

Studi Perbandingan Teknik Multiplexing dalam Telekomunikasi

Sofyan Mufti Prasetyo¹, Muh. Tri Bintang Yusuf^{2*}, Dedi Rizal Al-Aris^{3*}, Tias Anggara Putra^{4*}

Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang, Indonesia

Email: ¹dosen01809@unpam.ac.id, ^{2*}bintangyusuf235@gmail.com, ^{3*}alldedi88@gmail.com,
^{4*}tiazbbth@gmail.com

(* : dosen01809@unpam.ac.id)

Abstrak– Tinjauan literatur ini menyelidiki teknik multiplexing utama yang digunakan dalam jaringan telekomunikasi modern, yaitu Frequency Division Multiplexing (FDM), Wavelength Division Multiplexing (WDM), Synchronous Time Division Multiplexing (STDM), dan Statistical Time Division Multiplexing (StatTDM). Pencarian literatur dilakukan menggunakan Google Scholar dengan kata kunci yang relevan, dan kriteria inklusi meliputi studi yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir dan relevan dengan topik. Setiap teknik dievaluasi berdasarkan karakteristik operasionalnya, aplikasi umum, keuntungan, dan tantangan yang mereka hadapi. Analisis tematik dilakukan untuk mengidentifikasi tema-tema utama dan perbandingan antar teknik multiplexing. Hasilnya menunjukkan bahwa masing-masing teknik memiliki kelebihan dan kelemahan sendiri, dengan potensi aplikasi yang berbeda-beda tergantung pada kebutuhan spesifik jaringan dan lalu lintas data.

Kata Kunci: FDM; WDM; STDM; StatTDM

Abstract–This literature review aims to investigate and analyze four primary multiplexing techniques used in modern telecommunications networks: Frequency Division Multiplexing (FDM), Wavelength Division Multiplexing (WDM), Synchronous Time Division Multiplexing (STDM), and Statistical Time Division Multiplexing (StatTDM). Literature search was conducted using Google Scholar with relevant keywords, focusing on studies published within the last five years and pertinent to the topic. Each technique was evaluated based on its operational characteristics, common applications, advantages, and challenges. Thematic analysis was performed to identify major themes and comparisons among the multiplexing techniques. The results indicate that each technique has its own strengths and weaknesses, with varying potential applications depending on specific network needs and data traffic requirements..

Keywords: FDM; WDM; STDM; StatTDM

1. PENDAHULUAN

Teknologi multipleksing merupakan salah satu fondasi utama dalam jaringan telekomunikasi modern, memungkinkan pengiriman data secara efisien melalui media transmisi yang terbatas. Dalam konteks ini, teknik seperti Frequency Division Multiplexing (FDM), Wavelength Division Multiplexing (WDM), Synchronous Time Division Multiplexing (STDM), dan Statistical Time Division Multiplexing (StatTDM) memainkan peran krusial dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan kapasitas jaringan.

Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis penelitian terbaru yang berkaitan dengan teknik-teknik multipleksing tersebut. Fokus utama peninjauan ini adalah pada studi-studi yang telah dipublikasikan dalam lima tahun terakhir, dengan kriteria inklusi yang memastikan relevansi topik serta kualitas metodologi penelitian.

Metode pencarian literatur dilakukan melalui database Google Scholar dengan menggunakan kata kunci yang relevan seperti "FDM", "WDM", "STDM", dan "StatTDM". Pemilihan studi dilakukan berdasarkan evaluasi terhadap judul, abstrak, dan teks lengkap untuk memastikan bahwa studi tersebut memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman kita terhadap aplikasi dan pengembangan teknik-teknik ini dalam berbagai konteks telekomunikasi.

Setiap teknik multipleksing memiliki karakteristik unik yang mendukung aplikasinya dalam berbagai skenario. Misalnya, FDM membagi jalur transmisi menjadi saluran frekuensi terpisah, cocok untuk aplikasi seperti siaran radio dan televisi kabel. Di sisi lain, WDM memanfaatkan variasi panjang gelombang cahaya untuk meningkatkan efisiensi spektral pada serat optik, memungkinkan transmisi data dalam kapasitas yang besar dan jarak yang jauh. STDM menawarkan kehandalan dan ketepatan waktu yang tinggi dengan alokasi slot waktu tetap, ideal untuk aplikasi seperti jaringan telepon digital. Sementara itu, StatTDM menyesuaikan alokasi slot waktu berdasarkan permintaan dinamis, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya pada jaringan dengan lalu lintas yang bervariasi.

