

IMPLEMENTASI SPLITER RASIO 8 OPTICAL DISTRIBUTION POINT (ODP) PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH)

M Syaiful Anam¹, Agustinus Eko Setiawan²

¹⁾ Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati Ukur No. 112 – 116, Bandung, Indonesia 40132

^{2,3)} Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung, Indonesia 40132

email: ¹ penulis_1@institusi.ac.id, ² penulis_2@institusi.ac.id, ³ penulis_3@institusi.ac.id

Abstract (English)

Sewu Digital Nusantara has implemented a Fiber To The Home (FTTH) network as an internet service provider. However, the use of the Optical Distribution Cabinet in this implementation has caused several problems. The main problem is the difficulty in carrying out repairs and maintenance of the installation. This condition poses a barrier to ensuring optimal access for clients, especially during disruptions. Therefore, this research aims to address this issue by establishing a Fiber To The Home (FTTH) network that can facilitate repairs and maintenance. In this research, NDLC (Life Cycle of Network Development) consists of six stages: analysis, design, prototype simulation, implementation, monitoring, and management, which is an approach to network design. The Analysis phase includes an initial analysis to understand the existing needs and problems. Next, in the Design stage, the design or creation of the network topology diagram takes place. The Simulation Prototype is conducted to understand user needs simultaneously. At this stage, the implementation of the network that has been designed is carried out on the fiber to the home network of Sewu Digital Nusantara. Monitoring is conducted to oversee every network connectivity of Sewu Digital Nusantara, while Management is established to regulate the network that has been created in Sewu Digital Nusantara. The result of this research is the successful use of ratio splitters on 8 ODPs (Optical Distribution Points) at Sewu Digital Nusantara. This network can facilitate the process during damage, allowing distribution to run optimally. This Fiber To The Home network is well-managed by Sewu Digital Nusantara, allowing for regular maintenance. The conclusion of this research is that the implementation of an 8 ODP (Optical Distribution Point) ratio splitter is an effective solution to address the issues present in the fiber to the home network at Sewu Digital Nusantara. Thus, this network can serve as a strong foundation for enhancing the best services

Abstrak (Indonesia)

Sewu Digital Nusantara telah mengimplementasikan jaringan Fiber To The Home (FTTH) sebagai penyedia layanan jaringan internet. Namun, Penggunaan Optical Distribution Cabinet dalam implementasi ini telah menimbulkan beberapa masalah. Masalah utama adalah sulit dalam melakukan perbaikan dan pemeliharaan Intalasinya. Kondisi ini menjadi hambatan dalam memastikan akses yang optimal untuk client, terutama ketika terjadi gangguan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah ini dengan membangun jaringan Fiber To The Home (FTTH) yang bisa mempermudah saat melakukan perbaikan serta pemeliharaan. Dalam penelitian ini, NDLC (Life Cycle of Network Development) terdiri dari enam tahapan: analisis, desain, simulasi prototipe, pelaksanaan, pemantauan, dan manajemen, yang merupakan pendekatan untuk perancangan jaringan. Tahapan Analysis mencakup analisis awal untuk memahami kebutuhan dan masalah yang ada. Selanjutnya, pada tahap Desain perancangan atau pembuatan gambar topologi jaringan. Simulation Prototype dilakukan untuk memahami kebutuhan pengguna secara bersamaan. Implementation pada tahap ini jaringan yang sudah di rancang diimplementasikan pada jaringan fiber to the home sewu digital nusantara. Monitoring dilakukan untuk memantau setiap konektifitas jaringan Sewu Digital Nusantara,

Article History

Submitted: 15 September 2024

Accepted: 18 September 2024

Published: 25 September 2024

Key Words

Fiber To The Home (FTTH), Network, Fiber Optic.

Sejarah Artikel

Submitted: 15 September 2024

Accepted: 18 September 2024

Published: 25 September 2024

Kata Kunci

Fiber To The Home (FTTH), Jaringan, Fiber Optik.

