

Pengesanan Kerosakan Gentian dalam Rangkaian FTTH Menggunakan Sistem Pengesanan Kerosakan Terpusat (CFDS)

Mohammad Syuhaimi Ab-Rahman, Ng Boon Chuan dan Kasmiran Jumari

Bahagian Teknologi Spektrum,
Kumpulan Penyelidikan Komputer dan Sekuriti Rangkaian,
Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik dan Sistem,
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor,
Malaysia
E-mail: syuhaimi@vlsi.eng.ukm.my

Received Date: 26th November 2008 Accepted Date: 27th May 2009

ABSTRAK

Isu-isu berkenaan dengan kerosakan gentian dalam rangkaian capaian pengguna FTTH (*Fiber To The Home*) 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 keselamatan. Peralatan OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) lazim digunakan dalam proses pengesanan kerosakan gentian dan lokasi kerosakan dalam rangkaian FTTH secara haluan menaik, dari kawasan kediaman pengguna menghala ke pejabat pusat (CO), tetapi setiap ujian OTDR hanya akan menghasilkan satu paparan sahaja bagi satu talian dan ini amat membazirkan wang dan masa. Dengan melihat kepada isu-isu tersebut, sebuah antaramuka pengguna bergrafik (GUI) yang mudah, menarik dan mesra pengguna telah dibangunkan untuk Sistem Pengesanan Kerosakan Terpusat (CFDS) dengan menggunakan perisian MATLAB dalam kajian ini. Program yang dibangunkan ini akan ditempatkan pada terminal talian optik (OLT) di CO untuk memantau status dan mengesan kerosakan yang berlaku dalam kawasan guguran rangkaian FTTH secara terpusat dalam haluan menurun, iaitu dari CO menghala ke premis pengguna. CFDS akan berantaramuka dengan OTDR untuk menghasilkan multi paparan pada suatu masa dan keterangan lanjut mengenai analisis akan diperolehi apabila menklik pada individu talian tersebut. Seterusnya, hasil tersebut akan dihantar kepada jurutera tapak atau pengendali perkhidmatan untuk tindakan segera.

Kata kunci: Keboleharapan perkhidmatan, keselamatan, OTDR, GUI, MATLAB, haluan menurun.

ABSTRACT

Issues with fiber fault in fiber to the home (FTTH) customer access network often become a challenge to the network service providers. The most important issues troubled the service providers and customer premises are regarding the service reliability and safety. Conventionally, optical time domain reflectometer (OTDR) is

used to detect the fiber fault and address the failure location in FTTH upwardly from customer sides toward central office (CO). However, OTDR can only display a measurement result of a testing line in a time and also time and cost misspend. By looking at the stated issues, a simple, attractive and user friendly graphical user interface (GUI) is developed for Centralized Failure Detection System (CFDS) based on MATLAB programming in this study. The developed program will be installed with optical line terminal (OLT) at the CO to centralized monitoring each optical fiber line's status and identifying the failure location that occurs in the drop region of FTTH downwardly from CO towards customer sides. CFDS is interfaced with OTDR to accumulate every network testing result to be displayed on a single computer screen for further data analyzing. The analysis results will be sent to field engineers or service providers for promptly actions.

Keywords: Service reliability, safety, OTDR, GUI, MATLAB, downwardly testing.

PENGENALAN

Rangkaian FTTH merupakan teknologi rangkaian yang menggunakan gentian optik sebagai medium penghantaran dari CO sehingga ke kawasan perumahan atau perniagaan untuk menghantar perkhidmatan *Triple-play* (data, suara dan video). 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 (Keiser 2000).

Rangkaian FTTH membekalkan perkhidmatan *Triple-play* dengan kelajuan yang tinggi sehingga 2.5 Gbps menggunakan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) dari CO ke rumah pengguna melalui rangkaian pengagihan optik (*Optical Distribution Network*, ODN). 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 (Yeh 2005). 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 (Lee 2006).

Isu-isu berkenaan dengan perkhidmatan rangkaian FTTH sering menjadi perdebatan sejak kebelakangan ini. Salah satu isu penting yang diketengahkan pengendali-pengendali perkhidmatan dan premis-premis pengguna adalah berhubung dengan kerosakan gentian.

Penyambungan dalam rangkaian FTTH khususnya senibina rangkaian optik pasif (PON) dapat diakomodasikan kepada bilangan pengguna yang ramai seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. 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 menurun (*Downstream*) yang dihantar dari unit rangkaian optik (ONU) atau terminal rangkaian optik (ONT) ke OLT atau sebaliknya tidak akan disampaikan selepas kedudukan titik kerosakan tersebut (Yeh 2007). Sebarang kegagalan penghantaran yang berpunca daripada kerosakan gentian akan mengakibatkan kerugian yang besar kepada pengendali perkhidmatan (Chan 1999).

Dengan merujuk kepada laporan kes Suruhanjaya Komunikasi Terpusat (*Federal Communication Commission*, FCC) di negara Amerika Syarikat, lebih daripada satu per tiga gangguan perkhidmatan penghantaran berpunca daripada masalah gentian. Kegagalan dalam rangkaian FTTH yang berpunca daripada kerosakan gentian adalah sangat susah untuk dikesan dan dipulihkan (*Restore*). Juruteknik sering menghadapi masalah dalam menentukan talian optik yang rosak (*Faulty Cable*) dan juga lokasi kerosakannya. Permasalahan sebegini memerlukan masa yang lebih panjang untuk menjalankan kerja penyelenggaraan dan pemulihan (Bakar 2007).

