

ANALISA DAN SIMULASI MODULATOR MACH ZEHNDER UNTUK PENGIRIMAN SINYAL INFORMASI VIDEO MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI BPSK DAN QPSK

Sary Sartika Mangiwa¹, Akhmad Hambali², Budi Prasetya³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dalam era perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat, permintaan akan layanan komunikasi dengan tingkat dan ragam layanan yang semakin canggih dan kompleks terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dibutuhkan sistem komunikasi yang memiliki kapasitas dan tingkat kehandalan yang tinggi. Sistem komunikasi serat optik adalah sistem komunikasi yang dipercaya mampu menangani masalah tersebut.

Sistem komunikasi optik merupakan suatu sistem yang menggunakan gelombang cahaya sebagai sinyal pembawa informasi dari pengirim ke penerima. Oleh karena itu, diperlukan suatu komponen yang dapat mengubah sinyal informasi ke dalam bentuk gelombang cahaya sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan. Komponen ini disebut modulator optik. Salah satu jenis modulator optik, yaitu modulator Mach Zehnder.

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah simulasi modulator Mach Zehnder dimana sinyal informasi yang digunakan adalah sinyal video. Sinyal informasi yang berupa sinyal video diubah ke dalam bentuk biner (bit-bit). Selanjutnya, sinyal tersebut dimodulasi dengan menggunakan teknik modulasi BPSK (Binary Phase Shift Keying) dan QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Sinyal inilah yang menjadi sinyal pemodulasi modulator Mach Zehnder. Kemudian, sinyal tersebut ditumpangkan kepada berkas cahaya sebagai sinyal carrier. Simulasi ini menggunakan software Matlab 2009.

Dari proses modulasi ini dapat diketahui bahwa intensitas cahaya keluaran modulator Mach Zehnder berubah-ubah menurut perubahan dari sinyal pemodulasi. Intensitas keluaran modulator Mach Zehnder dengan menggunakan sinyal pemodulasi BPSK dimana daya output Laser 1 mW adalah 0 s.d 0,99 mW. Sedangkan untuk sinyal pemodulasi QPSK, nilai intensitas keluaran modulator adalah 0 s.d 0,98 mW dan untuk sinyal NRZ unipolar, nilai intensitas keluaran modulator adalah 0 s.d 0,997 mW.

Kata Kunci : Mach-Zehnder, interferensi, elektro-optik, BPSK, QPSK

Telkom
University

Abstract

In the fast growth era of information and communication technology, demand of communication service with more complex and sophisticated kind and level of service is growing. In order to fulfill those demands, high reliability and high capacity communication system are needed. Optical fiber communication system is a communication system was applied to solve the problem.

Optical communication system is a system using light waves as a carrier signal from transmitter to receiver. Therefore, a component is needed to change information signal into light waves form so it can be transmitted to receiver. This component is called optical modulator. One kind of the optical modulator is Mach Zehnder modulator.

In this Final project, a simulator of Mach Zehnder modulator was made where it used video signal as a information signal. Information signal that formed a video signal is changed into binary form (bits). Furthermore, information signal is modulated using BPSK (Binary Phase Shift Keying) dan QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) modulation. This signal become a modulated signal of Mach Zehnder modulator. Then, this signal is carried on continuous wave as a carrier signal. The simulation uses Matlab 2009.

From this modulation process is known that the intensity of light in the output Mach-Zehnder Modulator is changing following the change of modulating signal. The output intensity of Mach Zehnder modulator using BPSK signal as a modulating signal with Laser output power 1 mW is 0 until 0,99 mW. Whereas, for QPSK signal as a modulating signal, the output intensity of modulator is 0 until 0,98 mW and for NRZ unipolar signal, the output intensity of modulator is 0 until 0,997 mW.

Keywords : Mach-Zehnder, interference, electro-optic, BPSK, QPSK

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman modern ini dimana perkembangan teknologi di bidang komunikasi dan informasi berkembang dengan sangat pesat, permintaan masyarakat akan layanan komunikasi yang handal dan canggih terus meningkat, antara lain layanan *multimedia* seperti internet, *video streaming*, *video on demand*, *fax*, *voice*, *data*, dan sebagainya. Untuk memenuhi permintaan tersebut, dibutuhkan sistem komunikasi yang memiliki kapasitas dan tingkat kehandalan yang tinggi. Sistem komunikasi optik merupakan suatu sistem yang memiliki sejumlah keunggulan, diantaranya mampu menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dan dengan kecepatan yang tinggi. Oleh karena itu, sistem komunikasi optik sangat tepat digunakan untuk mengakomodasi berbagai layanan komunikasi yang semakin beragam dan kompleks.