Management dibuat untuk mengatur jaringan yang sudah dibuat di Sewu Digital Nusantara. Hasil dari penelitian ini adalah berhasilnya penggunaan spliter rasio pada 8 ODP (Optical Distribution Point) di Sewu Digital Nusantara. Jaringan ini dapat mempermudah saat terjadinya kerusakan sehingga distribusi dapat berjalan secara optimal. Jaringan Fiber To The Home ini dikelola dengan baik oleh Sewu Digital Nusantara memungkinkan pemeliharaan yang teratur. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa Implementasi spliter rasio 8 ODP (Optical Distribution Point) adalah solusi yang efektif untuk memperbaiki masalah yang ada dalam jaringan fiber to the home di Sewu Digital Nusantara. Dengan demikian, jaringan ini dapat menjadi landasan yang kuat untuk meningkatkan layanan yang terbaik.

Pendahuluan

Dengan perkembangan informasi yang semakin pesat, pelayanan komunikasi dan informasi pun mengalami perubahan signifikan. Kemajuan dalam teknologi internet telah mendorong permintaan akan layanan yang lebih mudah, praktis, dan efisien. Namun, teknologi yang masih bergantung pada akses tembaga dirasa kurang memadai dalam menyediakan kecepatan data yang tinggi. Kebutuhan akan bandwidth yang lebih besar, terutama terkait dengan kecepatan transmisi dan keandalan data, menjadikan teknologi serat optik sebagai solusi yang lebih unggul untuk jaringan. Serat optik mampu memenuhi kebutuhan tersebut dengan lebih baik, dan seiring dengan itu, jaringan akses berbasis tembaga secara bertahap mulai digantikan oleh serat optik, termasuk dalam bentuk teknologi Fiber To The Home (FTTH).

Sewu Digital Nusantara adalah salah satu penyedia layanan jaringan FTTH yang telah mengadopsi teknologi serat optik. Namun, mereka sering menghadapi kerusakan jaringan yang terkait dengan Optical Distribution Cabinet (ODC), komponen penting yang menjadi titik akhir antara kabel feeder dan kabel distribusi. Permasalahan ini sering kali menimbulkan gangguan pada Optical Distribution Point (ODP) yang berada di jalur distribusi yang sama, sehingga menyulitkan pemeliharaan dan perbaikan instalasi jaringan. Analisis lapangan menunjukkan bahwa penggunaan ODC yang berfungsi sebagai titik distribusi menjadi salah satu penyebab utama kerusakan yang berpengaruh pada ODP lainnya dalam jalur tersebut.

Untuk mengatasi persoalan ini, penggunaan splitter ratio 8 ODP diusulkan sebagai solusi yang lebih efisien. Dengan penerapan splitter ratio, proses perbaikan dapat lebih mudah dilakukan tanpa mengganggu titik distribusi lainnya dan memungkinkan cakupan jaringan yang lebih luas. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan splitter ratio sesuai dengan standar yang ditetapkan, sebagai pengganti penggunaan ODC pada jalur Sewu Digital Nusantara. Implementasi jaringan FTTH dengan splitter ratio diharapkan dapat mengatasi masalah gangguan jaringan dan memaksimalkan jalur distribusi sehingga dapat beroperasi secara optimal.

Penelitian ini akan fokus pada implementasi splitter ratio 8 ODP untuk jaringan FTTH di Sewu Digital Nusantara, dengan tujuan meminimalkan penggunaan alat yang berlebihan serta mempermudah perbaikan jaringan. Berdasarkan informasi yang telah disampaikan, rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah: "Bagaimana agar jalur distribusi pada Optical Distribution Point berjalan maksimal, dan mempermudah proses perbaikan atau pemeliharaan dengan menggunakan splitter ratio pada setiap Optical Distribution Point?"

