

# PENGESANAN KEROSAKAN DALAM RANGKAIAN FTTH DENGAN KEUPAYAAN PEMROSESAN GUI PERISIAN MATLAB

(Date received: 31.7.2008)

Ng Boon Chuan<sup>1</sup> dan Mohammad Syuhaimi Ab-Rahman<sup>2</sup>

Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik dan Sistem, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,  
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor  
E-mail: <sup>1</sup>ngbc@vlsi.eng.ukm.my, <sup>2</sup>syuhaimi@vlsi.eng.ukm.my

## ABSTRAK

Kajian ini menekankan pembangunan antaramuka pengguna bergrafik (GUI) untuk Sistem Pengesanan Kerosakan Terpusat (CFDS) dengan menggunakan perisian MATLAB untuk meningkatkan keberkesanan, kelengkapan dan kebolehpercayaan rangkaian capaian gentian ke rumah (FTTH). Program yang dibangunkan ini akan ditempatkan di pejabat pusat (CO) untuk memantau setiap talian penghantaran dan mengesan kerosakan yang berlaku dalam sistem rangkaian tersebut secara terpusat. Peralatan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) digunakan dalam proses menganalisa pengecilan (kehilangan) gentian optik. CFDS akan berantaramuka dengan OTDR untuk mengumpulkan semua hasil pengukuran OTDR dan menghasilkan multi paparan pada suatu masa untuk pemantauan secara terpusat. Program yang dibangunkan ini akan mempersembahkan visualisasi bergrafik dan parameter-parameter setiap talian optik termasuk kuasa optik, kehilangan, pengecilan yang berlaku dalam rangkaian tersebut berserta dengan lokasi elemen yang mendorong pengecilan kuasa tersebut dan maklumat-maklumat lain seperti mana yang terpapar pada skrin OTDR. Dengan ini, sebarang kerosakan yang berlaku dalam sistem rangkaian boleh dikesan dan ditentukan dengan kehilangan kuasa optik yang mendadak. Seterusnya status dan maklumat kerosakan dalam sistem rangkaian tersebut akan dihantar kepada jurutera tapak melalui teknologi wayarles untuk mengambil tindakan yang sewajar.

**Keywords:** CFDS, GUI, OTDR, Pemantauan Secara Terpusat, Visualisasi Bergrafik

## ABSTRACT

This paper highlights on the graphical user interface (GUI) development for Centralized Failure Detection System (CFDS) by using MATLAB software to increase the efficiency, survivability, and reliability of fibre-to-the-home (FTTH) access network. The developed program will be installed at the central office (CO) to centralised monitor each fibre transmission link and detect the failure location. Optical time domain reflectometer (OTDR) is used to analyze the attenuation (light loss) in an optical fibre. CFDS is interfaced with the OTDR to accumulate every network testing result to be displayed on a single computer screen for centralised monitoring and advanced analyzing. The developed program will provide the graphical visualization and present the parameters of each transmission link such as the optical power level, losses, fibre attenuation, and other details as shown in the OTDR's screen. By monitoring such parameters, any occurrence of fault in the network system can be identified by a drastic drop of optical power level. The analysis results will be sent to the field engineers through the mobile phone using wireless technology for promptly actions.

**Keywords:** CFDS, GUI, OTDR, Centralized Monitoring, Graphical Visualisation

## 1.0 PENGENALAN

Rangkaian FTTH merupakan teknologi rangkaian yang menggunakan gentian optik sebagai medium penghantaran dari CO sehingga ke kawasan perumahan atau perniagaan untuk membekalkan perkhidmatan *Triple-play* (data, suara dan video). Rangkaian FTTH memainkan peranan yang penting dalam mengurangkan dan menyelesaikan masalah *Bottleneck* capaian terakhir dalam rangkaian capaian lebar jalur khususnya rangkaian capaian optik generasi depan [1]. Dengan gentian optik yang mempunyai lebar jalur yang sangat tinggi, rangkaian FTTH mampu menghantar data dengan keupayaan yang lebih besar

berbanding dengan teknologi yang berdasarkan kabel kuprum [2]. Kini, rangkaian FTTH telah diiktiraf sebagai penyelesaian terbaru bagi pelbagai jenis perkhidmatan komunikasi dan multimedia termasuk telefon, capaian Internet berkelajuan tinggi, televisyen kabel digital (CATV) dan video [3].

Penyambungan dalam rangkaian FTTH khususnya senibina rangkaian optik pasif (PON) merupakan media perkongsian di mana terminal talian optik (OLT) dihubungkan kepada banyak unit rangkaian optik (ONU) atau terminal rangkaian optik (ONT) (yang ditempatkan pada kediaman-kediaman premis pengguna yang berbeza) melalui pencerai optik pasif (*Passive Optical Splitter*) di RN (*Remote Node*) seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.

Rangkaian PON dapat diakomodasikan kepada bilangan premis pengguna yang ramai dengan menggunakan peranti pembahagi kuasa optik seperti pengganding optik (*Optical Coupler*) atau pencerai optik pasif (*Passive Optical Splitter*) untuk berkongsi satu gentian suapan (*Feeder Fibre*). Pencerai optik 1xN digunakan untuk membahagikan lebar jalur sesuatu gentian di kalangan 16/32/64/128 orang pengguna dengan jarak maksimum yang dibenarkan antara OLT dengan ONU/ONT ialah 20 km.