Tujuan dari sebuah sistem komunikasi adalah mengirimkan sinyal informasi berupa data, suara, atau video dari pengirim ke penerima melalui suatu media transmisi. Untuk melakukannya, transmitter memodifikasi sinyal informasi ke dalam bentuk yang cocok sesuai kanal yang dilaluinya yaitu sinyal pembawa (sinyal *carrier*). Proses ini disebut sebagai proses modulasi. Untuk memenuhi kebutuhan transfer data yang semakin besar, maka digunakan suatu sistem yang memanfaatkan cahaya sebagai pembawa informasi (sinyal *carrier*) yang berkapasitas besar. Sistem komunikasi optik merupakan suatu sistem yang menggunakan gelombang cahaya sebagai pembawa informasi dari pengirim ke penerima. Sinyal informasi nantinya akan ditumpangkan ke sebuah sinyal *carrier*, dalam hal ini adalah berkas cahaya atau *continous waves*. Oleh karena itu, diperlukan suatu komponen yang dapat mengubah sinyal informasi ke dalam sinyal pembawanya (sinyal *carrier*), yaitu berkas cahaya sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan. Komponen ini disebut modulator optik.

Salah satu jenis modulator optik, yaitu modulator Mach Zehnder. Modulator ini digunakan untuk mendukung kinerja sistem komunikasi optik dan

digunakan untuk proses modulasi. Modulator ini bekerja berdasarkan prinsip perpaduan (*interfering*) dua berkas cahaya. Perpaduan dua berkas cahaya ini akan menghasilkan intensitas maksimum ataupun minimum, tergantung dari perbedaan fasa antara kedua berkas cahaya tersebut.

Dalam tugas akhir ini, dibahas mengenai simulasi modulator Mach Zehnder dimana sinyal informasi yang digunakan adalah video berformat avi. Sinyal informasi yang berupa sinyal video diubah ke dalam bentuk biner (bit-bit). Selanjutnya, sinyal tersebut akan dimodulasi dengan menggunakan teknik modulasi *BPSK*(*Binary Phase Shift Keying*) dan *QPSK*(*Quadrature Phase Shift Keying*). Sinyal inilah yang menjadi sinyal pemodulasi modulator Mach Zehnder. Kemudian, sinyal tersebut ditumpangkan kepada sinyal optik yang digunakan sebagai *carrier*. Berkas cahaya yang digunakan sebagai *carrier* merupakan keluaran dari Laser dengan daya dan panjang gelombang tertentu. Berkas cahaya keluaran Laser yang telah diganggu oleh sinyal informasi akan mengalami perubahan fasa. Perubahan fasa ini menyebabkan hasil yang konstruktif maupun destruktif pada sisi output modulator. Dari sini dapat diketahui intensitas dan daya keluaran modulator Mach Zehnder dari proses modulasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah memodelkan dan mensimulasikan modulator Mach Zehnder dengan sinyal informasi yang digunakan adalah video berformat avi dan gelombang cahaya sebagai sinyal *carrier* untuk mengetahui intensitas cahaya dan bentuk sinyal keluaran yang dihasilkan oleh modulator Mach Zehnder.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan referensi dalam pengaplikasian modulator Mach Zehnder.
2. Sebagai bahan masukan bagi dunia telekomunikasi untuk meningkatkan kualitas pengiriman informasi di jaringan serat optik.

1.4 Rumusan Masalah

Penelitian yang dilakukan membahas beberapa hal berikut:

1. Pembentukan sinyal pemodulasi modulator Mach Zehnder, yang meliputi:
 - a. Proses perubahan sinyal video yang merupakan sinyal informasi ke dalam bentuk biner (bit-bit).
 - b. Proses pembentukan sinyal NRZ, sinyal BPSK dan sinyal QPSK.
2. Modulator Mach Zehnder merupakan modulator optik eksternal yang dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:
 - a. Berkas cahaya sebagai sinyal *carrier* merupakan keluaran dari Laser *single mode* (satu berkas cahaya) yang berupa gelombang elektromagnetik dengan daya dan panjang gelombang tertentu.
 - b. Bahan atau material yang digunakan pada Modulator Mach-Zehnder berupa LiNbO_3 (*Lithiumniobate*) dan GaAs (*Galium Arsenit*) sebagai penentu besarnya indeks bias dan pengaruh efek elektro-optik.
 - c. Parameter pendukung lain, seperti panjang lengan modulator dan konfigurasi elektroda pemodulasi.
3. Proses yang terjadi pada Modulator Mach Zehnder seperti perubahan indeks bias dan perubahan fasa akibat pengaruh sinyal pemodulasi modulator berupa sinyal NRZ unipolar, sinyal BPSK dan sinyal QPSK. Selanjutnya, diamati dan dianalisis intensitas cahaya dan bentuk sinyal keluaran Modulator Mach Zehnder setelah melalui berbagai proses.