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu: pembahasan hanya mencakup jaringan akses serat optik pada wilayah Sewu Digital Nusantara di Ambarawa, fokus pada jalur distribusi di ODP, dan penggunaan splitter ratio 8 ODP. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk menganalisis seberapa optimal infrastruktur jaringan dengan teknologi splitter ratio pada jaringan FTTH berteknologi EPON di Sewu Digital Nusantara Ambarawa, serta membangun instalasi *splitter ratio* agar proses perbaikan dapat dilakukan dengan lebih mudah.

Metode Dan Bahan

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini melibatkan beberapa teknik pengumpulan data, baik dari sumber primer maupun sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara, observasi, dan simulasi. Wawancara dilakukan dengan dua ahli di Sewu Digital Nusantara, yaitu Bapak Damar Hidayat Pamungkas yang fokus pada pengembangan sistem, dan Bapak Arham Hanifah yang berfokus pada praktik lapangan. Dari wawancara ini, diperoleh informasi mengenai penggunaan teknologi FTTH di perusahaan tersebut, termasuk spesifikasi teknis seperti penggunaan OLT 4 PON dan pasif splitter 1:8. Selain itu, observasi juga dilakukan di lapangan untuk mengamati langsung kondisi jaringan yang berjalan, serta permasalahan yang sering terjadi dalam pemeliharaan jaringan. Teknik simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak OptiSystem untuk memodelkan jaringan fiber optik dan menghitung daya redaman yang terjadi dalam sistem. Selain data primer, penelitian ini juga melibatkan pengumpulan data sekunder yang diperoleh melalui studi literatur dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, dan laporan yang relevan. Data sekunder ini digunakan untuk melengkapi informasi yang didapatkan dari sumber primer dan sebagai dasar analisis lebih lanjut. Penelitian ini menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC) dalam pengembangan sistem. Proses NDLC meliputi tahap analisis kebutuhan perangkat keras dan lunak, desain topologi jaringan, simulasi prototipe menggunakan OptiSystem, implementasi, monitoring, serta manajemen dan pemeliharaan jaringan fiber optik yang dirancang. Tujuan utama dari penggunaan metode ini adalah untuk memastikan bahwa jaringan FTTH yang dibangun dapat beroperasi secara optimal dan dapat diandalkan dalam jangka panjang.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan komponen-komponen penting untuk mendukung instalasi jaringan fiber optik. Alat-alat yang dibutuhkan berfungsi untuk membantu proses pemasangan dan perawatan jaringan agar berjalan dengan baik. Dalam konteks ini, alat yang digunakan mencakup beberapa peralatan teknis yang diperlukan untuk instalasi jaringan fiber optik, seperti Optical Power Meter (OPM) merek Joinwit yang berfungsi mengukur kekuatan sinyal optik, Optical Line Terminal (OLT) HSGQ 4 PON yang digunakan sebagai terminal utama jaringan, serta Optical Time-Domain Reflectometer (OTDR) merek Joinwit yang digunakan untuk mendeteksi dan menganalisa jalur kabel fiber optik. Selain itu, alat-alat lain yang diperlukan antara lain Optical Distribution Point (ODP) berkapasitas 8 core, pasif splitter dengan rasio 1:8, splitter rasio paket 8 ODP, serta Patch Cord dan Pigtail merek Fujitomo. Untuk keperluan instalasi dan perbaikan jaringan, digunakan berbagai peralatan tambahan seperti ONT/Modem Epon ZTE f450, drop cable dari My Link, serta alat-alat pendukung seperti stripper, splicer, tang, obeng, isolasi kabel, dan tisu basah. Pada tahap pengujian dan pemeliharaan, alat seperti Optical Light Source (OLS) dan Pc Remote dengan spesifikasi Windows 10, prosesor core i3, RAM 4GB, serta HDD 500GB digunakan untuk mengontrol dan memonitor jaringan yang telah dipasang.

