PERENCANAAN SISTEM KOMUNIKASI OPTIK MENGGUNAKAN SUB-CARRIER MULTIPLEXING (SCM) UNTUK TRANSMISI VIDEO BROADCAST DAN DATA DIGITAL PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH)

PLANNING OF OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM USING SUB-CARRIE

Wahid Sururi[1], Teha Tearalangi[2], A. Hambali[3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

Abstrak

Saat ini jaringan FTTH yang ada menggunakan Arsitektur CWDM PON dengan menggunakan 3 kanal optik untuk mendukung layanan pita lebar. Panjang gelombang 1550nm digunakan untuk broadcast CATV, 1490nm untuk transmisi downstream data digital dan 1310nm untuk upstream data digital. Desain sistem ini membutuhkan penggunaan filter WDM, laser laser tambahan dan fotodioda pada Central Office (CO) dan end-user. Desain ini juga tidak efisien dalam penggunaan bandwidth.

Karena kesederhanaan dan kestabilan gelombang mikro dan perangkat RF, SCM dapat menggabungkan kanal kanal RF yang berbeda (sinyal analog & digital) satu sama lain dalam domain listrik, yang kemudian dimodulasikan dalam carrier optik. Dalam Tugas Akhir ini 39 kanal video stream analog dan data digital 1 Gb/s di mixed dengan frekuensi gelombang mikro yang berbeda dan digabungkan dalam domain listrik sebelum dimodulasikan kedalam satu panjang gelombang menggunakan modulasi optik single sideband. Sinyal gabungan tadi kemudian dimodulasikan pada lower sideband dari carrier optik. Sebagai tambahan frekuensi gelombang mikro dimodulasikan pada upper sideband. Sub carrier optik pada lower sideband dari carrier optik kemudian akan di demodulasikan kedalam domain listrik untuk broadcast CATV dan transmisi downstream data digital.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah perencanaan pembangunan jaringan SCM untuk transmisi data 1 Gb/s dan 39 kanal video stream analog dalam satu panjang gelombang, sehingga dapat mengurangi penggunaan filter WDM, Laserlaser dan fotodioda tambahan pada CO dan end-user. Tugas Akhir ini akan menguji Carrier-to-Noise Ratio (CNR) dari CATV dan Q-value dari penerima data digital.

Kata Kunci : Sub-carrier Multiplexing, Fiber To The Home, CATV

Abstract
Nowadays, recent FTTH network are using CWDM PON architecture with three optical channels to support Broadband Services. Wavelength 1550 nm was used to TV broadcasting, wavelength 1490 nm was used to transmit digital data downstream and 1310 nm for digital data upstream transmission. In terms of system design, this approach requires WDM filters, additional lasers and photodiodes at CO and end-users. It is not efficient for bandwidth utilization. Because of the simplicity and stability of microwave and RF devices, SCM can combine different RF channels (analog & digital signals) closely with each other in electrical domain, and then modulate onto an optical carrier. In this final project, 39 channels analog video streams and 1Gb/s digital data are mixed by different microwave frequencies and combined together in the electrical domain before modulating onto one wavelength using optical single sideband modulation. This composite signal is modulated at the lower sideband of the optical carrier. In addition, a microwave frequency is modulated at the upper sideband of optical carrier. The optical sub carriers at the lower sideband of optical carrier will then demodulate into electrical domain for CATV broadcasting and downstream digital data transmission.
The goal of this final project is to examine the transmission performance of SCM network transmitting 1Gb/s data and 39 channels analog video streams under one wavelength, so WDM filters, additional lasers and photodiodes at CO and end-users requirement can be reduce. This project will examine the CATV Carrier-to-Noise Ratio (CNR) and the digital data receiver Q values.

