

PresentazioneIII

Gli autori IV

Ai lettori V

N. Note introduttive

N.1. Le reti digitali tra tecnica e storia.....N.2

N.1.1. Il problema della distanza.....N.4

N.1.2. Il protocollo Frame-RelayN.6

N.1.3. Arriva la banda larga.....N.8

N.1.3.1. La fibra fece la sua comparsa... 40 anni fa.....N.8

N.2. L'evoluzione delle reti di trasportoN.11

N.2.1. I sistemi PDH
(Plesiochronous Digital Hierarchy).....N.11

N.2.1.1. Il mezzo trasmissivo,
dal doppino al coassiale.....N.13

N.2.2. I sistemi SDH
(Synchronous Digital Hierarchy).....N.14

N.2.2.1. Struttura ad anello.....N.15

N.2.2.2. Continuità di servizio.....N.16

N.2.2.3. Anelli SDH e prestazioni.....N.18

N.2.2.4. Analisi di un caso reale.....N.19

N.2.2.5. Virtual Container.....N.20

N.2.2.6. Affidabilità degli anelli SDH.....N.21

N.2.3. Soluzioni in fibra ottica.....N.21

N.2.3.1. Media converter.....N.21

N.2.3.2. Ridondanza.....N.22

N.2.3.3. Apparati WDM.....N.23

N.2.3.3.1. CWDM.....N.24

N.2.3.3.2. DWDM.....N.25

N.2.3.3.3. Un esempio reale.....N.27

N.3. Tecnologie per le reti a Banda Larga e Ultra-Larga - FTTH.....N.28

N.3.1. Cosa si intende per Banda Larga.....N.28

N.3.2. Perché il rame nella Banda U.L.?.....N.29

N.3.2.1. Una scelta strategica.....N.29

N.3.2.2. Rete FTTH e segnale CATV.....N.30

N.3.2.3. La strada verso l'FTTH.....N.30

N.3.2.4. Difficoltà di utilizzo corretto del rame.....N.31

N.3.3. FTTE Fiber-to-the-Exchange /
Fibra fino alla CentraleN.32

N.3.3.1. ADSL2/2+.....N.32

N.3.3.2. VDSL.....N.33

N.3.4. Rete rigida e rete elastica.....N.33

N.3.4.1. Un caso emblematico:
la Città di Gallarate (VA).....N.34

N.3.5. FTTCab – FTTS – FTTC.....N.35

N.3.5.1. Rapporti commerciali tra operatori.....N.37

N.3.5.1.1. Sale OLO.....N.38

N.3.5.2. ONU (Optical Network Unit).....N.39

N.3.5.3. Prestazioni.....N.40

N.3.6. FTTH – FTTB.....N.42

N.3.7. FTTH.....N.44

N.3.8. FTTA.....N.45

N.3.8.1. C-RAN.....N.47

N.3.8.2. Limiti.....N.48

N.4. A che punto siamo. Analisi e statisticheN.48

N.5. Enti internazionali, standard, raccomandazioni, normative presenti nel vasto scenario delle telecomunicazioni.....N.53