Sumber laser yang biasa digunakan dalam sistem komunikasi optik sebagai sumber

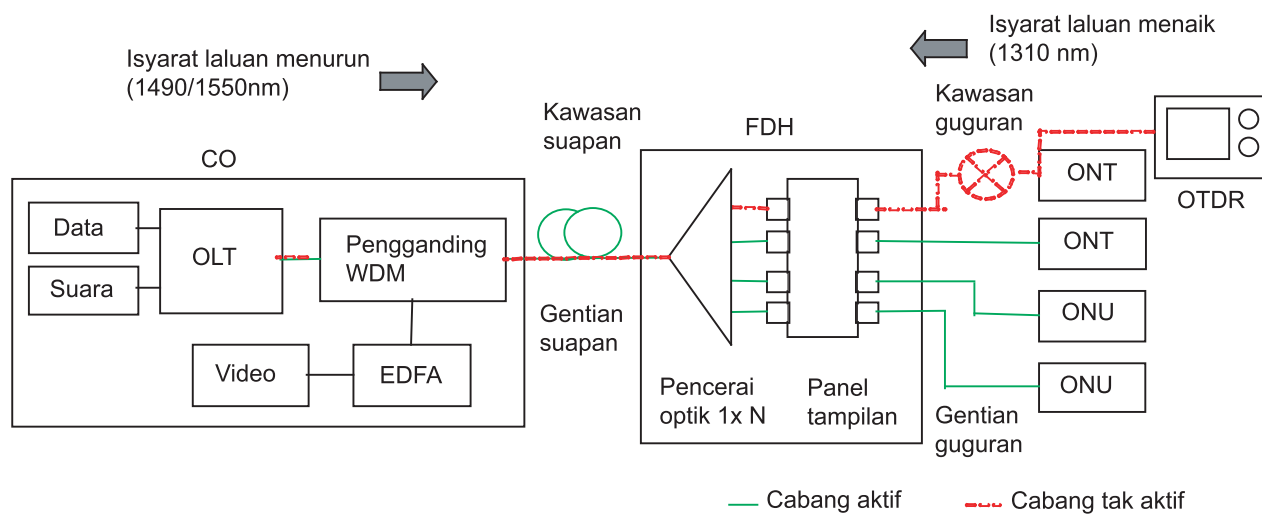
optik adalah diod laser semikonduktor. Diod laser semikonduktor bermonokromat tinggi dan pancaran cahayanya sangat bertumpu berbanding dengan sumber laser lain seperti gas laser (Keiser 2000). Walaupun laser yang berkuasa rendah dengan beberapa miliwatt digunakan dalam pemancaran, tetapi ia masih boleh membahayakan penglihatan manusia apabila ia terdedah kepada persekitaran (Keadaan ini berlaku apabila talian optik terputus dari rangkaian FTTH). Cahaya laser boleh mengakibatkan mata seseorang yang terdedah kepadanya rosak kekal (buta) dalam sesaat atau lebih pantas.

Pengesanan kerosakan gentian dalam rangkaian FTTH adalah penting demi meningkatkan kebolehpercayaan penghantaran perkhidmatan (Prat 2007). Kerosakan talian dalam rangkaian FTTH lazim ditentukan dengan menggunakan peralatan OTDR dalam halaan menaik, iaitu daripada ONU kepada OLT. Juruteknik dihantar ke kawasan kediaman pengguna untuk memasang OTDR kepada talian yang rosak untuk mengesan lokasi kerosakan apabila pengguna gagal menerima isyarat-isyarat perkhidmatan. Keadaan ini amat membazirkan masa dan wang kerana jarak antara

dua ONU adalah berjauhan seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. Ini menjadi satu permasalahan apabila pengesanan kerosakan talian dengan bilangan premis pengguna yang ramai dan liputan kawasan yang begitu luas.

Pengesanan kerosakan talian tidak dapat dilakukan dalam halaan menurun kerana pencerai optik mengumpulkan semua cahaya sebaran balik Rayleigh (*Rayleigh back-scattered, RBS*) bersama dari setiap cabang dalam paparan OTDR dan mengakibatkannya tidak dapat dibezakan secara berasingan (Chan 1999).

Untuk mengatasi masalah-masalah sebegini, terdapat beberapa kaedah yang telah diperkenalkan seperti menggunakan OTDR Raman-assisted bersama dengan sistem pemantauan optik secara terpusat (Yuksel 2007) atau sistem pengujian sistem berasaskan OTDR yang menggunakan pemantul rujukan (*Reference Reflector*) atau pemilih gentian (*Fiber Selector*) (Tomita 1991). Kaedah-kaedah tersebut membenarkan pengesanan kerosakan gentian dijalankan tanpa mengganggu perkhidmatan-perkhidmatan saluran lain. Walaubagaimanapun, kos-kos perkakasan yang mahal telah membataskan kaedah-kaedah tersebut diaplikasikan dalam rangkaian FTTH.



Rajah 1. Pengesanan kerosakan gentian secara halaan menaik, dari ONU/ONT menuju ke OLT. Garis merah berputus menunjukkan pengujian rangkaian dalam cabang yang berlakukerosakan dengan menggunakan OTDR, sementara itu premis pengguna dalam cabang lain (dalam pencerai yang sama) seperti diwakili dalam garis hijau masih boleh menikmati perkhidmatan rangkaian FTTH

SISTEM PENGESANAN KEROSAKAN TERPUSAT (CFDS)

Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) khususnya Bahagian Teknologi Spektrum di Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik dan Sistem, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina telah melihat isu-isu dan cadangan-cadangan ini sebagai masukan penting sebagai asas kepada peningkatan keberkesanan, kelengkapan, kebolehharapan dan keselamatan rangkaian FTTH. Ia juga bakal menjadi ukuran kepada ketelusan dan kesanggupan UKM untuk membangunkan satu rangkaian pintar (Intelligent Network).

Justeru itu, CFDS yang mampu memantau status setiap talian optik dan mengesan kerosakan gentian yang berlaku dalam kawasan guguran rangkaian FTTH secara terpusat pada CO dalam halaan menurun dibangunkan dalam kajian ini. CFDS merupakan satu program pemantauan terpusat dan kawalan capaian yang membolehkan pengendali perkhidmatan mengawasi aliran isyarat optik dan mengesan 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 pengguna FTTH.

Pengoperasian CFDS

Suatu panjang gelombang yang berasingan boleh digunakan untuk mengesan kerosakan gentian dalam rangkaian capaian FTTH tanpa mengganggu penghantaran perkhidmatan *Triple-play*. Rangkaian ini menggunakan panjang gelombang pengoperasian 1625 nm untuk kawalan pengesanan kerosakan dan penyelesaian masalah dalam talian. Tiga panjang gelombang