Isu-isu berkenaan dengan kualiti perkhidmatan rangkaian FTTH sering menjadi perdebatan sejak kebelakangan ini. Antara isu-isu penting yang diketengahkan pengendali-pengendali perkhidmatan dan premis-premis pengguna adalah berhubung dengan keboleharapan perkhidmatan dan kerosakan talian gentian optik. Apabila salah satu titik dalam sesuatu gentian terputus, terutamanya gentian suapan (*Feeder Fiber*) di kawasan suapan (*Feeder Region*), sebarang penghantaran perkhidmatan selepas titik kerosakan (*Break Point*) akan diberhentikan. Isyarat laluan menaik (*Upstream*) atau laluan menurun (*Downstream*) yang dihantar dari ONU/ONT ke OLT atau sebaliknya tidak akan disampaikan [4]. Sebarang kegagalan penghantaran yang berpunca daripada kerosakan talian optik akan mengakibatkan kerugian yang besar kepada pengendali-pengendali perkhidmatan dan juga premis-premis pengguna [5-6].

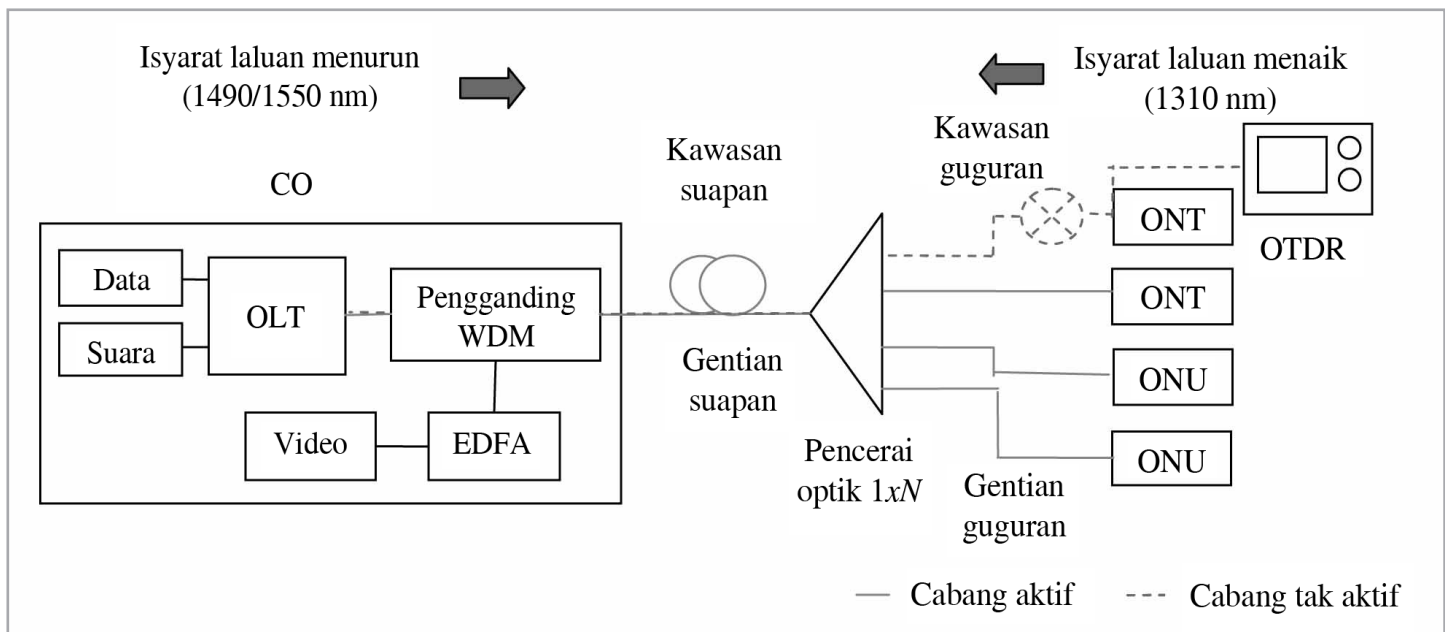
Sistem komunikasi optik biasa menggunakan diod laser semikonduktor sebagai sumber optik. Jenis diod tersebut bermonokromat tinggi dan pancarannya sangat bertumpu berbanding dengan sumber laser lain seperti gas laser [2]. Walaupun laser yang berkuasa rendah dengan beberapa miliwatt digunakan dalam pemancaran, tetapi radiasi tersebut adalah sangat membahayakan penglihatan dan kulit manusia apabila ia terdedah kepada persekitaran (Keadaan ini berlaku apabila kabel talian optik terputus dari rangkaian FTTH). Jika mata terkena pancaran laser daripada pemantulan semula jadi, pancaran laser akan memasuki mata dan tertumpu pada retina mata. Cahaya laser boleh mengakibatkan mata seseorang yang terdedah kepadanya rosak kekal (buta) dalam sesaat atau lebih pantas. Di samping itu, cahaya yang terserap akan ditukar kepada bentuk haba dan mengakibatkan pembakaran kulit serta kerosakan tisu-tisu biologi dalam badan manusia.

Pengesanan kerosakan talian optik dalam rangkaian FTTH adalah penting demi meningkatkan keboleharapan penghantaran dan keselamatan perkhidmatan [7]. Peralatan OTDR lazim digunakan untuk mengesan kerosakan yang berlaku dalam talian gentian optik dalam halaan menaik (*Upward*), iaitu daripada ONU/ONT menuju ke OLT. Juruteknik akan dihantar ke kawasan premis pengguna untuk memasang OTDR kepada talian yang rosak untuk mengesan lokasi kerosakan apabila didapati ONU tidak berfungsi (seperti ditunjukkan dalam Rajah 1). Kaedah pengujian ini hanya sesuai digunakan sekiranya cuma terdapat satu pengguna sahaja gagal menerima perkhidmatan.