Keywords : Sub-carrier Multiplexing, Fiber To The Home, CATV

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

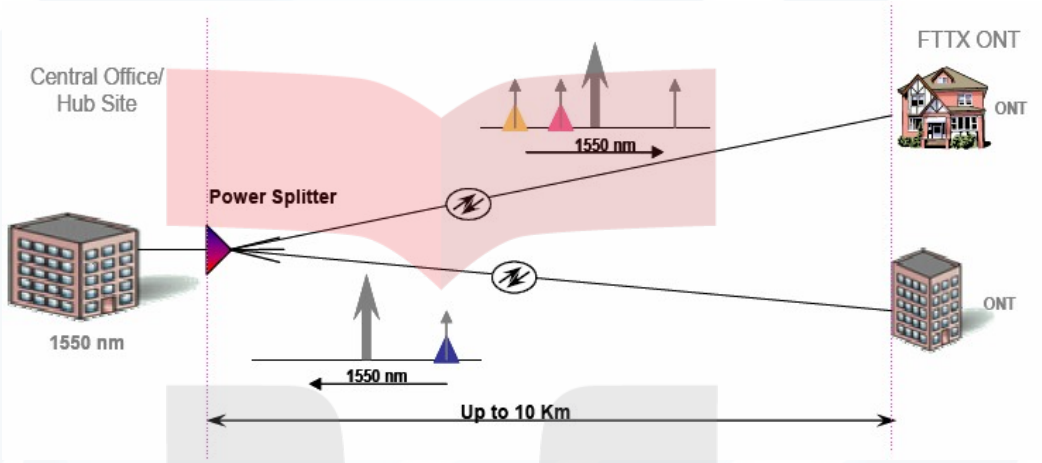
Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) adalah suatu infrastruktur komunikasi residential dimana fiber optik sebagai media *ditarik* hingga ke perangkat milik pelanggan. Jaringan ini diusahakan bisa menggantikan jaringan telekomunikasi yang ada sekarang. Jaringan FTTH berbeda dengan jaringan telepon atau jaringan TV kabel yang dibangun hanya untuk melayani aplikasi tertentu saja. Saat ini kabel modem dan teknologi DSL digunakan untuk mengadaptasikan jaringan yang sudah ada untuk melayani akses internet pita lebar. Walaupun saat ini layanan kabel modem dan DSL sudah cukup untuk menangani aplikasi yang ada, tapi suatu saat teknologi ini akan dihadang dengan keterbatasan bandwidth untuk melayani aplikasi pita lebar generasi baru. Untuk mengatasi masalah ini diusulkan penggunaan sistem komunikasi optik yang memiliki bandwidth yang sangat besar.

Namun muncul masalah lain yaitu adanya ketidakcocokan antara bandwidth dari sistem komunikasi optik dengan bandwidth dari sistem elektronik yang jauh lebih terbatas. Bandwidth dari windows yang memiliki atenuasi cukup kecil (1,3µm dan 1,55µm) berkisar 0,2 dB/Km atau setara dengan total bandwidth sebesar 30.000GHz. Ini sangat jauh berbeda dengan sistem elektronik yang walaupun menggunakan frekuensi carrier dalam GHz, memiliki keterbatasan bandwidth hingga beberapa GHz saja. Bagaimana cara bandwidth optik yang sangat besar bisa dimanfaatkan jika sistem elektronik yang menggerakkan perangkat optik itu sendiri memiliki keterbatasan?

Banyak solusi yang ditawarkan untuk mengatasi masalah ini, salah satunya adalah menggunakan *optical time division multiplexing* (OTDM) dan *wavelength division multiplexing* (WDM). Pada Tugas Akhir ini dibahas mengenai salah satu alternatif lain yang cukup sederhana dan *cost-effective* yaitu *sub-carrier multiplexing* (SCM).

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mempelajari pendekatan lain jaringan optik yang menggunakan *sub-carrier multiplexing*, seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1.2. Arsitektur SCM

Karena kesederhanaan dan kestabilan gelombang mikro dan perangkat RF, SCM dapat menggabungkan kanal kanal RF yang berbeda (sinyal analog & digital) satu sama lain dalam domain listrik, yang kemudian dimodulasikan dalam *carrier* optik. Dalam Tugas Akhir ini 39 kanal *video stream* analog PAL dan data digital 1 Gb/s di *mixed* dengan frekuensi gelombang mikro yang berbeda dan digabungkan dalam domain listrik sebelum dimodulasikan ke dalam satu panjang gelombang menggunakan modulasi optik *single sideband*. Sinyal gabungan tadi kemudian dimodulasikan pada *lower sideband* dari *carrier* optik. Sebagai tambahan frekuensi gelombang mikro dimodulasikan pada *upper sideband* dari *carrier* optik. *Subcarrier* optik pada *lower sideband* dari *carrier* optik kemudian akan di demodulasikan ke dalam domain listrik untuk *broadcast* CATV dan transmisi *downstream* data digital. *Subcarrier* optik pada *upper sideband* dari *carrier* optik bisa digunakan sebagai sumber optik untuk transmisi *upstream* data digital dari *end-user*.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah perencanaan pembangunan jaringan SCM untuk transmisi data 1 Gb/s dan 39 kanal CATV *video stream* analog dalam satu panjang gelombang. Oleh karena itu Tugas Akhir ini menguji *Carrier-to-Noise Ratio* (CNR) dari CATV dan *Q-value* dari penerima data digital.