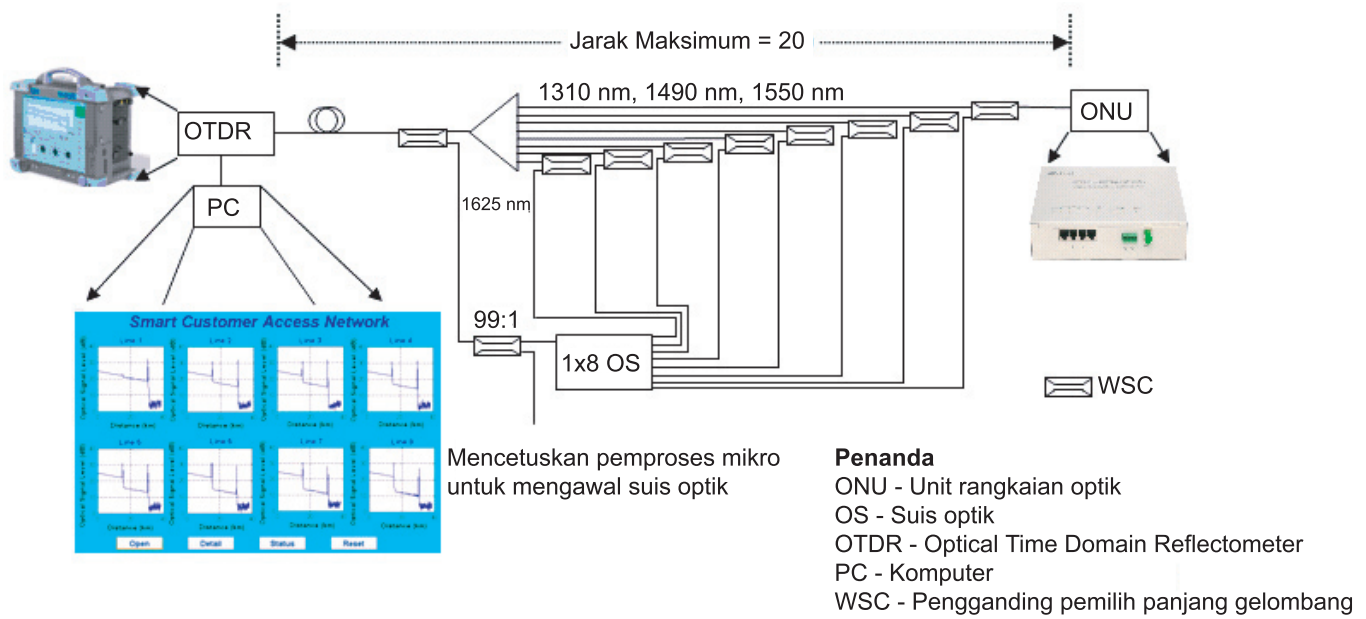
pengoperasian perkhidmatan *Triple-play* (1310 nm, 1490 nm dan 1550 nm) dimultiplekskan bersama dengan isyarat pengujian (pada 1625 nm). OTDR akan ditempatkan pada OLT di CO dan disambungkan kepada sebuah komputer peribadi (PC) kawalan untuk memaparkan segala hasil pengukuran.

Apabila empat jenis panjang gelombang yang beroperasi pada 1310 nm, 1490 nm, 1550 nm dan 1625 nm diagihkan dari CO kepada lapan premis pengguna, pengganding panjang gelombang terpilih (*Wavelength Selective Coupler, WSC*) yang digunakan dalam rangkaian SCAN hanya membenarkan isyarat OTDR pada 1625 nm memasuki litar pengetip dan menghalang isyarat-isyarat lain (1310 nm, 1490 nm dan 1550 nm) yang boleh mengganggu pengukuran OTDR (Girard 2005). Isyarat laluan menurun akan melalui pengganding WSC dan sampai di ONU. Jarak maksimum antara OLT dengan ONU adalah 20 km.

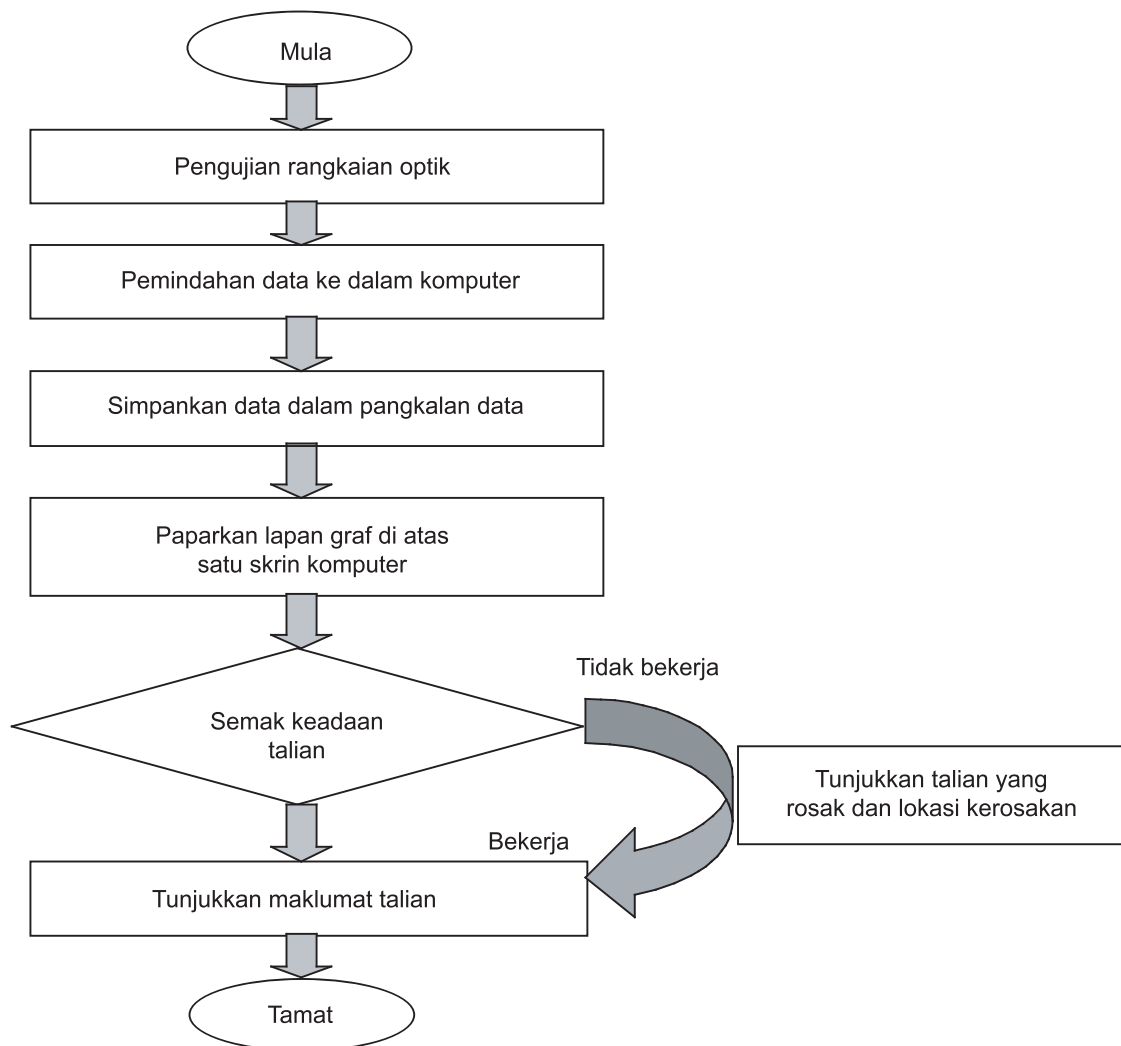
Isyarat OTDR yang telah didemultiplekskan dengan pengganding WSC akan diceraikan lagi pada nisbah kuasa 99:1 dengan menggunakan pengganding berarah (*Directional Coupler, DC*) untuk mengaktifkan sistem pemproses mikro. 99% isyarat ini dikonfigurasi dengan menggunakan pencerai optik, di mana setiap keluaran akan disambungkan kepada satu ONU secara berasingan. Seterusnya pengoperasian suis optik akan dikawalkan oleh sistem pemproses mikro yang diaktifkan oleh 1% isyarat. Skema operasi CFDS adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.