Pengesanan kerosakan talian optik dalam halaan menaik adalah tidak pratikal digunakan dalam rangkaian FTTH terutamanya dalam PON yang bertopologi pokok kerana ianya mempunyai bilangan premis pengguna yang ramai (banyak cabang / gentian guguran) dan liputan kawasan guguran (*Drop Region*) yang begitu luas. Keadaan ini amat membazirkan masa dan wang kerana jarak antara dua ONU/ONT adalah berjauhan. Walaubagaimanapun, pengesanan kerosakan talian tidak dapat dilakukan dalam halaan menurun (*Downward*), iaitu dari CO menuju ke premis pengguna, kerana terdapat elemen pembahagi kuasa, iaitu pencerai optik yang mengumpulkan semua cahaya sebaran balik Rayleigh (*Rayleigh Back-scattering, RBS*) bersama dari setiap cabang dalam kesan OTDR dan mengakitkannya tidak dapat dibezakan secara berasingan [5].

## 2.0 SISTEM PENGESANAN KEROSAKAN TERPUSAT (CFDS)

Pemantauan dan pengesanan kerosakan talian optik adalah penting untuk meningkatkan keboleharapan perkhidmatan di samping mengurangkan kos dan masa penyelenggaraan rangkaian FTTH. Selain itu, proses pengesanan kerosakan perlu dijalankan tanpa mengganggu perkhidmatan saluran lain untuk memaksimumkan penggunaan rangkaian [5, 8]. Justeru itu, CFDS yang mampu memantau status setiap talian optik dan mengesan kerosakan talian yang berlaku dalam kawasan guguran rangkaian FTTH secara terpusat pada CO dalam halaan menurun dibangunkan dalam kajian ini.



Rajah 1: Pengesanan kerosakan dalam rangkaian PON secara halaan menaik

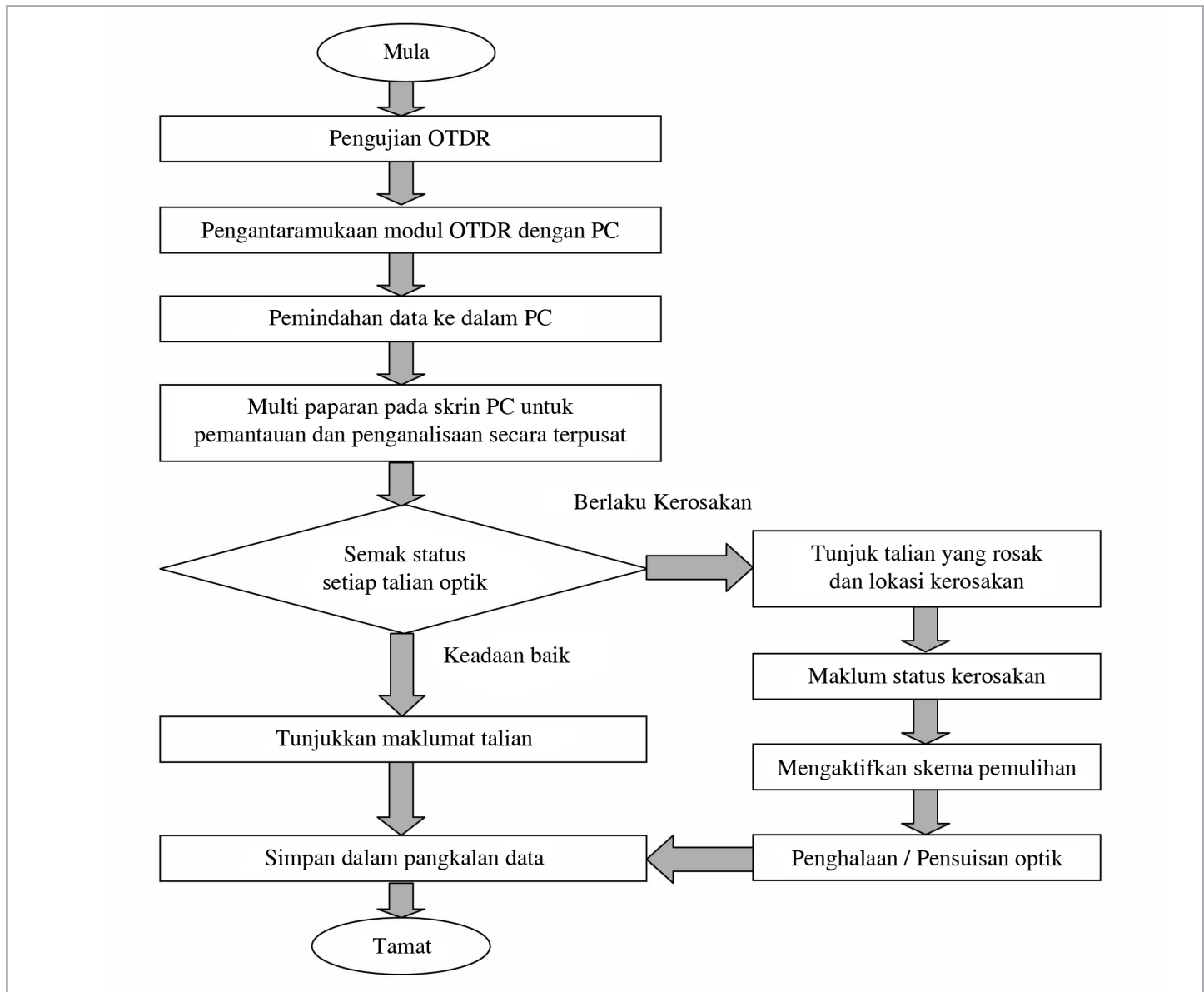
CFDS merupakan satu program pemantauan terpusat dan kawalan capaian yang membolehkan pengendali perkhidmatan mengawasi aliran isyarat optik dan mengesankan kerosakan dengan keupayaan pemprosesan GUI perisian MATLAB. Program yang dibangunkan ini mempunyai pencirian-pencirian yang sama seperti OTDR dan *Computer-based Emulation Software* untuk pemprosesan paparan OTDR (*OTDR Trace*) yang lebih terperinci, tetapi lebih fleksibel dan bolehharap digunakan dalam sistem komunikasi optik khususnya dalam pengujian rangkaian capaian FTTH.