1. Le fibre ottiche

1.1. La trasmissione ottica su fibra.....1.2

1.1.1. Un po' di storia.....1.2

1.1.1.2. Applicazioni pratiche1.3

1.1.2. Un po' di teoria1.4

1.1.2.1. Definizione di onda.....1.4

1.1.2.2. La natura della luce.....1.4

1.1.2.3. Lo spettro elettromagnetico1.5

1.1.3. Le frequenze elettroottiche.....1.6

1.2. Fenomeni ottici1.7

1.2.1. La riflessione.....1.7

1.2.2. La rifrazione1.8

1.2.3. Riflessione Totale Interna1.9

1.3. Struttura delle fibre ottiche1.10

1.3.1. Fibra Step index multimodale.....1.10

1.3.1.1. Dispersione Modale1.11

1.3.2. Fibra Step Index monomodale.....1.11

1.3.3. Fibra Graded Index.....1.12

1.4. Caratteristiche di una fibra.....1.13

1.4.1. Attenuazione.....1.13

1.4.1.1. Assorbimento1.13

1.4.1.2. Diffusione (Scattering)1.14

1.4.2. Le "finestre" di trasmissione.....1.14

1.5. Sorgenti di luce1.15

1.5.1. Caratteristiche di un impulso luminoso.....1.15

1.5.1.1. Lunghezza d'onda centrale1.15

1.5.1.2. Larghezza spettrale1.16

1.5.1.3. Potenza di emissione media1.16

1.5.1.4. Frequenza di modulazione1.16

1.5.2. LED – Diodi ad Emissione Luminosa.....1.16

1.5.3. VCSEL - Vertical Cavity Surface Emetting Laser.....1.17

1.5.4. LD – Diodi Laser.....1.17

1.6. Prestazioni.....1.18

1.6.1. Definizione di banda1.18

1.6.2. La Dispersione Cromatica.....1.18

1.6.2.1. Diametro del Campo Modale
e "area effettiva".....1.20

1.7. Specifiche delle fibre ottiche utilizzate per le reti a banda ultra larga.....1.20

1.7.1. ITU-T G.652.....1.21

1.7.2. ITU-T G.6531.21

1.7.3. ITU-T G.655 e G.656.....1.22

1.7.4. Le fibre per le curve "strette"
ITU-T G.657.....1.23

1.7.5. ITU-T G.654.....1.25

1.7.5.1. Quale modulazione?.....1.25

1.7.5.2. Altre caratteristiche1.27

1.8. Sistemi di trasmissione a suddivisione di lunghezza d'onda WDM (Wavelength Division Multiplexing).....1.27

1.8.1. CWDM:
Coarse Wavelength Division Multiplexer
ITU-T G.694.2.....1.28

1.8.2. DWDM:
Dense Wavelength Division Multiplexer
ITU-T G.694.1.....1.28

1.8.3. Confronto tra i due sistemi.....1.28

1.8.3.1. Raccomandazione ITU-T G.6711.30

2. I cavi ottici

2.1. Introduzione..... 2.2

2.1.1. Rivestimento secondario..... 2.2

2.1.1.1. Protezione aderente (tight)..... 2.3

2.1.1.2. Protezione secondaria lasca (loose)..... 2.4

2.1.1.3. Confronto tra i tipi di rivestimento secondario..... 2.5

2.1.1.4. Il Ribbon - Una struttura "arcaica" ma "del futuro"..... 2.6

2.1.2. Elemento di tiro..... 2.7

2.1.3. Guaine..... 2.8

2.1.4. Armature e/o protezioni..... 2.9

2.1.4.1. "Protezioni" Metalliche..... 2.9

2.1.4.2. "Protezioni" Dielettriche..... 2.10

2.1.5. Alcuni esempi di cavi e loro applicazioni..... 2.11

2.2. Evoluzione dei cavi nel tempo..... 2.17

2.2.1. Evoluzione dei cavi per esterno..... 2.17

2.2.2. Evoluzione dei cavi per interno..... 2.20

2.3. Specifiche dei cavi ottici di ultima generazione per la posa stradale in reti a banda ultra larga..... 2.21

2.4. Specifiche dei cavi ottici per la posa nei POP ed all'interno di edifici..... 2.21