Konsep Rekabentuk CFDS

CFDS terdiri daripada empat bahagian utama, iaitu pengujian talian optik, pengantaramukaan CFDS dengan OTDR dan penganalisan data yang menyokong pengoperasiannya. Seluruh proses pengoperasian CFDS boleh diringkaskan dalam carta alir seperti ditunjukkan dalam Rajah 3.



Rajah 2. Skema cadangan penyambungan suis optik kepada sistem pencerai dan pemproses mikro



Rajah 3. Carta alir mekanisme pengesanan kerosakan talian dalam rangkaian FTTH

Pengujian Rangkaian Optik

Pengujian rangkaian optik dijalankan pada peringkat permulaan untuk mengukur ciri-ciri talian optik dalam keadaan bekerja dan tidak bekerja (berlaku kegagalan atau kerosakan talian) dengan rangkaian optik yang mengandungi satu *Device Under Test (DUT)* dan dua gentian seperti ditunjukkan dalam Rajah 4. Peralatan *Optical Attenuator* digunakan untuk mengurangkan aras kuasa optik dalam sesuatu talian optik serta mewakili titik kerosakan yang berlaku dalam rangkaian yang diuji. *Attenuator* mempunyai panjang gelombang dan pengecilan kuasa yang boleh dilaraskan dalam julat tertentu.

Penyambung *Fixed Connection (FC)* digunakan sebagai DUT dalam ujian pertama. Kemudian penyambung FC digantikan dengan *Attenuator* untuk ujian-ujian seterusnya. Nilai pengecilan kuasa pada *Attenuator* disetkan pada 7 dB dan ditambahkan secara berkala sehingga mendapat isyarat yang menunjukkan kerosakan berlaku dalam rangkaian.

Rangkaian ini boleh diubahsuai untuk mengukur dua keadaan yang berlaku dalam sesuatu talian optik dengan menambahkan satu DUT dan satu gentian optik 20 km pada hujung gentian optik 15 km kedua seperti ditunjukkan dalam Rajah 5. Penyambung FC digunakan sebagai DUT dalam dua ujian pertama. Seterusnya, penyambung FC pertama digantikan dengan *Attenuator* untuk ujian-ujian seterusnya. Nilai pengecilan kuasa pada

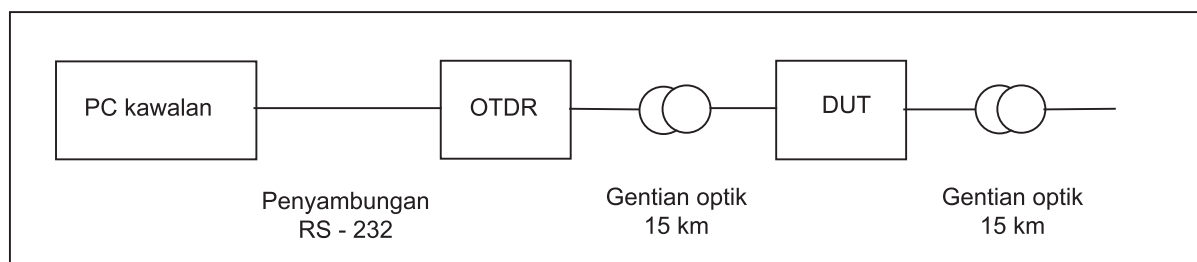
Attenuator disetkan pada 1 dB dan ditambahkan secara berkala sehingga isyarat optik dalam rangkaian terputus. Selepas itu, kedudukan *Attenuator* dan penyambung FC diterbalikkan dan pengujian yang sama dijalankan.

Pengantaramukaan Perkakasan CFDS dengan OTDR

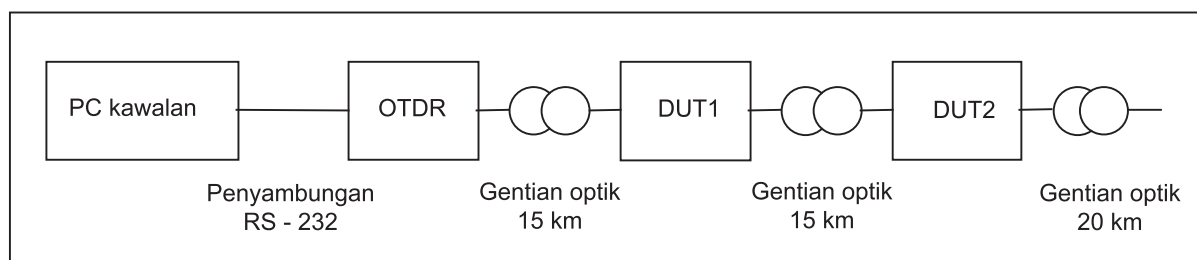
CFDS berantaramuka dengan OTDR untuk mengumpulkan dan memaparkan setiap hasil pengujian di atas satu skrin PC pada suatu masa untuk dianalisis lagi. Semua hasil pengujian dipindahkan ke dalam komputer dengan menggunakan penyambungan RS-232 antara OTDR dengan PC kawalan. Proses ini melibatkan pengeksplotasian data dan penerimaan data.

Penganalisan Data

Selepas proses pemindahan berjaya dilakukan, semua hasil pengujian perlu ditukarkan kepada format *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)* seperti dalam Rajah 6 dan disimpan dalam pangkalan data. Seterusnya, semua hasil pengujian ini akan dipaparkan di atas tettingkap *linestatus* untuk dianalisis. CFDS menggunakan kaedah pengenalan kejadian (*Event Identification*) untuk membezakan mekanisme isyarat optik dalam keadaan bekerja dan tidak bekerja. Kehilangan yang berlaku pada kejadian *Reflective Fault* mewakili status keadaan sesuatu talian yang diuji.