**2.1 Konsep Rekabentuk CFDS**

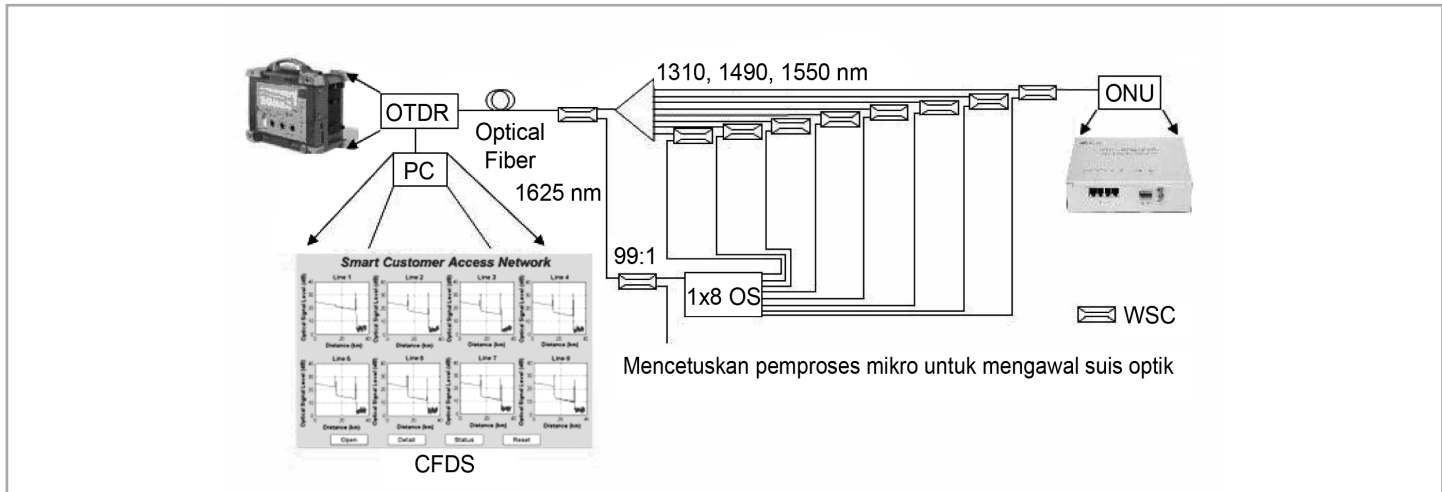
Dalam skema cadangan ini, sebuah OTDR akan ditempatkan di CO dan disambungkan kepada sebuah komputer peribadi (PC) melalui sambungan liang sesiri (DB-9) untuk memaparkan segala hasil pengukuran OTDR secara kawalan jauh. OTDR menggunakan panjang gelombang 1625 nm (dalam kawasan tettingkap keempat / *Fourth Window Region*) yang berasingan dengan panjang gelombang pengoperasian perkhidmatan *Triple-play* (1310 nm, 1490 nm dan 1550 nm) untuk pengujian talian gentian optik supaya tidak mengganggu penghantaran perkhidmatan *Triple-play* dalam rangkaian FTTH.

Prinsip pengoperasian CFDS terdiri daripada tiga bahagian utama, iaitu (a) Pengujian rangkaian optik dengan OTDR, (b) Pengantaramukaan CFDS dengan OTDR, dan (c) Pemantauan dan penganalisaan data secara terpusat. Seluruh proses pengoperasian CFDS diringkaskan dalam carta alir berikut.

Ketiga-tiga jenis isyarat perkhidmatan *Triple-play* (1310 nm, 1490 nm dan 1550 nm) dimultiplekskan bersama dengan 1625 nm isyarat pengujian OTDR di CO dengan menggunakan pengganding panjang gelombang terpilih (*Wavelength Selective Coupler, WSC*). Apabila keempat-empat panjang gelombang tersebut diagihkan dari CO kepada lapan premis pengguna, pengganding WSC hanya membenarkan isyarat 1625 nm memasuki litar pengetip (*Tapper Circuit*) dan menapiskan isyarat-isyarat lain (1310 nm, 1490 nm dan 1550 nm) yang boleh mengganggu hasil pengukuran OTDR [9]. Isyarat laluan menurun akan melalui WSC dan kemudian sampai di ONU. Jarak maksimum antara OLT dengan ONU adalah 20 km. Isyarat OTDR yang telah didemultiplekskan dengan WSC akan diceraikan lagi pada nisbah kuasa 99:1 dengan menggunakan pengganding berarah (*Directional Coupler, DC*) untuk mengaktifkan sistem pemproses mikro. 99% isyarat ini dikonfigurasi dengan menggunakan pencerai optik, di mana setiap keluaran akan



Rajah 2: Carta alir bagi mekanisme pengesanan kerosakan talian dalam rangkaian FTTH



Rajah 3: Penyambungan suis optik kepada sistem pencerai dan pemproses mikro

disambungkan kepada satu ONU secara berasingan. Seterusnya pengoperasian suis optik akan dikawalkan oleh sistem pemproses mikro yang diaktifkan oleh 1% isyarat (seperti dalam Rajah 3).