1.5 Batasan Masalah

Agar dalam pengerjaan tugas akhir ini didapatkan hasil yang optimal, maka masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Sinyal informasi yang digunakan adalah sinyal video berformat avi.
2. Tidak membahas masalah audio.
3. Simulasi hanya pada bagian modulator.
4. Modulasi yang digunakan adalah BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) dan QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*).

5. Gelombang cahaya yang digunakan sebagai *carrier* dalam simulasi merupakan keluaran Laser dengan panjang gelombang 1550 nm.
6. Bahan atau material yang digunakan pada Modulator Mach-Zehnder adalah LiNbO_3 (*Lithiumniobate*) dan GaAs (*Galium Arsenit*).
7. Bit Rate sistem yang digunakan adalah 2,5 Gbps.
8. Parameter yang diamati adalah intensitas cahaya keluaran modulator Mach Zehnder.
9. Diasumsikan bahwa tidak terjadi redaman pada gelombang cahaya saat terjadi proses modulasi pada Modulator Mach-Zehnder.
10. Model sistem disimulasikan dengan Matlab yang berbasis pemrograman m-file.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan studi kepustakaan terhadap teori-teori yang sudah ada.
2. Mempelajari blok transmitter optik.
3. Mempelajari tentang modulator Mach Zehnder.
4. Membuat simulator pada Matlab 2007.
5. Melakukan analisa terhadap hasil simulasi yang dibuat.
6. Penggunaan Matlab untuk menampilkan grafik analisis.
7. Menarik kesimpulan setelah melakukan simulasi dan analisa.
8. Konsultasi dan diskusi dengan dosen, pembimbing akademis, dan pihak-pihak yang berkompeten.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini berisi tentang teori dasar dari Sistem Komunikasi Optik, video, modulasi cahaya, modulator optik, sumber optik, teori modulator Mach Zehnder.

Bab III Sistem dan Simulasi

Bab ini berisi tentang perancangan model dan simulasi modulator Mach Zehnder untuk mendapatkan hasil keluaran modulator yang akan digunakan sebagai bahan analisis.

BAB IV Analisis Hasil Simulasi

Bab ini berisi tentang analisa terhadap hasil simulasi, yang meliputi analisis sinyal informasi setelah dimodulasi dan analisis intensitas cahaya keluaran modulator Mach Zehnder.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari Tugas Akhir ini dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Intensitas cahaya keluaran modulator Mach Zehnder yang di dalamnya terkandung informasi, berubah mengikuti bentuk sinyal pemodulasi dimana terdapat 3 sinyal pemodulasi yang digunakan, yaitu sinyal BPSK, sinyal QPSK, dan sinyal NRZ unipolar. Intensitas keluaran modulator Mach Zehnder dengan menggunakan sinyal pemodulasi BPSK dimana daya output Laser 1 mW adalah 0 s.d 0,99 mW. Sedangkan untuk sinyal pemodulasi QPSK, nilai intensitas keluaran modulator adalah 0 s.d 0,98 mW dan untuk sinyal NRZ unipolar, nilai intensitas keluaran modulator adalah 0 s.d 0,997 mW. Intensitas maksimum keluaran modulator yang paling besar diperoleh dari sinyal pemodulasi NRZ unipolar.
2. Penggunaan material *waveguide* mempengaruhi perubahan indeks bias dan perubahan fasa. Dengan menggunakan material GaAs, perubahan indeks bias dan perubahan fasa yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan menggunakan material LiNbO₃, dimana panjang lengan interaksi modulator (L) dan jarak antar dua lempeng elektroda (d) yang digunakan pada tiap bahan adalah sama. Dengan menggunakan sinyal pemodulasi BPSK, perubahan indeks bias pada material GaAs sebesar $-5,7499 \cdot 10^{-6}$ s.d $5,7499 \cdot 10^{-6}$ dan pada material LiNbO₃ sebesar $-2,9815 \cdot 10^{-5}$ s.d $2,9815 \cdot 10^{-5}$. Sedangkan perubahan fasa pada material GaAs sebesar $-0,932331$ s.d. $0,932331$ radian dan pada material LiNbO₃ sebesar $-4,834425$ s.d. $4,834425$ radian.
3. Tegangan sinyal pemodulasi yang digunakan pada modulator dari material GaAs lebih besar dibandingkan pada modulator dari material LiNbO₃. Pada material GaAs, tegangan sinyal pemodulasi harus dinaikkan lima kali dari tegangan sinyal pemodulasi yang digunakan pada material LiNbO₃.