Hasil Dan Pembahasan

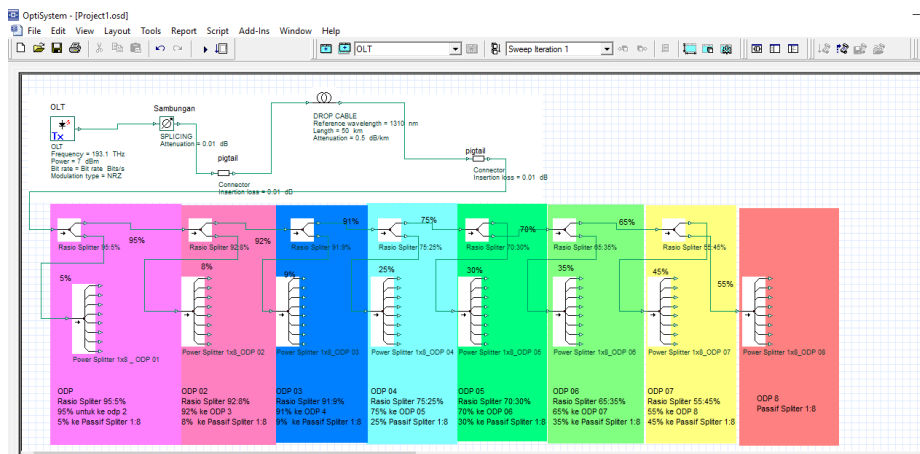
Analysis

Pada tahap awal, analisis kebutuhan, analisis masalah yang muncul, analisis keinginan user, dan analisis topologi dan jaringan saat ini dilakukan. Selain itu juga dalam fase ini peneliti bisa mendapatkan informasi sebelumnya terkait di Sewu Digital Nusantara, salah satu informasi yang didapatkan peneliti saat melakukan observasi di Lembaga ini adalah Sewu Digital Nusantara merupakan salah satu lembaga penyedia layanan internet yang terletak di Kecamatan Ambarawa Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung. Mulai awal tahun 2021, di Sewu Digital Nusantara sudah menyediakan layanan internet, namun masih menggunakan converter HTB (Hierarchical Token Bucket) 3100 yang sulit saat melakukan perbaikan jaringan. Kemudian ditahun 2022 mulai menggunakan OLT (Optical Line Terminal). Penggunaan OLT (Optical Line Terminal) dapat berjalan dengan normal, namun seringkali

mengalami gangguan pada redaman yang didapat pada client. Maka dari itu, Sewu Digital Nusantara membutuhkan sebuah alat yang mampu membagi redaman dengan baik.

Design

Proses mendesain dalam topologi yang dibangun menggunakan aplikasi cisco packet tracer, dimana aplikasi ini berguna untuk merancang topologi yang dibangun. Topologi yang dibangun dalam penelitian ini, dapat dilihat pada gambar berikut ini:

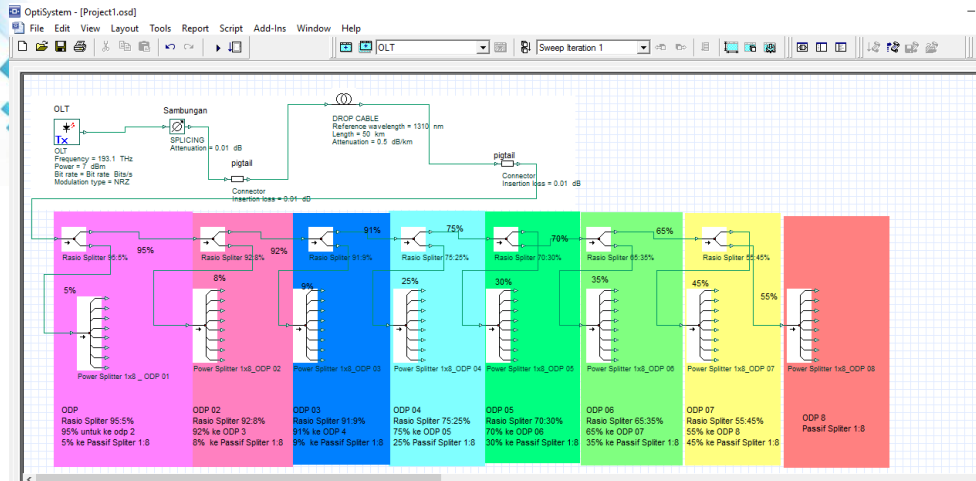


Gambar 1. Topologi Jaringan FTTH Dengan Optisystem

Alur koneksi antar perangkat dalam jaringan ini yaitu bermula dari OLT dengan redaman SFP (Small Form-Factor Pluggable) 7,00 db, kemudian di bagi ke setiap ODP (Optical Distribution Point). Masing – masing odp memiliki spliter rasio yang berbeda, mulai dari odp pertama menggunakan spliter rasio 5:95% dan pasif spliter 1:8 dengan nilai redaman input dari OLT 7,00db dan output dari spliter rasio 5% -7db, 95% 5,85db, kemudian yang 5% -7db dimjukan ke passif spliter 1:8 dengan nilai output dari passif spliter 1:8 -17,3db, untuk 95% 5,85db dimasukan kedalam jalur odp kedua. Kemudian odp yang kedua dengan input dari odp pertama 5,85db yang dimasukan ke spliter rasio 92:8% dan pasif spliter 1:8 dengan hasil output 92% 5,06db, 8% -6,75db, dan output dari pasif spliter 1:8 -16,15db, kemudian odp yang ketiga dengan nilai input dari odp kedua 5,06db yang dimasukan ke rasio 9:91% dan masing – masing memiliki redaman 9% -7,00db, 91% 4,00db, passif spliter 1:8 -17,00db. Odp yang ke empat dengan input 4,00db yang dimasukan kedalam spliter rasio 25:75% dan memiliki nilai redaman 25% -2,78db, 75% 2,42db dan passif spliter 1:8 -12,18db. Untuk odp yang ke lima dengan rasio spliter 30:70% dengan input 2,42% dengan nilai output 30% -3,68db, 70% 0,32, passif spliter 1:8 -13,08db. Kemudian odp yang ke enam dengan nilai input 0,32db dan spliter rasio 35:65% dengan nilai redaman 35% -5,08db, 65% -2,28db, passi spliter 1:8 -14,48db kemudian odp yang ke tujuh dengan nilai input -2,28db dengan spliter rasio 45:55% dan memiliki nilai redaman 45% -6,38db, 55% -5,58db dan pasif spliter 1:8 -15,78db. Odp yang terakhir dengan input -5,58db langsung dimasukan ke pasif spliter 1:8 dengan nilai output -14,98db.

Simulation Prototyping

Saat ini, simulator prototype belum lengkap; itu perlu dievaluasi dan diubah kembali. Saat prototype dibuat untuk memenuhi kebutuhan pengguna, segala perubahan dapat terjadi. Hal ini juga memungkinkan pengembang untuk lebih memahami kebutuhan pengguna. Aplikasi untuk melakukan simulation menggunakan Optisystem berikut gambar simulasi:



Gambar 2 Simulasi Dengan Optisystem

Proses Instalasi Spliter Rasio Kedalam ODP

Proses instalasi spliter rasio ke dalam ODP (Optical Distribution Point) dilakukan melalui beberapa tahap yang detail dan sistematis. Langkah pertama adalah menyiapkan drop cable yang akan dipasang ke dalam ODP. Drop cable ini berfungsi sebagai media utama untuk distribusi jaringan ke end user. Setelah kabel dipersiapkan, drop cable dimasukkan ke dalam ODP untuk proses instalasi lebih lanjut. Tahap berikutnya adalah mengupas bagian luar drop cable menggunakan alat drop cable striper. Pengupasan ini harus dilakukan dengan presisi, sesuai kebutuhan ODP, agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan panjang kabel. Setelah itu, dilakukan proses penyambungan drop cable dengan pigtail menggunakan alat splicer fusion. Kedua ujung kabel yang telah dikupas dimasukkan ke dalam alat splicer, dan proses penyambungan dilakukan secara otomatis dengan menekan tombol set. Penting untuk memastikan bahwa nilai loss pada penyambungan tidak lebih dari 0,01 dB.