### 2.2 Pengujian Rangkaian Optik

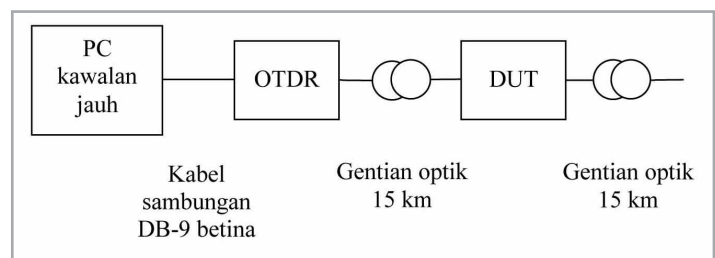
Pengujian rangkaian optik dijalankan pada peringkat permulaan untuk mengukur pencirian-pencirian talian optik dalam keadaan baik (bekerja / *Working Condition*) dan keadaan rosak (tidak bekerja / *Failure condition*) dengan rangkaian berikut. Peralatan *Optical Attenuator* digunakan sebagai DUT (*Device Under Test*) untuk mengurangkan aras kuasa optik atau mewakili titik kerosakan yang berlaku dalam talian optik yang diuji. Nilai pengecilan pada *Attenuator* ditetapkan pada 1 dB dan ditambahkan secara berkala sehingga mendapat isyarat OTDR yang menunjukkan kerosakan berlaku dalam talian optik yang diuji. Dalam pengujian ini, isyarat optik akan terputus ketika nilai pengecilan ditambahkan sehingga 8 dB. Ini menggambarkan talian optik terputus pada jarak (lokasi) tersebut dalam keadaan sebenar.

### 2.3 Pengantaramukaan CFDS dengan OTDR

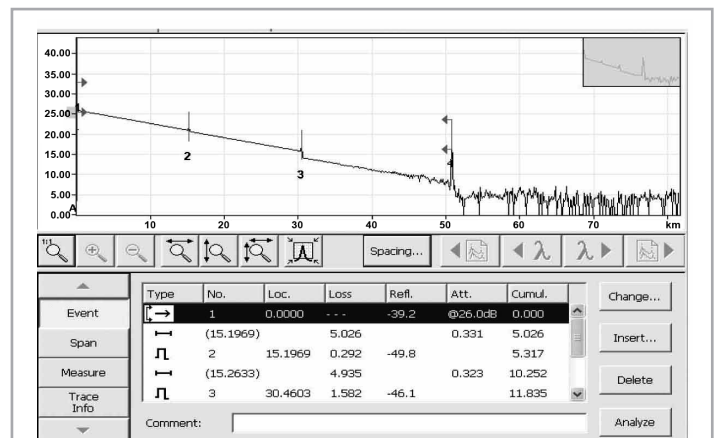
CFDS berantaramuka dengan OTDR untuk mengumpulkan dan memaparkan setiap hasil pengujian rangkaian (pengukuran OTDR) di atas satu skrin PC kawalan jauh (*Remote PC*) pada suatu masa untuk dianalisis lagi. Hasil pengujian disimpan sebagai format TRC (*Trace*) dalam OTDR dan kemudian dipindahkan ke dalam komputer dengan menyambungkan liang sesiri DB-9 jantan (RS-232) pada OTDR dan PC dengan menggunakan kabel sambungan dua hujung DB-9 betina (*Serial Port Extension Cable*).

### 2.4 Penganalisaan Data dengan Menggunakan CFDS

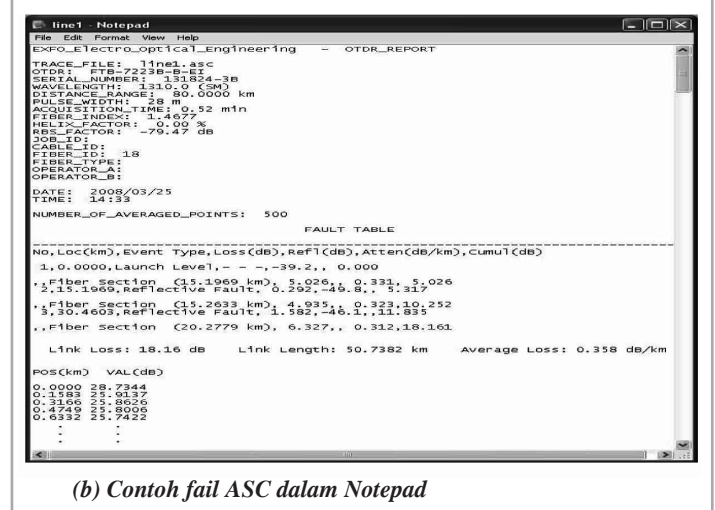
Selepas proses pemindahan berjaya dilakukan, semua hasil pengujian perlu ditukarkan kepada format ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) seperti ditunjukkan dalam Rajah 5 dan kemudian disimpan dalam pangkalan data. Program yang dibangunkan ini akan mempersembahkan visualisasi bergrafik dan menganalisis segala hasil pengujian yang diperolehi. CFDS menggunakan kaedah pengenalan kejadian (*Event Identification*) untuk membezakan mekanisme isyarat optik dalam keadaan baik dan keadaan rosak. Dalam kajian ini, kehilangan yang berlaku pada kejadian '*Reflective Fault*' akan mewakili status keadaan talian yang sedang diuji.



