mengirimkan negation / kebalikan dari nilai bit chip-nya

Wavelength Division Multiplexing

- Wavelength Division Multiplexing merupakan bentuk multiplexing untuk fiber optic dengan penggunaan sinar/cahaya yang memiliki wavelength yang berbeda
- Biasanya 4 fiber digabungkan ke dalam optical combiner yang akan menghasilkan 4 cahaya dengan wavelength yang berbeda dan ditransmisikan ke dalam satu fiber long haul
- Sesampainya di tujuan akan ada spliter yang membagi keempat wavelength sinyal ke dalam 4 fiber yang berbeda pula

Wavelength Division Multiplexing

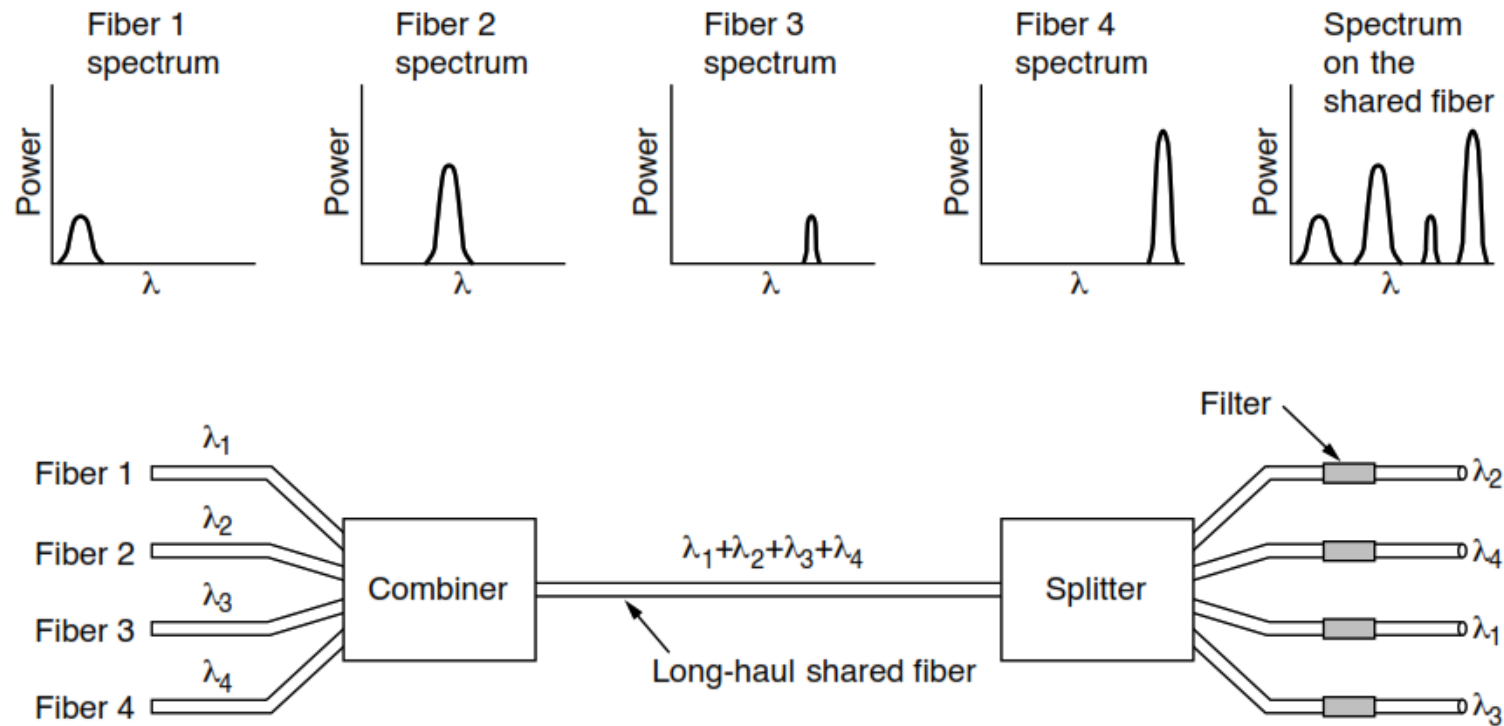
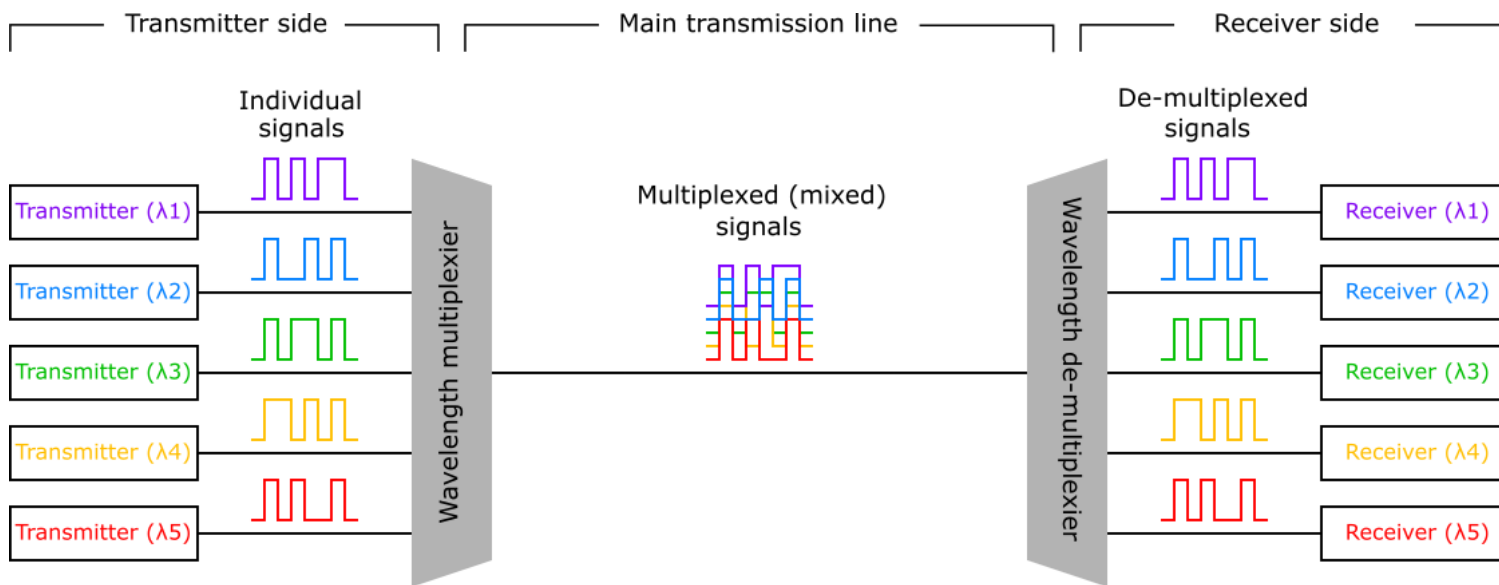
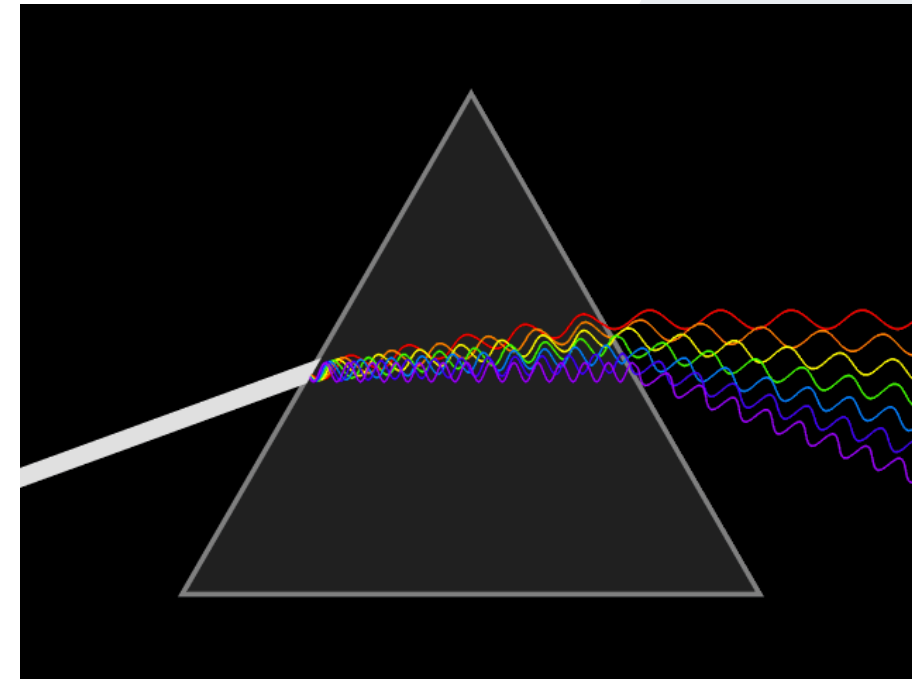