2.5. Standard e riferimenti legislativi..... 2.22

2.5.1. I "non standard": marcatura e colorazione..... 2.22

2.5.2. La direttiva CPR..... 2.26

2.6. Conclusioni..... 2.28

3. Infrastrutture di posa

3.1. Cenni storici..... 3.2

3.2. Dallo scavo alla posa aerea, breve panoramica delle infrastrutture di posa..... 3.3

3.2.1. Posa sotterranea..... 3.4

3.2.1.1. Posa con scavo a cielo aperto..... 3.4

3.2.1.2. Posa in cunicoli tecnici..... 3.6

3.2.1.3. Posa in tubazioni gas e acqua..... 3.7

3.2.1.4. Posa in mini e micro-trincea..... 3.8

3.2.1.5. Infrastruttura di posa tramite perforazione orizzontale teleguidata (No-Dig)..... 3.9

3.2.1.6. Infrastruttura interrata con tecnica relining..... 3.11

3.2.2. Posa Aerea, il ritorno al futuro di una tecnica antica..... 3.12

3.3. Cenni sugli aspetti costruttivi delle infrastrutture di posa..... 3.16

3.3.1. Tubazioni interrate con scavo a cielo aperto..... 3.16

3.3.1.1. Le ultime evoluzioni delle infrastrutture di posa interrate..... 3.19

3.3.2. Posa dei cavi ottici in tubazione con metodo tradizionale..... 3.23

3.3.2.1. Norme di sicurezza..... 3.26

3.3.3. Indagini del sottosuolo..... 3.28

3.3.4. Tubazioni posate in mini o micro-trincea..... 3.32

3.3.5. Il sotto-equipaggiamento delle tubazioni..... 3.35

3.3.5.1. Il sotto-equipaggiamento con calza multi-cella..... 3.37

3.3.5.2. Il sotto-equipaggiamento con tubi di diametro ridotto..... 3.38

3.3.5.3. Realizzazione del sotto-equipaggiamento delle tubazioni..... 3.40

3.3.6. Posa assistita ad aria..... 3.42

3.3.6.1. Le macchine spingicavo..... 3.42

3.3.6.2. Attività preliminari..... 3.44

3.3.6.2.1. Mandrinatura..... 3.44

3.3.6.2.2. Pulizia e asciugatura..... 3.44

3.3.6.2.3. Lubrificazione..... 3.45

3.3.6.2.4. Preparazione del cavo..... 3.46

3.3.6.3. Spinta del cavo..... 3.47

3.3.6.4. Certificazione dell'attività di posa..... 3.49

3.3.7. Modalità di posa aerea..... 3.51

3.3.7.1. Materiali idonei..... 3.51

3.3.7.2. Posa aerea in facciata..... 3.52

3.3.7.3. Posa aerea su palifica..... 3.54

3.3.7.4. Condivisione reti elettriche BT, MT..... 3.57

3.3.7.5. Altre tecniche..... 3.61

Appendice: Riferimenti normativi, legislativi e linee guida..... 3.63

4. I connettori ottici

4.1. Introduzione..... 4.2

4.2. Struttura..... 4.2

4.2.1. Sistema di allineamento..... 4.3

4.2.1.1. Finitura della ferula. PC/UPC..... 4.5

4.2.1.2. Il fenomeno della riflessione. Finitura APC..... 4.6

4.2.1.3. Finitura "Flat"..... 4.7

4.2.1.4. La ferula MT..... 4.8

4.2.2. Sistema di ancoraggio/aggraffatura del connettore al cavo..... 4.9

4.2.3. Sistema di manovra del connettore (chiusura/apertura)..... 4.9

4.2.4. Bussole..... 4.9

4.2.5. Accessori per la pulizia..... 4.10

4.3. Evoluzione dei connettori ottici..... 4.10

4.3.1. Versioni "storiche"..... 4.11

4.3.2. Gli anni '90..... 4.12

4.3.3. Gli anni 2000..... 4.19

4.3.4. Confronto SC/LC..... 4.22

4.4. Il connettore "prelappato"..... 4.24

4.5. Il futuro dei connettori ottici..... 4.26

4.5.1. I connettori VSFF..... 4.26