Rajah 4: Rajah blok bagi susunan perkakasan dalam pengujian rangkaian optik



(a) Contoh fail TRC dalam Emulation Software



(b) Contoh fail ASCII dalam Notepad

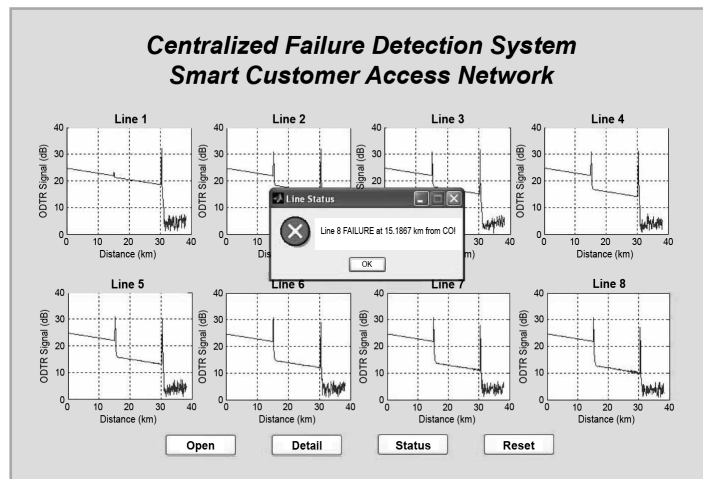
Rajah 5: Contoh hasil pengujian rangkaian dalam fail TRC dan ASCII



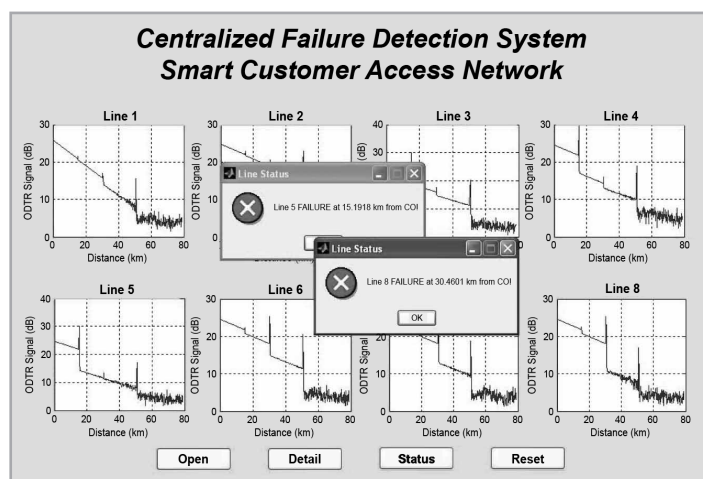
Dalam keadaan baik, tiada kehilangan atau kejatuhan kuasa optik berlaku dan satu mesej 'Good condition' terpapar pada kerangka status talian (*Line's Status*) dalam tettingkap *Line's Detail*. Sebaliknya satu mesej 'Decreasing y dB at z km' terpapar untuk memaklumkan kejatuhan kuasa optik dan lokasi kehilangan dalam talian tersebut. Dalam keadaan rosak, tiada sebarang nilai dapat dikesan daripada kejadian 'Reflective Fault', maka satu mesej kerosakan 'Line x FAILURE at z km from CO!' dipaparkan dalam tettingkap *Line's Status* dan *Line's Detail* untuk memberitahu lokasi kerosakan talian. Dengan ini, CFDS dapat membezakan setiap status talian penghantaran dalam sistem rangkaian FTTH semasa menganalisis hasil pengujian OTDR.

Keterangan lanjut mengenai analisa akan diperolehi dalam tettingkap *Line's Detail* apabila menklik pada individu talian tersebut. Antara maklumat-maklumat yang akan dipaparkan termasuk kuasa optik, kehilangan, pengecilan yang berlaku dalam rangkaian tersebut berserta dengan lokasi elemen yang mendorong pengecilan kuasa tersebut dan maklumat-maklumat lain seperti mana yang terpapar pada skrin OTDR. Semua maklumat-maklumat ini bergantung kepada hasil pengujian yang didapati melalui pengukuran dengan OTDR dan ditunjukkan

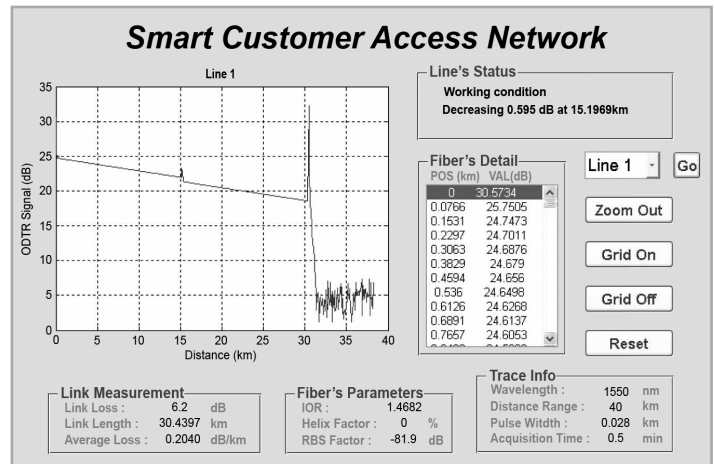
dalam unit-unit yang telah ditetapkan. Dengan ini, sebarang kerosakan yang berlaku dalam sistem rangkaian boleh dikesan dan ditentukan dengan kehilangan kuasa optik yang mendadak.