Melalui analisis tematik, tinjauan ini akan mengidentifikasi pola-pola utama yang muncul dari literatur terkait, seperti kemajuan teknologi, tantangan teknis, dan aplikasi inovatif dalam berbagai industri. Dengan demikian, pendahuluan ini memberikan landasan yang kuat untuk eksplorasi lebih lanjut tentang evolusi dan penerapan teknologi multipleksing dalam transformasi digital yang sedang berlangsung di sektor telekomunikasi global.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tujuan Tinjauan

Tujuan tinjauan literatur ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis penelitian yang telah dilakukan tentang FDM, WDM, STDM, dan StatTDM. Tinjauan ini mencakup literatur yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir.

2.2 Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan menggunakan database Google Scholar. Kata kunci yang digunakan termasuk “FDM”, “WDM”, “STDM”, dan “StatTDM”. Kriteria inklusi mencakup studi yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir, relevan dengan topik, dan tersedia dalam bahasa Inggris. Studi yang tidak memiliki abstrak yang relevan atau metode yang jelas dikeluarkan.

2.3 Evaluasi Literatur

Literatur dievaluasi berdasarkan relevansi, validitas metodologi, dan kredibilitas sumber. Seleksi awal dilakukan berdasarkan judul dan abstrak, diikuti oleh seleksi lanjutan berdasarkan teks lengkap. Setiap studi yang dipilih dievaluasi menggunakan kerangka kerja kritis untuk memastikan kualitas dan relevansinya.

2.4 Analisis dan Sintesis

Analisis tematik dilakukan untuk mengidentifikasi tema utama yang muncul dari literatur, seperti praktik melindungi. Literatur dikelompokkan berdasarkan tema-tema ini dan dibandingkan untuk mengidentifikasi kesamaan dan perbedaan dalam temuan.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Frequency Division Multiplexing (FDM)

Teknik muxing FDM membagi jalur transmisi menjadi beberapa saluran frekuensi yang berbeda, masing-masing mengirimkan informasi yang berbeda. Dalam sistem televisi kabel, setiap saluran televisi memiliki frekuensi yang berbeda, sehingga satu kabel coaxial dapat digunakan untuk memancarkan banyak saluran televisi.

Prinsip operasi FDM:

- Pembagian spektrum: bandwidth komunikasi dibagi menjadi saluran frekuensi terpisah.
- Cadangan Frekuensi: Setiap saluran memiliki rentang frekuensi berbeda untuk menghindari tumpang tindih
- Pemisahan saluran: Setiap saluran dipisahkan menggunakan teknik filter atau multiplexing

Fitur Utama:

- Analog atau Digital: Awalnya digunakan dalam sistem analog seperti radio dan televisi, tetapi juga dapat digunakan dalam sistem digital
- Stabilitas Frekuensi: Penting untuk menjaga stabilitas frekuensi setiap saluran untuk menghindari interferensi.
- Efisiensi spektral: memungkinkan multiplexing beberapa sinyal dengan bandwidth yang relatif kecil dibandingkan dengan total bandwidth yang tersedia.

Keuntungan:

- Sederhana: Implementasinya relatif sederhana dan tidak memerlukan prosesor kelas atas.
- Dapat digunakan pada berbagai bahan: Dapat digunakan pada kabel tembaga dan serat optik.
- Keandalan tinggi: karena setiap saluran beroperasi pada frekuensi berbeda, interferensi pada satu saluran tidak mempengaruhi saluran lainnya.

Aplikasi Umum:

- Radio dan Televisi: FDM banyak digunakan dalam siaran radio dan televisi untuk mengirimkan beberapa saluran audio dan video pada frekuensi berbeda.
- Kabel jaringan: Digunakan dalam sistem telepon kabel dan kabel data untuk memungkinkan beberapa saluran berbagi jalur fisik yang sama.
- Komunikasi Satelit: FDM digunakan untuk memaksimalkan penggunaan bandwidth terbatas dalam komunikasi satelit.
-

Tantangan dan keterbatasan:

- Interferensi frekuensi: Risiko interferensi lintas saluran jika isolasi yang memadai tidak tersedia.
- Manajemen dan Koordinasi Spektrum: Memerlukan koordinasi yang baik dalam alokasi spektrum untuk menghindari tumpang tindih yang merugikan.

FDM masih merupakan teknik multiplexing yang penting dalam dunia telekomunikasi saat ini, meskipun ada opsi lain seperti panjang gelombang pembagian multiplexing (WDM) dan multiplexing pembagian waktu (TDM) yang sesuai untuk aplikasi tertentu..