Figure 2-23. Wavelength division multiplexing.

Wavelength Division Multiplexing



Source: <https://www.fiberlabs.com/glossary/wavelength-division-multiplexing/>



Source: <https://vsgif.com/gif/2441238>

Referensi

Computer Networks Sixth Edition, Andrew S. Tanenbaum, Pearson Education Limited, 2021

Fundamentals of Computer Networks, Matthew N. O. Sadiku, Humana Press, 2022

Computer Networks A System Approach, Larry L. Petterson, Morgan Kaufmann Elsevier, 2021

Paul Mah. Data Centre Dynamics Ltd (Accessed: 2024, October 3). AWS Snowmobile delivers petabytes to the cloud by truck. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/aws-snowmobile-delivers-petabytes-to-the-cloud-by-truck/>

Cédric Van Loon. ITdaily (Accessed: 2024, October 3). Source: <https://itdaily.be/nieuws/cloud/aws-voegt-flexibele-edge-servers-toe-aan-snowball/>

Danny Boesing. Samtec, Inc (Accessed: 2024, October 3). Why Did PCIe 6.0 Adopt PAM4? There Are Many Reasons. <https://blog.samtec.com/post/why-did-pcie-6-0-adopt-pam4-there-are-many-reasons/>

Referensi

- Estrella_Stella. Reddit (Accessed: 2024, October 3). Effect of a Signal on a Carrier Through Amplitude Modulation & Frequency Modulation. https://www.reddit.com/r/physicsgifs/comments/mp8wta/a_very_pretty_wellcomposed_gif_showing_the_effect/?rdt=56148
- Christopher J. Wells. TechnologyUK (Accessed: 2024, October 3). Telecomms Principles - Digital Modulation (Part One). <https://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom-principles/digital-modulation-part-one.shtml>
- labAlive (Accessed: 2024, October 3). QPSK signal generation. <https://www.etti.unibw.de/labalive/experiment/qpsksignalgeneration/>
- FiberLabs Inc (Accessed: 2024, October 3). Wavelength-Division Multiplexing (WDM). <https://www.fiberlabs.com/glossary/wavelength-division-multiplexing/>
- Vsgif (Accessed: 2024, October 3). Refraction. <https://vsgif.com/gif/2441238>

Week 5

Network Devices