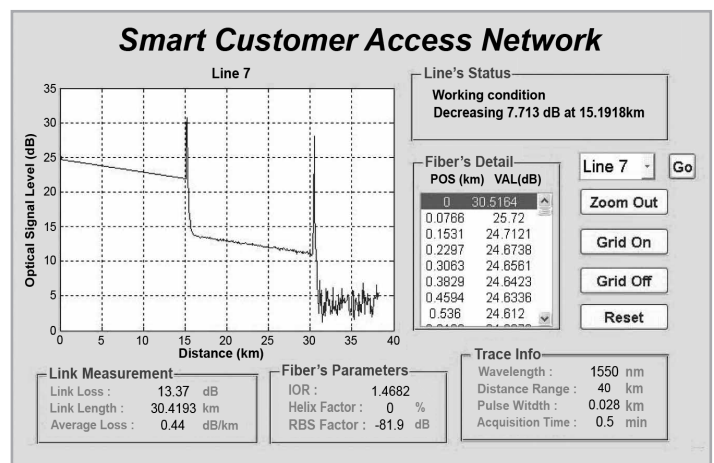
Rajah 6: Multi paparan hasil pengujian rangkaian optik pertama dalam tettingkap *Line's Status* untuk - pemantauan secara terpusat di CO (terdapat satu kerosakan berlaku pada talian 8 di jarak 15.1867 km)



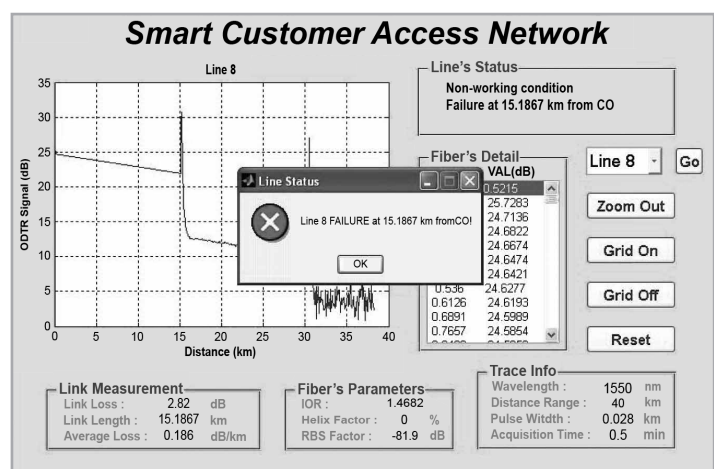
Rajah 7: Multi paparan hasil pengujian rangkaian optik kedua dalam tettingkap *Line's Status* untuk pemantauan secara terpusat (terdapat dua kerosakan berlaku pada talian 5 di jarak 15.1918 km dan talian 8 di jarak 30.4601 km)



Rajah 8: Hasil pengujian talian 1 yang berada dalam keadaan baik. Satu mesej 'Working condition' dan 'Decreasing 0.595 dB at 15.1969 km' terpapar di kerangka status talian (*Line's Status*) dalam tettingkap *Line's Detail* untuk memaklumkan kejatuhan kuasa optik dan lokasi kehilangan dalam talian 1.



Rajah 9: Hasil pengujian talian 7 yang berada dalam keadaan baik dengan kejatuhan kuasa optik sebanyak 0.7.713 dB pada jarak 15.1969 km.



Rajah 10: Talian 8 mengalami kerosakan pada jarak 15.1867 km. Satu mesej 'Non working condition' dan 'FAILURE at 15.1867 km from CO' terpapar di kerangka status talian dalam tettingkap *Line's Detail* untuk memaklumkan lokasi kerosakan yang berlaku dalam talian 8.

Semua hasil penganalisaan akan disimpan dalam pangkalan data untuk rujukan masa depan.

Seterusnya status dan maklumat kerosakan dalam sistem rangkaian akan dihantar kepada pengendali perkhidmatan dan keterangan lanjut mengenai kerosakan talian akan dihantar kepada jurutera tapak untuk mengambil tindakan yang selanjut melalui teknologi wayarles seperti telefon bimbit atau komputer WiFi / Internet. Sementara itu, trafik dalam talian yang rosak akan dialihkan ke talian perlindungan (*Protection Line*) untuk mengekalkan aliran trafik. Dengan adanya CFDS, kedudukan atau lokasi kerosakan dalam rangkaian yang diuji dapat ditentukan dengan mudah dan cepat tanpa membazirkan wang dan masa.