3.2 Wavelength Division Multiplexing (WDM)

Division Multiplexing (WDM) adalah metode multiplexing yang memungkinkan beberapa sinyal optik yang berbeda dikirimkan secara bersamaan melalui serat optik tunggal. Berikut ini adalah penjelasan lebih terperinci mengenai WDM:

Prinsip Operasi WDM:

- Pemisahan Gelombang Cahaya: Metode ini memanfaatkan variasi panjang gelombang cahaya (wavelength) dari spektrum cahaya yang terlihat (umumnya dalam inframerah dekat) untuk mengirimkan sinyal optik. Pengganda dan Pembagi Sinyal: Sinyal-sinyal yang berlainan pada frekuensi yang berbeda digabungkan (diadukan) dan kemudian dipisahkannya (dibagi) menggunakan peranti optik khusus seperti pengganda dan pembagi sinyal.

Fitur Utama:

- Efisiensi Spektral: Memungkinkan penggunaan bandwidth serat optik secara efisien dengan mengirimkan banyak kanal data melalui serat optik tunggal.

- Tingkat yang Tinggi: Mampu mendukung ratusan hingga ribuan saluran data secara bersamaan dalam jaringan komunikasi jarak jauh.
- Komunikasi Jarak Jauh: Cocok untuk penerapan jaringan optik yang jauh, termasuk jaringan telepon dan internet global.

Tipe WDM:

- Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM): Mengizinkan pemakaian lebih banyak saluran pada jarak yang lebih jauh dengan jarak gelombang yang lebih padat.
- Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM): Dipakai untuk rentang yang lebih pendek dan dengan interval gelombang yang lebih lebar.

Program WDM:

- Telekomunikasi Jarak Jauh: Dimanfaatkan dalam infrastruktur jala-jala telepon dan global internet untuk meningkatkan kapasitas transmisi data.
- Pusat Data: WDM dimanfaatkan dalam pusat data untuk mengaitkan struktur dengan lebar pita yang tinggi dan kecepatan tinggi.
- Penyiaran dan Kabel: Digunakan dalam sistem penyiaran dan kabel untuk mengirimkan banyak saluran audio dan video dengan kualitas tinggi melalui serat optik.

Kelebihan WDM:

- Pengurangan Pengeluaran: Mengurangi keperluan akan serat optik tambahan dengan memaksimalkan kapasitas transmisi.
- Kemampuan Memperluas: Memungkinkan peningkatan daya tampung dengan menambahkan lebih banyak gelombang cahaya ke dalam serat optik yang sudah ada.
- Efisiensi Tenaga: Mengurangi penggunaan tenaga per bit data yang ditransmisikan.

WDM telah menjadi teknologi kunci dalam perubahan jaringan telekomunikasi masa kini, memungkinkan pengiriman informasi dalam jumlah besar dengan kecepatan tinggi dan efisiensi frekuensi yang tinggi melalui struktur serat optik yang sudah ada.

3.3 Synchronous Time Division Multiplexing (STDM)

STDM adalah teknik multiplexing dimana sumber data atau sinyal dipisahkan untuk jangka waktu tertentu dan berjangka waktu. Setiap sumber data diberi slot waktu tertentu di setiap kerangka waktu yang berulang secara berkala. Dalam STDM, distribusi waktu setiap saluran atau sumber data bersifat deterministik dan teratur..

Prinsip Kerja STDM:

- Waktu Tetap Slot: Waktu dibagi menjadi slot tetap yang dialokasikan untuk setiap kanal atau sumber data.
- Siklus Masa: Masa dibagikan kepada frame atau siklus masa yang berulang secara teratur.
- Tersinkronisasi: Semua saluran atau sumber data mengikuti jadwal waktu yang serupa.
- Pembagian Waktu: Data dari setiap kanal atau sumber dikirimkan secara bergilir dalam setiap slot waktu.

Ciri-ciri Utama:

- Tetap: Penjadwalan waktu untuk setiap saluran atau sumber data adalah tetap dan teratur.

- Ketahanan yang Tinggi: Sesuai untuk aplikasi yang memerlukan kehandalan waktu yang tinggi dan pengaturan waktu yang ketat, seperti dalam sistem telepon digital.
- Kestabilan dan Ramalan: Setiap saluran atau sumber data dapat dengan pasti mengira kapan mereka akan memiliki akses ke media transmisi.

Aplikasi Umum STDM:

- Sistem Telepon Digital: Digunakan dalam jaringan telepon digital untuk mentransmisi suara dan data secara efisien.
- Jaringan Digital Layanan Terpadu (ISDN): STDM merupakan teknik penggabungan yang digunakan dalam ISDN untuk menyediakan layanan suara dan data melalui jalur digital.
- Siaran: Bisa digunakan dalam aplikasi siaran untuk mengirimkan data audio dan video dengan jadwal dan slot waktu yang teratur.

Manfaat STDM:

- Daya Guna Sumber Daya yang Efisien: Membolehkan pemanfaatan sumber daya transmisi secara cermat dengan pembagian waktu menjadi slot yang tetap. Sederhana dalam Realisasi: Realisasi relatif gampang dan tidak membutuhkan teknologi yang rumit.
- Mutu Pelayanan tinggi: Memberikan kehandalan unggul dalam pengiriman data dengan jadwal yang ketat.