Rajah 4. Rajah blok bagi susunan perkakasan dalam pengujian rangkaian optik 1



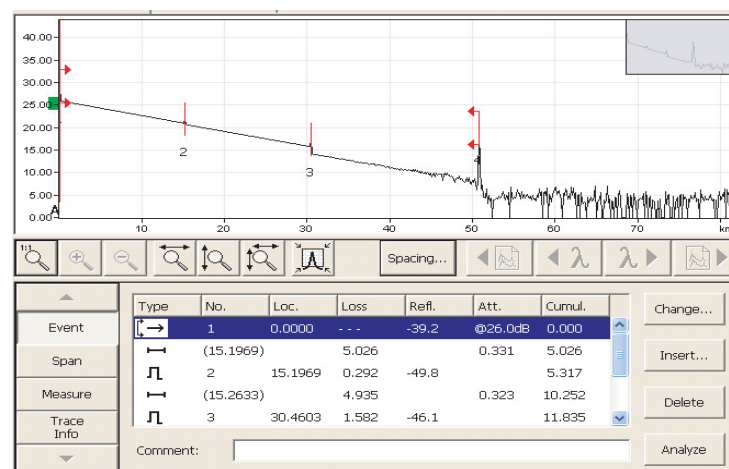
Rajah 5. Rajah blok bagi susunan perkakasan dalam pengujian rangkaian optik 2

Dalam keadaan baik, tiada kehilangan atau kejatuhan kuasa optik berlaku dan satu mesej 'Good condition' terapar pada kerangka status talian (*Line's Status*) dalam tetingkap *linedetail*. Sebaliknya satu mesej 'Decreasing y dB at z km' terapar untuk memberitahu kejatuhan kuasa optik dan lokasi kehilangan dalam talian tersebut. Dalam keadaan tidak bekerja, tiada sebarang nilai dapat dikesan daripada kejadian *Reflective Fault*, maka satu mesej kerosakan 'Line x FAILURE at z km from CO!' dipaparkan dalam tetingkap *linestatus* dan *linedetail* untuk memberitahu lokasi kerosakan talian. Dengan ini, CFDS dapat membezakan setiap status talian semasa menganalisiskan hasil pengujian.

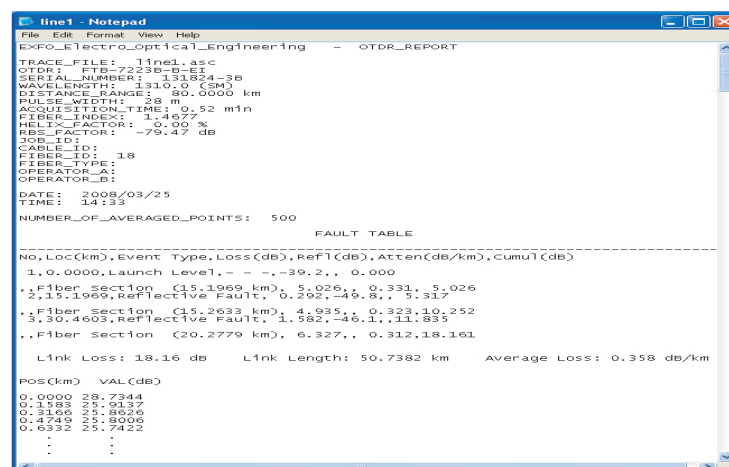
Keterangan lanjut mengenai analisa akan diperolehi dalam tetingkap *linedetail* apabila menklik pada individu talian tersebut. Antara maklumat-maklumat yang akan dipaparkan termasuk status setiap talian samada ianya baik atau rosak, pengecilan kuasa yang berlaku dalam rangkaian tersebut berserta dengan lokasi elemen yang mendorong pengecilan kuasa tersebut dan

maklumat-maklumat lain seperti mana yang terapar pada skrin OTDR. Semua maklumat-maklumat talian ini bergantung kepada hasil pengujian yang didapati melalui pengukuran dengan OTDR dan ditunjukkan dalam unit-unit yang telah ditetapkan di kerangka maklumat gentian (*Fiber's Detail*), pengukuran talian (*Link Measurement*), parameter-parameter gentian (*Fiber's Parameters*) dan maklumat terkesan (*Trace Info*) dalam tetingkap *linedetail*.

CFDS akan menghantar hasil analisa kepada pengendali perkhidmatan dan keterangan lanjut mengenai kerosakan talian akan dihantar kepada jurutera tapak untuk mengambil tindakan yang selanjutnya melalui teknologi tanpa wayar 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.



(a) Contoh fail TRC dalam Emulation Software



(b) Contoh fail ASC dalam Notepad

Rajah 6. Contoh hasil pengujian rangkaian dalam hfail TRC dan ASCII

Pembangunan CFDS dengan GUIDE dalam Perisian MATLAB

Sebuah GUI dibina untuk membangunkan CFDS dengan menggunakan GUIDE dalam perisian MATLAB. Cara grafik dan penulisan aturcara MATLAB digunakan dalam pembangunan CFDS. Cara grafik digunakan dalam pembinaan tettingkap-tettingkap CFDS (*linestatus* dan *linedetail*) dan aturcara-aturcara MATLAB ditambah ke dalam penyunting fail M untuk melaksanakan fungsi-fungsi yang dikehendaki. CFDS mempunyai dua tettingkap, iaitu tettingkap *linestatus* dan tettingkap *linedetail*. GUIDE akan membuat dua fail bagi setiap tettingkap, satu fail FIG dan satu fail M.

Fail FIG ialah rajah tettingkap yang dibina dengan *GUIDE Layout Editor*. Ia disimpan dalam sambungan *namafail.fig* dan satu fail M akan wujud supaya memasukkan fungsi-fungsi yang berkaitan dengan komponen-komponen GUI. Apabila pengguna menekan butang pada tettingkap, arahan pelaksanaan panggilan balik akan memproseskan fungsi-fungsi dalam fail M.