### 3.0 PAPARAN PROGRAM YANG DIBANGUNKAN

CFDS memuatkan semua hasil ujian dari pangkalan data ke dalam *MATLAB Current Directory* semasa butang *Open* dalam tetingkap *Line's Status* ditekan. Setiap lapan graf yang mewakili ciri-ciri talian dalam rangkaian optik diplotkan untuk pemantauan terpusat, di mana paksi-x menunjukkan jarak (km) dan paksi-y menunjukkan aras kuasa optik (*dB*). Satu mesej kerosakan yang menunjukkan talian yang rosak bersama dengan lokasi kerosakan akan terpapar seperti ditunjukkan dalam Rajah 6 dan 7 apabila CFDS mengesan sebarang kerosakan dalam

sistem rangkaian tersebut. CFDS melancarkan tetingkap *Line's Detail* untuk memaparkan maklumat talian yang lebih terperinci semasa menekan butang *Detail* dalam tetingkap *Line's Status* seperti ditunjukkan dalam Rajah 8 hingga 10.

### 4.0 KESIMPULAN

CFDS telah berjaya dibangunkan untuk membantu pengendali-pengendali perkhidmatan FTTH dan juga jurutera-jurutera tapak untuk memantau status setiap talian optik dan mengesan sebarang kerosakan yang berlaku dalam sistem rangkaian FTTH secara terpusat pada CO dalam haluan menurun. Dengan adanya CFDS ini, setiap kerosakan yang berlaku dalam rangkaian FTTH boleh dikesan dan kerja penyelesaian masalah juga dapat diproseskan dengan secepatnya. Secara langsung, ini boleh mengurangkan kos dan masa penyelenggaraan, sebaliknya meningkatkan keberkesanan, kelengkapan, keboleharapan dan keselamatan rangkaian FTTH.

### 5.0 PENGHARGAAN

Projek penyelidikan ini disumbang oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, Kerajaan Malaysia, melalui Dana Sains Kebangsaan (NSF) 01-01-02-SF0493. ■

### RUJUKAN

- [1] C.H. Yeh and S. Chi, "Optical Fiber-fault Surveillance for Passive Optical Networks in S-band Operation Window", *Optics Express*. 13(14):5494-5498, 2005.
- [2] G. Keiser, *Optical Fiber Communication*, 3rd ed. New York: McGraw Hill Inc, 2000.
- [3] K.L. Lee, S.B. Kang, D.S. Lim, H.K. Lee, and W.V. Sorin, "Fiber Link Loss Monitoring Scheme in Bidirectional WDM Transmission using ASE-injected FP-LD", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 18, No. 3, pp. 523-525, 2006.
- [4] C.H. Yeh, C.S. Lee, and S. Chi, "A Protection Method for Ring-type TDM-PONs Against Fiber Fault", *Proc. of Optical Fiber Communication and the National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC 2007)*, 25-29 March, 2007, Anaheim, CA, JThA76.
- [5] C.K. Chan, F. Tong, L.K. Chen, K.P. Ho, and D. Lam, "Fiber-fault Identification for Branched Access Networks Using a Wavelength-sweeping Monitoring Source", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 11, No. 5, pp. 614-616, 1999.
- [6] D.R. Anderson, L. Johnson, and F.G. Bell, *Troubleshooting Optical Fibre Networks Understanding and Using Optical Time-domain Reflectometers*, California, US: Academic Press, Elsevier, 2004.
- [7] J. Prat, "Optical Networks: Towards Bandwidth Manageability and Cost Efficiency", Available: [http://www.e-photon-one.org/ephotonplus/servlet/Utils.MostrarFitxerPublic?fitxer=D\\_VD-A\\_3.pdf&pathRelatiu=E-Photon+One+%2B%2FPublic%2FPublic+Deliverables%2F](http://www.e-photon-one.org/ephotonplus/servlet/Utils.MostrarFitxerPublic?fitxer=D_VD-A_3.pdf&pathRelatiu=E-Photon+One+%2B%2FPublic%2FPublic+Deliverables%2F), 2007.
- [8] I. Sankawa, S.I. Furukawa, Y. Koyamada, and H. Izumita, "Fault Location Technique for In-service Branched Optical Fiber Networks", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 2, No. 10, pp. 766-768, 1990.
- [9] A. Girard, *FTTX PON Technology and Testing*, Quebec City, Canada: EXFO Electro-Optical Engineering Inc, 2006.

### PROFILES



#### NG BOON CHUAN

Ng Boon Chuan received the B.Eng. in Communication and Computer Engineering from Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) in 2008. He is now pursuing his M.Sc. degree in Electrical, Electronics and Systems Engineering at UKM. His research interests focus on optical communication, intelligent network, and network management, in which he had authored several publications and conference presentations. Recently, he was involved with the research, development, and application of optical networking technology in intelligent fiber-to-the-home (i-FTTH). The majority of his time was spent in the Networking System Laboratory (NetLab), UKM.



#### MOHAMMAD SYUHAIMI AB-RAHMAN

Mohammad Syuhaimi Ab-Rahman received his B.Eng., M.Sc. and Ph.D. degrees in Electrical, Electronics and Systems Engineering from Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Malaysia, in 2000, 2003 and 2007 respectively.

He joined the Institute of Micro Engineering and Nanoelectronics (IMEN), UKM in 2003. Currently, he is a senior lecturer in Faculty of Engineering and Built Environment, UKM. He is also an associated research fellow of IMEN since 2006. His current research interests are in the area of photonic networks and optical communication technologies such as optical security nodes, device fabrication, photonic crystal, laser technology, active night vision, plastic optical fiber, fiber in automotive, FTTH, and optical code division multiplexing (OCDM). The current and interest project is development of survivability and smart network system for customer access network, which also named as intelligent FTTH (i-FTTH), collaborated with Ministry of Science, Technology and Innovation (MOSTI), Government of Malaysia.