4.5.2. Il connettore SWK..... 4.28

5. FTTH: una sigla che copre diverse tecnologie

5.1. Introduzione..... 5.2

5.2. Definizione di una rete FTTH..... 5.2

5.2.1. Protocolli..... 5.2

5.2.2. Triple Play..... 5.3

5.2.3. Standard e Raccomandazioni ITU-T..... 5.4

5.2.4. Schemi applicativi..... 5.8

5.3. Evoluzione delle tecnologie..... 5.12

5.3.1. Precauzioni da prendere..... 5.13

5.3.2. XGPON..... 5.14

5.3.3. CWDM..... 5.14

5.4. Caratteristiche di una rete punto-multipunto..... 5.16

5.4.1. L'attenuazione..... 5.17

5.4.2. Le lunghezze e il ranging..... 5.18

5.4.3. L'equalizzazione..... 5.20

5.4.4. BER - Bit Error Rate..... 5.21

Appendice: L'organismo ITU-T..... 5.22

**6. La struttura fisica della rete
Punti di terminazione e distribuzione**

6.1. Aspetti generali 6.2
 6.1.1. **Struttura** 6.2
 6.1.2. **Infrastrutture e territorio** 6.3
 6.1.3. **Gli operatori** 6.4
 6.1.4. **Banda e prestazioni** 6.4
 6.1.5. **Obiettivi ambiziosi** 6.7

6.2. Descrizione tecnica delle reti 6.7
 6.2.1. **Schema generale** 6.7

6.3. I componenti della rete 6.9
 6.3.1. **POP (la Centrale)** 6.10
 6.3.1.1. **ODF – Optical Distribution Frame** 6.13
 6.3.1.2. **Stazione di energia** 6.17
 6.3.2. **Dal POP verso le utenze** 6.25
 6.3.3. **Armadi ripartilinea** 6.27
 6.3.3.1. **Alimentazione da remoto** 6.28
 6.3.3.2. **Soluzione interrata** 6.30
 6.3.3.2.1. **Raffreddamento** 6.31
 6.3.3.3. **Mini e Micro tubi** 6.32
 6.3.3.3.1. **Gas blocking** 6.33
 6.3.3.4. **Intestazione delle fibre** 6.34
 6.3.3.4.1. **Giunzione a fusione** 6.35
 6.3.3.4.2. **Collegamento tramite connettori** 6.35
 6.3.3.5. **Struttura e organizzazione dell'armadio** 6.36
 6.3.3.5.1. **Soluzione Fiberop** 6.37
 6.3.3.5.2. **Soluzione Open Fiber** 6.41
 6.3.4. **Punti di attestazione vicino agli edifici** 6.45
 6.3.4.1. **Architettura della rete** 6.48
 6.3.4.2. **I componenti: ROE/PTE/BEP** 6.49
 6.3.4.3. **ROE da pozzetto - PTA** 6.53
 6.3.4.4. **Considerazioni estetiche** 6.54

6.4. FWA – Fixed Wireless Access 6.55
 6.4.1. **Obiettivi** 6.56
 6.4.2. **5G – FWA** 6.58
 6.4.2.1. **Vantaggi** 6.59
 6.4.2.2. **Bande di frequenza** 6.59
 6.4.2.3. **Antenne e qualità del segnale** 6.60
 6.4.3. **Investimenti limitati** 6.62

Appendice: I numeri della rete TIM 6.63

**7. La giunzione delle fibre ottiche
(tecniche, metodi, materiali)**

7.1. Introduzione 7.2

7.2. Un po' di storia 7.2

7.3. La giunzione a fusione 7.5
 7.3.1. **La giuntatrice** 7.6
 7.3.1.1. **Il taglio della fibra e le taglierine** 7.7
 7.3.1.2. **La fusione** 7.9
 7.3.1.3. **I tubetti di protezione dei giunti** 7.11
 7.3.2. **Raccomandazioni internazionali sulla giunzione** 7.12
 7.3.2.1. **Allineamento del core** 7.12
 7.3.2.2. **Campo modale di una fibra ottica** 7.14
 7.3.3. **Pulizia delle fibre e manutenzione delle giuntatrici** 7.16
 7.3.4. **Il cavo** 7.18
 7.3.4.1. **Il cavo in fibra ottica e l'ambiente** 7.18
 7.3.4.2. **Concetti generali, roditori e non solo** 7.20
 7.3.4.3. **La preparazione del cavo** 7.23