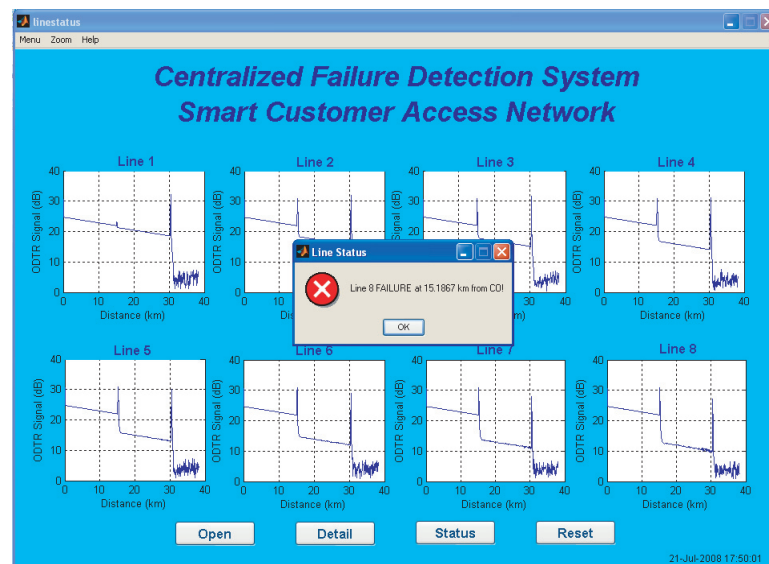
Aturcara-aturcara MATLAB dalam CFDS boleh terbahagi kepada tiga bahagian utama, iaitu pemplotan graf, penyemakan status

talian dan pemaparan maklumat talian. CFDS menggunakan pengenalan kejadian untuk membezakan suatu talian sama adanya berada dalam keadaan bekerja atau tidak bekerja.

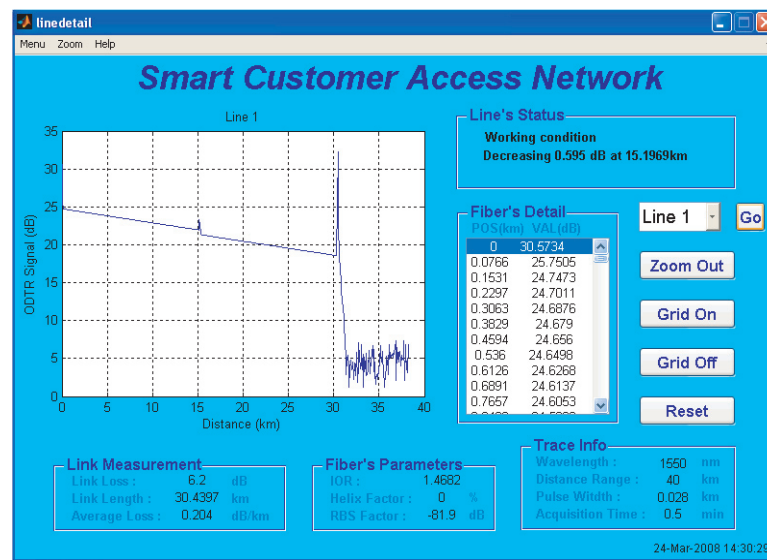
PAPARAN PERISIAN YANG DIBINA

Analisis Hasil Pengujian Rangkaian dengan Satu Keadaan

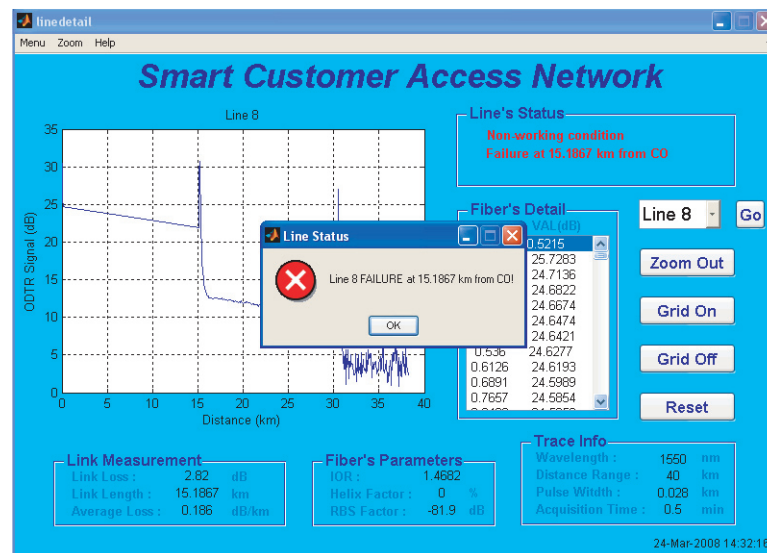
Dalam pengujian rangkaian optik pertama, CFDS memuatkan semua hasil ujian dari pangkalan data ke dalam MATLAB Current Directory semasa butang Open pada tettingkap *linestatus* ditekan. Lapan graf yang mewakili ciri-ciri talian dalam rangkaian optik diplotkan untuk pemantauan terpusat, di mana paksi-x menunjukkan jarak (km) dan paksi-y menunjukkan aras kuasa optik (dB). Hasil paparan adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 7. Satu mesej kerosakan 'Line 8 FAILURE at 15.1867 km from CO!' yang menunjukkan lokasi kerosakan yang berlaku dalam rangkaian optik pertama terpapar seperti ditunjukkan dalam Rajah 7. CFDS melancarkan tettingkap *linedetail* untuk memaparkan maklumat talian yang lebih terperinci semasa menekan butang Detail dalam tettingkap *linestatus* seperti dalam Rajah 8 dan 9.



Rajah 7. Lapan paparan hasil pengujian rangkaian dengan satu keadaan



Rajah 8. Kuasa optik dalam talian 1 jatuh sebanyak 0.595 dB pada jarak 15.1969 km



Rajah 9. Talian 8 mengalami kerosakan pada jarak 15.1867 km dari CO

Dalam ujian pertama, kuasa optik dalam talian 1 jatuh sebanyak 0.595 dB pada jarak 15.1969 km seperti dalam Rajah 8. Kejatuhan kuasa ini merupakan kehilangan peranti dalam penyambung FC. Dalam keadaan baik, isyarat yang dihantar melalui medium tanpa mengalami sebarang kehilangan. Satu garis lurus yang menghala ke bawah didapati dalam graf aras kuasa lawan jarak. Kebiasaannya, OTDR tidak menunjukkan sifat-sifat ini kerana terdapat kehilangan peranti. Semasa isyarat optik dihantar melalui penyambung FC, tenaganya terhilang untuk mengatasi rintangan peranti.

Di samping itu, kuasa optik juga dikecilkan (pengurangan kekuatan isyarat atau kehilangan kuasa) melalui mekanisme sebaran dan serapan

dalam gentian kaca. Kekuatan isyarat dalam media terpandu seperti gentian optik biasa menyusut secara eksponen. Oleh itu, kadar kuasa logaritma digunakan untuk mengukur perubahan kekuatan isyarat pada dua titik rujukan yang berlainan dalam unit desibel (dB).