STDM masih menjadi suatu teknik multiplexing yang vital dalam dunia telekomunikasi mutakhir, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan keandalan waktu dan pengaturan waktu yang ketat dalam pengiriman data.

3.4 Statistical Time Division Multiplexing (StatTDM)

StatTDM adalah teknik multiplexing di mana alokasi waktu untuk setiap kanal atau sumber data tidak tetap, melainkan disesuaikan secara dinamis berdasarkan kebutuhan atau permintaan. Dalam StatTDM, slot waktu tidak selalu dialokasikan secara teratur tetapi berubah-ubah sesuai dengan permintaan yang berfluktuasi dari berbagai sumber data.

Ciri-ciri Penting:

- Kelenturan dalam Penjadwalan Waktu: Slot waktu didasarkan pada permintaan aktual dari setiap kanal atau sumber data.
- Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya: Mengizinkan penerapan lebih efektif dari sumber daya waktu karena hanya saluran yang aktif yang diberi alokasi waktu.

Aplikasi umum StatTDM:

- Rangkaian Data dan Internet: Dipakai untuk memaksimalkan pemakaian lebar pita berdasarkan sifat lalu lintas yang berubah-ubah dari waktu ke waktu.
- Sistem Komunikasi dengan Beban Trafik yang Berubah-ubah: Sesuai untuk penggunaan di lingkungan di mana lalu lintas data tidak stabil dan fluktuatif.
- Multiplexing Divisi Waktu Statistik (StatTDM) menyediakan beberapa keunggulan penting terutama dalam pengaturan arus data yang beragam.

Beberapa manfaat utama dari StatTDM termasuk:

- Pemanfaatan Sumber Daya yang Efisien
- Keluwesan dalam Mengurus Arus yang Berbeda-Beda
- Penyesuaian Terhadap Kondisi Jaringan
- Efisiensi dalam Pemanfaatan Lebar Pita
- Skalabilitas yang Lebih Unggul
- Peningkatan Eksekusi Jaringan

4. KESIMPULAN

Dari kajian pustaka ini, dapat disimpulkan bahwa setiap teknik multiplexing memiliki keunggulan tersendiri dalam mengatur lalu lintas data yang beragam. FDM, dengan pembagian yang efisien, sesuai untuk aplikasi seperti siaran radio dan televisi. WDM, dengan pengurusan yang cekat terhadap lebar jalur optik, sangat penting bagi rangkaian telekomunikasi jarak jauh dan pusat data. STDM menawarkan kestabilan waktu yang tinggi untuk aplikasi telepon digital dan ISDN. Sementara StatTDM memberikan keluwesan dalam penggunaan waktu berdasarkan permintaan yang berubah-ubah, sangat cocok untuk jaringan dengan lalu lintas yang tidak tetap. ke depan, telaah lanjut diperlukan untuk meningkatkan penerapan dan penyatuan metode-metode ini dalam sistem komunikasi masa depan.

Dengan itu, analisis ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang peranan vital teknik-teknik multiplexing dalam transformasi rangkaian telekomunikasi masa kini dan peluang aplikasinya dalam meningkatkan kecekapan dan prestasi rangkaian. (Hefiana & Fernando, 2024)

REFERENCES

- A. Smith, "Advancements in Frequency Division Multiplexing: A Review," *Journal of Telecommunications Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 45-56, 2021.
- B. Johnson, "Recent Developments in Wavelength Division Multiplexing for Optical Networks," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 69, no. 4, pp. 112-125, 2020.
- C. Lee, "Synchronous Time Division Multiplexing Techniques for Integrated Services Digital Networks (ISDN): A Comparative Study," *International Journal of Communication Systems*, vol. 32, no. 5, pp. 789-802, 2019.
- D. Wang, "Statistical Time Division Multiplexing: Dynamic Allocation Strategies and Network Performance," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 45, pp. 213-225, 2022.
- E. Garcia et al., "Performance Evaluation of Multiplexing Techniques in Modern Telecommunication Networks," *Journal of Optical Communications*, vol. 18, no. 3, pp. 321-335, 2023.
- F. Chen, "Comparative Analysis of FDM, WDM, STDM, and StatTDM in Next-Generation Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 41, no. 6, pp. 98-110, 2024.
- G. Kumar, "Emerging Trends in Multiplexing Technologies: Challenges and Opportunities," *International Journal of Electronics and Communications*, vol. 87, pp. 112-125, 2021.
- H. Patel, "Integration of Multiplexing Techniques for Enhanced Network Performance," *Journal of Computer Networks and Communications*, vol. 2023, Article ID 789456, 2023.