1.3. Rumusan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini dibahas beberapa hal sebagai berikut :

1. Arsitektur dasar dari SCM, menggunakan *coupler hybrid* 90 derajat dan modulator Mach-Zender untuk modulasi *optik single-sideband* (OSSB).
2. Analisis masalah nonlinear yang muncul pada perangkat Mach-Zender seperti *Composite Second Order* (CSO) dan *Composite Triple Beat* (CTB).
3. Perhitungan CNR dari *video stream* dan *Q-value* dari data digital dalam sistem optik berdasarkan pada konsep model jaringan SCM optik yang sudah dijelaskan sebelumnya.
4. Analisis nilai CNR dari *video stream* dan *Q-value* dari data digital yang didapat dari simulasi.

1.4. Batasan Masalah

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

- Sistem optik yang digunakan adalah sistem optik *sub-carrier multiplexing*.
- Efek nonlinearitas dari Mach-Zender yang dibahas adalah *Composite Second Order* (CSO) dan *Composite Triple Beat* (CTB) tanpa membahas penurunan rumusnya secara rinci.
- Modulasi yang digunakan untuk video CATV adalah VSB-AM dan modulasi untuk data digital 1 Gb/s adalah modulasi QPSK (*Qudrature Phase Shift Keying*), BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) dan ASK (*Amplitude Shift Keying*).
- Panjang transmisi adalah 10 Km

- Panjang gelombang yang digunakan adalah di daerah *C-band* (1530nm-1565nm).
- *Optoelectro* modulator yang digunakan adalah modulator *Mach Zehnder* tanpa membahas karakteristik perangkat dan juga penurunan rumusnya.
- Model sistem disimulasikan dengan Matlab 7.0.1 yang berbasis pemrograman *m-file.*

1.5. Metodologi

Metode yang dilakukan pada penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Melakukan studi kepustakaan dengan mengacu pada teori-teori yang ada.
2. Mempelajari struktur sistem optik *sub-carrier multiplexing*.
3. Mempelajari tentang modulator *Mach Zehnder*.
4. Mempelajari kalkulasi untuk mendapatkan CNR dan *Q-value*.
5. Melakukan percobaan dengan simulasi software Matlab.
6. Mengolah dan menganalisis data.
7. Penggunaan Matlab untuk menampilkan grafik analisis.
8. Konsultasi dan diskusi dengan dosen, pembimbing akademis, dan pihak-pihak yang berkompeten.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, maksud dan tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan, dan output yang ingin dihasilkan pada Tugas Akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan arsitektur dari sistem optik *sub-carrier multiplexing*, teori dasar dari modulasi VSB-AM, QPSK, BPSK serta ASK dan juga dasar dasar mengenai modulator *Mach-Zender*.

BAB III PERENCANAAN SISTEM

Bab ini berisi tentang skema perencanaan simulasi untuk membangun suatu sistem optik menggunakan SCM untuk transmisi *video broadcast* dan data digital pada jaringan FTTH yang optimal.

BAB IV HASIL SIMULASI DAN KINERJA SISTEM

Bab ini berisi tentang hasil simulasi dan kinerja sistem yang meliputi nilai CNR dan *Q-value* dan juga perhitungan *link power budget.*