5.2 Saran

Berikut saran yang diajukan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya:

1. Penggunaan teknik modulasi lain, seperti QAM, 16-PSK yang kemudian dibandingkan kinerjanya dengan teknik modulasi yang telah dibuat.
2. Sinyal informasi yang digunakan berupa gambar dan suara dari video.
3. Penggunaan sinyal informasi video dengan format yang berbeda, seperti MP4, MPG, WMV, dan sebagainya.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ho, K.,P.,”*Spectrum of Externally Modulated Optical Signals*”, Institute of Communication Engineering National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2004.
- [2] Xiong, Fuqin.,”*Digital Modulation Techniques*”, Artech House, Second Edition, Norwood, 2006.
- [3] Fauzi, S.,A.,”*Tugas Akhir: Analisis Kinerja Sistem Format Modulasi Optik Pada Sistem Lightwave Berkecepatan Tinggi*”, STT Telkom, Bandung, 2006.
- [4] Leung, Anthony,”*Performance Analysis of SCM optical Transmission Link for Fiber-to-the-Home*”, BSEE University of Missouri-Rolla.
- [5] Hecht, E.,”*Optics*”, Addison-Wesley Publishing Inc., Second Edition, New York, USA,1987.
- [6] Ho, K.,P.,”*Advanced Topics in Lightwave Communications Generation of Optical Signals*”, Institute of Communication Engineering National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2005.
- [7] Hunsperger, R., G.,”*Integrated Optics: Theory and Technology*”,Springer-Verlag, Third Edition, Newark, USA, 1991.
- [8] Hutagaol, Yunan.,”*Tugas Akhir: Analisis Pengaruh Interferensi pada keluaran Modulator Mach-Zehnder*”, IT Telkom, Bandung, 2009.
- [9] Kahn, J.,M.,”*Handouts: Introduction to Optical Fiber Communication*”, Stanford University, Stanford, USA, 2006.
- [10] Ho, K.,P., ”*Phase Modulated Optical Communication Systems*”, Institute of Communication Engineering and Department of Electrical Engineering National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2005.
- [11] Kahn, J.,M.,”*Handouts: Introduction to Optical Fiber Communication*”, Stanford University, Stanford, USA, 2006.
- [12] Kusuma, D.,C.,A.,”*Tugas Akhir: Model Dan Simulasi Modulator Mach Zehnder Untuk Aplikasi Wireless LAN IEEE 802.11g Over Fiber Menggunakan C++*”, IT Telkom, Bandung, 2010.

- [13] Susilawati, Indah, ”*Simulasi Pembangkitan BPSK Dan QPSK*”, Universitas Mercu Buana, Yogyakarta, 2009.
- [14] MATLAB: ”*Signal Processing ToolBox User’s Guide*”, The Math Works Inc., 1996.
- [15] Dagli, Nadir, ”*Series in Optics and Optoelectronics : High-Speed Photonic Devices*, Taylor & Francis Group, New York, 2007.
- [16] Ng’oma, Anthony, ”*Radio-over-Fiber Technology for Broadband Wireless Communication System*”, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2005.
- [17] Lestari, D.,A.,”*Implementasi Teknik Watermarking Digital Pada Domain DCT Untuk Citra Berwarna*”, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2003.
- [18] Huang, R.,”*Simulation and Experimental Study of SCM/WDM Optical Systems*”, Beijing University, 2001.
- [19] Tim Dosen Institut Teknologi Telkom,”*Diktat Kuliah Sistem Komunikasi 2*”, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2007.
- [20] Sugito.,”*Diktat Kuliah Sistem Komunikasi Serat Optik*”, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2009.
- [21] Nguyen Binh, Le and C. Zsiofia,”*Double Sideband Carrier Suppressed RZ and NRZ Modulation Formats for Ultra-High Capacity 40 Gb/s Optical Communications Systems*”, Department of Electrical and Computer Systems Engineering, Monash University, Australia, 2003.
- [22] Purnamasari, Rita.,”*Tugas Akhir: Analisis dan Simulasi Modulator Cahaya Tampak Untuk Pengiriman Sinyal Informasi Video*”, IT Telkom, Bandung, 2008.