7.3.5. Le muffole 7.26
 7.3.5.1. **Installazione delle muffole** 7.28
 7.3.5.2. **Tipologie di muffole** 7.30
 7.3.5.3. **La sigillatura delle muffole** 7.30
 7.3.5.3.1. **Procedure per la sigillatura a caldo** 7.34
 7.3.5.3.2. **Procedure per la sigillatura a freddo** 7.38
 7.3.5.3.3. **Errori da evitare** 7.38
 7.3.5.4. **L'interno della muffola** 7.40
 7.3.5.4.1. **Gestione dei cavi** 7.40
 7.3.5.4.2. **Cartelle portagiunti** 7.41

8. Collaudi e misure

8.1. Introduzione 8.2

8.2. Le misure da eseguire 8.2
 8.2.1. **Il punto critico: le connessioni** 8.2
 8.2.1.1. **La qualità innanzitutto** 8.3
 8.2.1.2. **Problemi meccanici** 8.4
 8.2.1.3. **Sistemi di protezione** 8.5
 8.2.1.4. **Ispezione e pulizia dei connettori** 8.7
 8.2.1.4.1. **Valutazione oggettiva della superficie terminale di un connettore** 8.9
 8.2.1.4.2. **Pulizia** 8.10
 8.2.1.4.3. **Un esempio da non seguire** 8.14
 8.2.2. **VFL – Visual Fault Locator** 8.15
 8.2.3. **Misure di attenuazione** 8.17
 8.2.3.1. **LSPM – Light Source & Power Meter** 8.17
 8.2.3.2. **Misura dell'attenuazione come differenza di potenze** 8.18
 8.2.3.3. **Modalità di misura** 8.20
 8.2.4. **Gli Splitter** 8.21
 8.2.4.1. **Come sono fatti e come funzionano** 8.22
 8.2.4.2. **Dove si installano gli Splitter** 8.23
 8.2.4.3. **Caratteristiche e qualità** 8.24
 8.2.5. **Misure con OTDR** 8.26
 8.2.5.1. **Come funziona un OTDR** 8.26
 8.2.5.2. **Analisi della traccia** 8.29
 8.2.5.3. **Uso dell'OTDR su reti xPON** 8.34
 8.2.5.3.1. **Eseguire le misure su reti FTTH** 8.36
 8.2.5.3.2. **Analisi della traccia OTDR in presenza di Splitter** 8.37
 8.2.5.3.3. **Sistemi di monitoraggio** 8.42

9. La fibra arriva dentro gli edifici

9.1. Alle porte dell'edificio 9.2
 9.1.1. **Servizi offerti e tecnologia** 9.2
 9.1.2. **Qualità dell'installazione** 9.3
 9.1.3. **Disposizioni legislative** 9.3
 9.1.4. **Altre problematiche** 9.4

9.2. Il cablaggio dell'edificio 9.5
 9.2.1. **Struttura generale** 9.5
 9.2.2. **La rete verticale** 9.8
 9.2.3. **Chi fa che cosa** 9.8
 9.2.4. **Linee guida CEI 306-2** 9.9

9.3. Realizzazione della rete verticale 9.11
 9.3.1. **I componenti** 9.12
 9.3.1.1. **ROE/Box di attestazione condominiale** 9.13
 9.3.1.2. **Il cavo multifibra** 9.13
 9.3.1.3. **Accessori vari – I diramatori** 9.16
 9.3.1.4. **La presa terminale** 9.16
 9.3.1.4.1. **Installazione dei connettori** 9.17
 9.3.1.4.2. **Collegamento della ONT** 9.19

9.4. Valutazione delle prestazioni 9.21