Setelah penyambungan selesai, pengecekan jarak drop cable dilakukan menggunakan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Hal ini untuk memastikan bahwa tidak ada kerusakan pada drop cable selama proses penarikan. Setelah jarak dipastikan aman, drop cable dirapikan agar memudahkan proses perawatan dan perbaikan di masa mendatang. Tahap selanjutnya adalah memasang pasif splitter 1:8 dan rasio splitter sesuai dengan urutan topologi jaringan. Setelah itu, drop cable yang telah disambung dengan pigtail dimasukkan ke port sesuai dengan topologi jaringan yang direncanakan. Kemudian dilakukan pengecekan nilai input menggunakan OPM (Optical Power Meter) untuk memastikan bahwa tidak ada penurunan daya yang signifikan pada kabel.

Setelah pengecekan input selesai, dilakukan pengecekan nilai output dari splitter rasio dan pasif splitter menggunakan OPM. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa daya yang disalurkan melalui kabel tidak mengalami penurunan yang signifikan. Jika semua parameter telah dipastikan aman dan tidak ada kerusakan atau penurunan daya, ODP siap untuk dipasang dan jaringan dapat didistribusikan ke client.

Instalasi ONT (Optical Network Terminal)

Proses instalasi ONT (Optical Network Terminal) dimulai dengan mengupas drop cable menggunakan alat drop cable striper. Setelah kabel dikupas, sambungkan ujung drop cable tersebut dengan pigtail menggunakan alat fusion splicer. Proses penyambungan ini harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan bahwa nilai loss tidak melebihi 0,01 dB, sehingga kualitas transmisi data tetap optimal.

Setelah penyambungan selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengecekan nilai redaman pada jaringan. Nilai redaman yang diukur harus berada dalam kisaran standar, yaitu antara -15 dB hingga -28 dB. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kualitas sinyal yang diterima oleh end user sesuai dengan yang diharapkan

Jika nilai redaman telah memenuhi standar, drop cable dapat dipasang ke ONT (Optical Network Terminal). Pemasangan ini akan memastikan bahwa jaringan fiber optik dapat diterima dan diakses oleh end user dengan baik, serta memungkinkan terjadinya koneksi internet yang stabil dan berkualitas.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan splitter rasio yang tepat dapat memudahkan perbaikan dan pemeliharaan jaringan, seperti yang diimplementasikan di Sewu Digital Nusantara. Setiap ODP (Optical Distribution Point) menggunakan splitter rasio yang berbeda untuk mempermudah perawatan. Selain itu, penggunaan splitter rasio meningkatkan kapasitas jaringan dan efisiensi sumber daya. Faktor lain yang mempengaruhi kinerja jaringan, seperti jarak antara ODP dan ONT, kualitas kabel, serta konfigurasi peralatan, juga diidentifikasi sebagai aspek penting yang perlu diperhatikan. Kesimpulannya, penggunaan splitter rasio perlu direncanakan dengan matang, didukung pemilihan kabel yang tepat dan pemantauan berkala untuk menjaga kualitas layanan.