Kemudian penyambung FC digantikan dengan *Attenuator* untuk ujian-ujian seterusnya. Apabila pengecilan kuasa makin meningkat, aras kuasa optik pada 15 km menurun beransur-ansur. Pada ketika nilai pengecilan kuasa ditambahkan sehingga 13 dB, isyarat optik yang dihantar dari liang laser ke hujung gentian terputus pada jarak 15.1867 km seperti dalam Rajah 8. Satu mesej kerosakan '*Line 8 FAILURE at 15.1867 km from CO!*' terpapar dalam untuk memberitahu

lokasi kerosakan yang berlaku dalam talian 8. Ini menggambarkan talian optik terputus pada jarak tersebut dalam kawasan guguran rangkaian FTTH pada keadaan sebenar.

Analisis Hasil Pengujian Rangkaian dengan Dua Keadaan

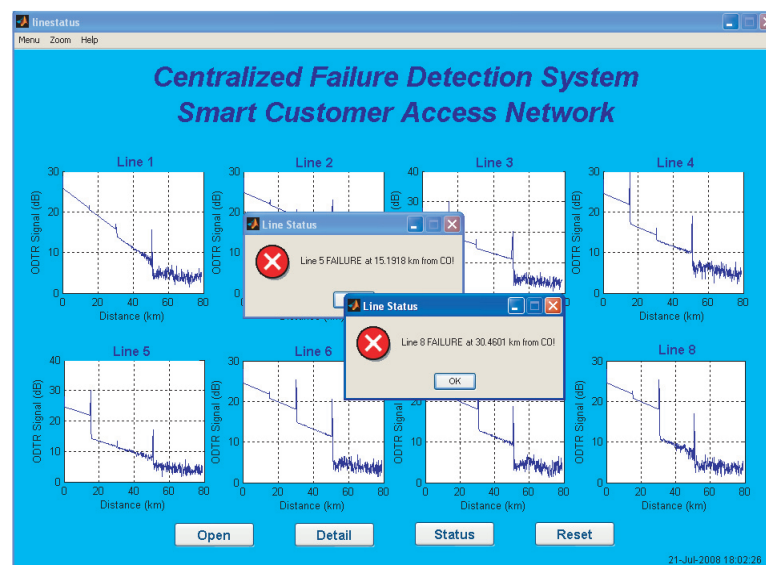
Dalam pengujian rangkaian optik kedua, lapan graf yang mewakili ciri-ciri talian optik ditunjukkan pada tettingkap *linestatus*. Dua mesej kerosakan '*Line 5 FAILURE at 15.1918 km from CO!*' dan '*Line 8 FAILURE at 30.4601 km from CO!*' yang menunjukkan lokasi kerosakan yang berlaku dalam rangkaian optik kedua terpapar seperti ditunjukkan dalam Rajah 10.

Penyambung FC digunakan sebagai DUT dalam dua ujian pertama. Pengujian rangkaian ini menggunakan panjang gelombang 1310 nm untuk ujian pertama dan 1550 nm untuk ujian kedua. Dalam ujian kedua, talian 2 mengalami kejatuhan kuasa sebanyak 0.263 dB pada jarak

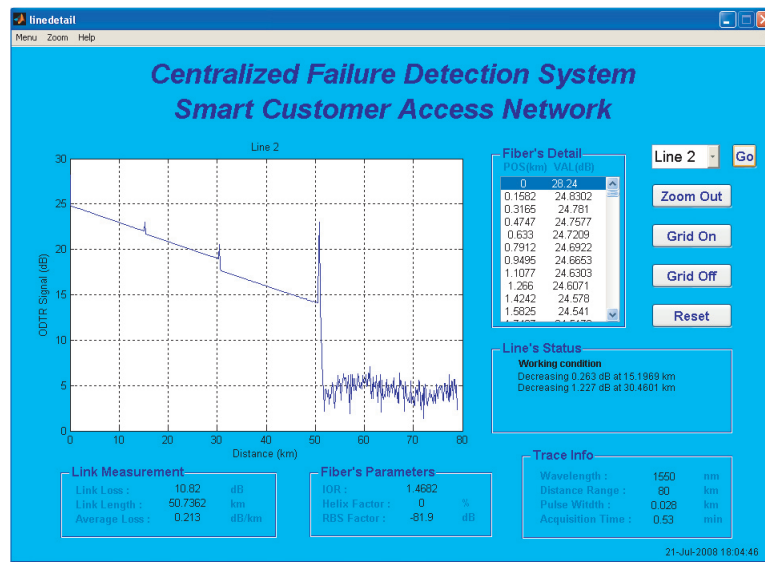
15.1969 km dan 1.227 dB pada jarak 30.4601 km seperti dalam Rajah 11.

Seterusnya, penyambung FC pertama digantikan dengan *Attenuator* dan nilai pengecilan kuasa pada *Attenuator* disetkan pada 1 dB. Kemudian pengecilan kuasa pada *Attenuator* ditambahkan 2 dB sehingga isyarat dalam rangkaian tersebut terputus. Isyarat optik akan terputus pada jarak 15.1918 km ketika pengecilan kuasa bertambah sehingga 5 dB seperti dalam Rajah 12. Satu mesej kerosakan '*Line 5 FAILURE at 15.1918 km from CO!*' terpapar untuk menyatakan lokasi kerosakan yang berlaku dalam talian 5.

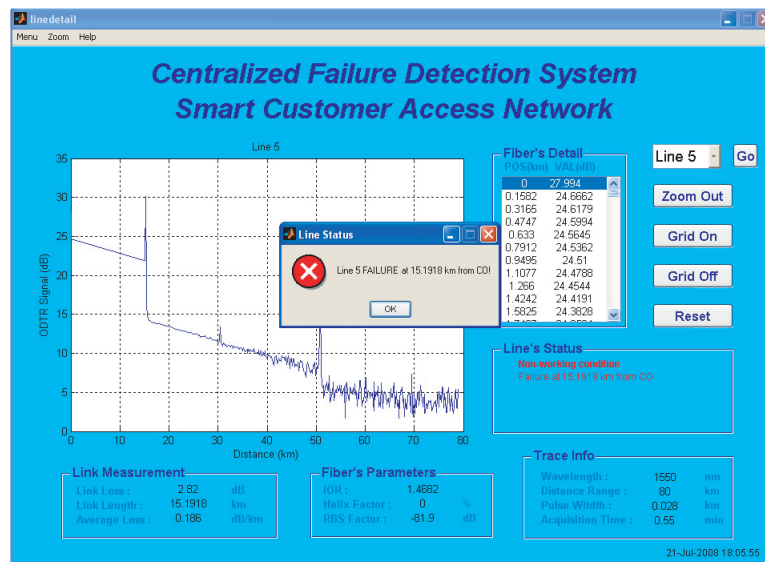
Selepas itu, kedudukan *Attenuator* dan penyambung FC diterbalikkan dan ujikaji yang sama dijalankan. Isyarat optik akan terputus pada jarak 30.4601 km ketika pengecilan kuasa bertambah sehingga 5 dB seperti dalam Rajah 13. Satu mesej kerosakan '*Line 8 FAILURE at 30.4601 km from CO!*' terpapar untuk menyatakan lokasi kerosakan yang berlaku dalam talian 8.