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan mempertimbangkan efek distorsi non linear dari *Mach Zender Modulator*, jumlah kanal *sub carrier* untuk transmisi video dengan modulasi VSB AM maksimal 39 kanal.
2. Efek distorsi non linear orde genap dari *Mach Zender Modulator* dapat dihilangkan dengan menset bias modulator pada *quadrature point*.
3. Nilai *carrier-to-noise ratio* (CNR) dapat diperbaiki dengan menaikkan daya output dari laser atau dengan menurunkan nilai RIN dari laser dan menaikkan nilai *Responsivity* dari *photodetector*.
4. Nilai CNR yang didapat dari perencanaan sudah memenuhi kebutuhan CNR yang diminta (>48 dB).
5. Penambahan nilai gain dari *Booster Amp* secara signifikan dapat memperbaiki nilai CNR yang didapat, tapi ada saat dimana penambahan nilai gain tidak akan mempengaruhi nilai CNR.
6. Efek *Composite Triple Beat* (CTB) dari *Mach Zender Modulator* menjadi nilai dominan yang membatasi nilai CNR yang didapat.
7. Nilai Q yang didapat dari hasil perencanaan tidak memenuhi kebutuhan nilai Q yang diminta ($\geq$6 dB).
8. Dengan mengurangi efek CTB dari *Mach Zender Modulator* nilai CNR dan *Q value* dapat diperbaiki dengan meningkatkan nilai *optical modulation index* (OMI).
9. Dengan mengabaikan efek CTB nilai CNR yang didapat dapat diperbaiki hingga 10 dB dan nilai Q yang didapat dapat memenuhi kebutuhan.
10. Nilai Q paling baik didapat untuk modulasi BPSK sedangkan untuk ASK nilai Q yang didapat tidak dapat memenuhi kebutuhan.
11. Sistem transmisi video analog dan data digital dapat digunakan secara bersamaan dalam satu sistem dengan syarat efek CTB dapat dikurangi.

5.2 Saran

Dengan menggunakan *Dual Parallel Linearized Mach Zender Modulator* (DPMZ), nilai efek distorsi non linear yang muncul pada *Mach Zender Modulator* dapat dikurangi sehingga nilai CNR dari video analog dan *Q value* dari data digital dapat ditingkatkan. Dengan penggunaan DPMZ, transmisi video analog dan data digital juga dapat digunakan secara bersamaan dalam satu sistem.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Agrawal, G., P.,"Optical Communication Systems," Institute of Optics University of Rochester, New York, United States, 2003.

[2]. *Diktat Komunikasi Data S1 2003, STTTelkom,* Revisi 3 Feb 2004, Bandung, 2004.

[3]. Fauzi, S., A.,"*Analisis Kinerja Sistem Format Modulasi Optik Pada Sistem Lightwave Berkecepatan Tinggi"*, TA STTTELKOM Bandung, 2006.

[4]. Gde Agung, I.,G.,N.,"*Perencanaan SKKL Serat Optik Link Jawa-Bali-Mataram dengan Teknologi DWDM Untuk Mengakomodasi Kebutuhan Kanal Sampai Tahun 2011*. TA STTTELKOM. Bandung, 2005.

[5]. Haykin,S, *"Communication System"*,Wiley Eastern Ltd., 1st US Edition, India, 1978.

[6]. Hecht, E.,"*Optics*," Addision-Wesley Publising Inc., Second Edition, New York, USA,1987.

[7]. Huang, R.,"*Simulation and Experimental Study of SCM/WDM Optical Systems*,"Beijing University, 2001.

[8]. Hunsperger, R.,G., "*Integrated Optics : Theory and Technology*", Springer-Verlag, USA, 1991.

[9]. Hui, R., Zhu, B., Huang, R., Allen, C., T., Demarest, K., R., Richard, D., "*Subcarrier Multiplexing for High-Speed Optical Transmission"*, Journal of Lightwave Technology, vol.20, no.3, 2002

[10]. Kahn, J., M.,"*Handouts*: *Introduction to Optical Fiber Communication*," Stanford University, Stanford, USA, 2006.

[11]. Keiser, G.,"*Optical Fiber Communication*", McGraw-Hill, Inc., Second Edition, Singapore, 1991.

[12]. Kennedy, G., Davis, B.,"*Electronic Communication System*", McGraw-Hill, Inc., Fourth Edition, Australia, 1992.

[13]. Leung, A.,"*Performance Analysis of SCM Optical Transmission Link for Fiber-to-the Home*", Department of Electrical Enginering and Computer Science, Kansas University, USA.

[14]. MATLAB: "*Signal Processing ToolBox User's Guide*,"The Math Works Inc., 1996.

[15]. Palais, J., C.,"*Fiber Optic Communications*," Prentice Hall International Inc., Second Edition, New Jersey, USA, 1988.

[16]. Power, J.,"*An Introduction to*:*Fiber Optic Systems*," Mc.Graw-Hill Inc., Second Edition, USA, 1999.

[17]. Siregar, R. E.,"*Dasar-dasar Komunikasi Serat Optik*", Bandung, 1998

[18]. Selvarajan, A., Kar, S., dan Srinivas, T.,"*Optical Fiber Communication* : *Principles and Systems*," Mc.Graw-Hill Inc., International Edition, USA, 2002.