Saran dari penelitian ini mencakup penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh jenis splitter terhadap kinerja jaringan, khususnya perbandingan kinerja splitter rasio 8 dari berbagai teknologi. Selain itu, jarak antara ODP dan ONT serta pengaruhnya terhadap sinyal dan latensi perlu diteliti lebih mendalam. Dampak splitter rasio 8 pada kualitas layanan tertentu, seperti video streaming dan VoIP, juga penting untuk diteliti guna mengidentifikasi potensi degradasi kualitas. Penelitian lain dapat difokuskan pada penggunaan teknologi kompensasi, seperti EDFA atau Raman amplifier, serta integrasi dengan teknologi PON generasi terbaru untuk meningkatkan kapasitas dan kinerja jaringan. Penelitian lanjutan ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif serta rekomendasi untuk optimasi jaringan FTTH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123-135.
- [2] *The Oxford Dictionary of Computing*, 5th ed. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- [3] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, 2nd ed. Reading, MA: Addison Wesley, 2003. [E-book] Available: Safari e-book.
- [4] E. D. Lipson and B. D. Horwitz, "Photosensory reception and transduction," in *Sensory Receptors and Signal Transduction*, J. L. Spudich and B. H. Satir, Eds. New York: Wiley-Liss, 2001, pp-1-64.
- [5] O. B. R. Strimpel, "Computer graphics," in *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 8th ed., Vol. 4. New York: McGraw-Hill, 1997, pp. 279-283.
- [6] A. Altun, "Understanding hypertext in the context of reading on the web: Language learners' experience," *Current Issues in Education*, vol. 6, no. 12, July, 2005. [Online]. Available: <http://cie.ed.asu.edu/volume6/number12/>. [Access-ed Dec. 2, 2007].
- [7] H. Ayasso and A. Mohammad-Djafari, "Joint NDT Image Restoration and Segmentation Using Gauss-Markov-Potts Prior Models and Variational Bayesian Computation," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 19, no. 9, pp. 2265-77, 2010. [Online]. Available: IEEE Xplore, <http://www.ieee.org>. [Accessed Sept. 10, 2010].
- [8] C. Chen, W. Huang, B. Zhou, C. Liu, W.H. Mow, "PiCode: a new picture-embedding 2D barcode", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 25, no. 8, pp. 3444-3458, August 2016.

- [9] V. Bánoci, M. Broda, G. Bugár, D. Levický, "Universal Image Steganalytic Method", In: Radioengineering, vol. 23, no. 4, pp. 1213-1220, December 2014, ISSN 1210-2512.
- [10] J. Smith, R. Jones, and K. Trello, "Adaptive filtering in data communications with self improved error reference," In Proc. IEEE International Conference on Wireless Communications '04, 2004, pp. 65-68.
- [11] L. Liu and H. Miao, "A specification based approach to testing polymorphic attributes," in Formal Methods and Software Engineering: Proc. of the 6th Int. Conf. on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004, Seattle, WA, USA, November 8-12, 2004, J. Davies, W. Schulte, M. Barnett, Eds. Berlin: Springer, 2004. pp. 306-19.
- [12] J. Lach, "SBFS: Steganography based file system," in Proc. of the 2008 1st Int. Conf. on Information Technology, IT 2008, 19-21 May 2008, Gdansk, Poland [Online]. Available: IEEE Xplore, <http://www.ieee.org>. [Accessed: 10 Sept. 2010].
- [13] H. A. Nimr, "Defuzzification of the outputs of fuzzy controllers," presented at 5th Int. Conf. on Fuzzy Systems, 1996, Cairo, Egypt. 1996.
- [14] K. Kimura and A. Lipeles, "Fuzzy controller component," U. S. Patent 14, 860,040, 14 Dec., 2006.
- [15] Texas Instruments, "High speed CMOS logic analog multiplexers/demultiplexers," 74HC4051 datasheet, Nov. 1997 [Revised Sept. 2002].
- [16] European Telecommunications Standards Institute, "Digital Video Broadcasting (DVB): Implementati-on guidelines for DVB terrestrial services; transmission aspects," European Telecommuni-cations Standards Institute, ETSI TR-101-190, 1997. [Online]. Available: <http://www.etsi.org>. [Accessed: Aug. 17, 1998].
- [17] G. Sussman, "Home page - Dr. Gerald Sussman," July 2002. [Online]. Available: <http://www.comm.pdx.edu/faculty/Sussman/sussmanpage.htm>. [Accessed: Sept. 12, 2004].
- [18] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [19] F. Sudweeks, Development and Leadership in Computer-Mediated Collaborative Groups. PhD [Dissertation]. Murdoch, WA: Murdoch Univ., 2007. [Online]. Available: Australasian Digital Theses Program.
- [20] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [21] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Std. 802.11, 1997.