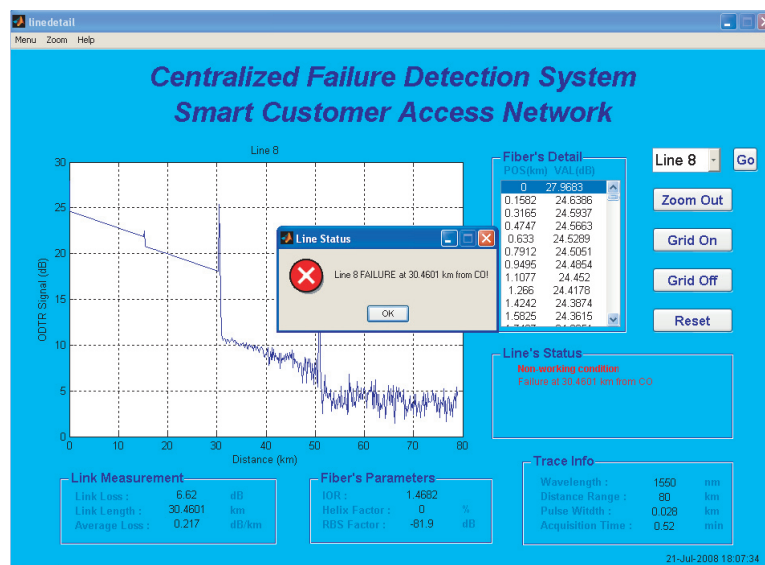
Rajah10. Lapan paparan hasil ujian dengan dua keadaan yang berbeza



Rajah 11. Kuasa optik dalam talian 2 jatuh sebanyak 0.263 dB pada jarak 15.1969 km dan 1.227 dB pada jarak 30.4601 km



Rajah 12. Talian 5 mengalami kerosakan pada jarak 15.1918 km dari CO



Rajah 13. Talian 8 mengalami kerosakan pada jarak 30.4601 km dari CO

PERBINCANGAN

Walaupun CFDS berupaya untuk mengumpulkan semua paparan OTDR untuk dipaparkan di atas satu skrin komputer supaya proses pemantauan boleh dilakukan secara terpusat di CO, tetapi ia masih mempunyai batasan-batasannya. Setiap hasil pengujian rangkaian perlu dihantar ke dalam komputer secara manual selepas diukur dengan OTDR. Proses pemindahan ini tidak mesra pengguna kerana perlu dilakukan secara manual. Tambahan pula, hasil ujian hanya dapat disimpan sebagai format TRC dalam OTDR.

Malangnya, perisian MATLAB yang digunakan untuk membangunkan CFDS tidak dapat terus mengekstrak hasil ujian. Dalam keadaan sebegini, semua hasil ujian perlu ditukar kepada format lain seperti format ASCII atau ASCII+. Setakat ini, CFDS hanya mampu menganalisis hasil pengujian rangkaian dengan dua keadaan yang berbeza dan sesuai untuk mengukur ciri-ciri talian optik dalam unit-unit tertentu.

RUJUKAN

- Bakar, A.A.A., Jamaludin, M.Z., Abdullah, F., Yaacob, M.H., Mahdi, M.A. & Abdullah, M.K. 2007. A new technique of real-time monitoring of fiber optic cable networks transmission. *Optics and Lasers in Engineering* 45:126–130.
- Chan, C.K., Tong, F., Chen, L.K., Ho, K.P. & Lim, D. 1999. Fiber-fault identification for branched access networks using a wavelength-sweeping monitoring source. *IEEE Photonics Technology Letters*. 11(5):614-616.
- Girard, A. 2006. *FTTX PON technology and testing*. Kanada: EXFO Electro-Optical Engineering Inc.
- Keiser, G. 2000. *Optical fiber communication*. Ed. ke-3. New York: McGraw Hill.
- Lee, K.L., Kang, S.B., Lim, D.S., Lee H.K. & Sorin W.V. 2006. Fiber link loss monitoring scheme in bidirectional WDM transmission using ASE-injected FP-LD. *IEEE Photonics Technology Letters*. 18(3):523-525.
- Park, J., Baik, J. & Lee, C.H. 2007. Fault-detection technique in a WDM-PON. *Optics Express*. 15(4):1461-1466.
- Yeh, C.H. & Chi, S. 2005. Optical fiber-fault surveillance for passive optical networks in S-band operation window. *Optics Express*. 13(14):5494-5498.
- Yeh, C.H., Lee, C.S. & Chi, S. 2007. A protection method for ring-type TDM-PONs against fiber fault. *National Fiber Optic Engineers Conference, Optical Society of America (OSA) Technical Digest Series (CD)*. JThA76.
- Yuksel, K., Letheux, S., Grillet, A., Wuilpart, M., Giannone, D., Hancq, J., Ravet, G. & Megret, P. 2007. Centralised optical monitoring of tree-structured passive optical networks using a Raman-assisted OTDR. *9th International Conference on Transparent Optical Networks, ICTON '07*. 1:175-178.

KESIMPULAN

CFDS telah berjaya dibangunkan untuk membantu pengendali perkhidmatan FTTH dan juga jurutera tapak untuk memantau status setiap talian optik dan mengesan kerosakan gentian yang berlaku dalam kawasan guguran rangkaian FTTH secara terpusat pada CO dalam halaan menurun. Dengan adanya CFDS ini, setiap kerosakan gentian yang berlaku dalam rangkaian FTTH boleh dikesan dan kerja penyelesaian masalah juga dapat diproseskan dengan secepatnya. Secara langsung, ini boleh meningkatkan keberkesanan, kelengkapan, keboleharapan dan keselamatan rangkaian FTTH. Program ini perlu dikaji semula untuk memperbaiki supaya dapat menyasat parameter-parameter talian lain dan mengukur dengan unit-unit lain.

PENGHARGAAN

Penyelidikan ini dibiayai oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI), Malaysia, melalui peruntukan projek Dana Sains Kebangsaan (NSF) 01-01-02-SF0493.