

شبکہ‌های انتقال نوری پر ظرفیت

تالیف:

حمیدرضا اخوان، الهام ضیائی‌پور، محمدرضا محمدی‌کاشانی،
مرتضی حدادزاده، محمد صدقی، سیدصدرا کاشف، داود رنجبر،
لیلا چهره‌قانی، مهدی هاشمی، سیدمحمدرضا سادات حسینی، سیدرضا احسانی

ویراست:

نیلووفر پاکزاد افشار

آراد کتاب

عنوان و پدیدآور	شبکه‌های انتقال نوری پر ظرفیت / تالیف حمیدرضا اخوان و ... (و دیگران) ویراستار
مشخصات نشر	نیلوفر پاکزاد افشار
مشخصات ظاهری	تهران، آراد کتاب، ۱۳۹۶
شابک	۶۲ ص، مصور.
یادداشت	۳-۳۲۳-۱۸۶-۶۰۰-۹۷۸
	تالیف حمیدرضا اخوان، الهام ضیائی پور، مرتضی حدادزاده، محمد صدقی،
	محمد رضا محمدی کاشانی، سیدصدرا کاشف، داود رنجبر، لیلا چهره‌قانی،
	مهدی هاشمی، محمد رضا سادات حسینی، سیدرضا احسانی
موضوع	ارتباطات نوری
موضوع	نور شناسی الیاف
شناسه افزوده	اخوان، حمیدرضا
شناسه افزوده	پاکزاد افشار، نیلوفر، ویراستار
رده بندی کنگر	۱۳۹۶ ش ۵۹ / ۵۱۰۳ TA
رده بندی دیویی	۶۲۱ / ۳۸ ۷۵۰
شماره کتابخانه ملی	۴۰۳۵۹۰۰۰

شبکه‌های انتقال نوری پر ظرفیت

تالیف: گروهی از پژوهشگران پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات	ناشر: آراد کتاب
نوبت چاپ: اول	سال چاپ: ۱۳۹۶
تیراژ: ۵۰۰ جلد	چاپ و صحافی: مهرگان
قیمت: ۴۲۵۰۰۰ ریال	شابک: ۳-۳۲۳-۱۸۶-۶۰۰-۹۷۸

حق چاپ برای پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران) با عنایت به قانون حمایت مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ است و متخلفین تحت پیگرد قانون قرار می‌گیرند.

با همکاری و حمایت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

مرکز پخش و فروش:

انتشارات آراد کتاب تلفن: ۶۶۹۷۵۲۸۵ - ۶۶۴۸۲۲۲۶ - ۰۹۱۲۳۰۶۲۴۵۸

فروشگاه اینترنتی: www.aradbook.com

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار.....	۱۶
فصل ۱: مفاهیم پایه در شبکه انتقال نوری برطرفیت.....	۲۰
۱-۱ اثرات خطی فیبرنوری.....	۲۰
۱-۱-۱ منابع نوفه.....	۲۱
MPN1-1-1-1.....	۲۳
۲-۱-۱-۱ نوفه مودی.....	۲۳
۳-۱-۱-۱ نوفه ناش از فاز و شدت لیزر.....	۲۳
۴-۱-۱-۱ نوفه ناش از بازتاب.....	۲۳
۵-۱-۱-۱ نوفه صبر توانومی.....	۲۴
۶-۱-۱-۱ نوفه ضربه بهمنی.....	۲۴
۷-۱-۱-۱ نوفه جریان تار.....	۲۴
۸-۱-۱-۱ نوفه حرارتی.....	۲۵
۹-۱-۱-۱ نوفه گسیل خود به شش (SF).....	۲۵
۱۰-۱-۱-۱ نوفه گسیل خود به خود نویز (ASE).....	۲۵
۱۱-۱-۱-۱ نوفه هم‌نشوایی.....	۲۶
۲-۱-۱ تضعیف فیبر.....	۲۹
۳-۱-۱ پاشندگی رنگی.....	۳۰
۴-۱-۱ پاشندگی مود قطبش.....	۳۴
۲-۱ اثرات غیر خطی نور فیبر نوری.....	۳۷
۱-۲-۱ منشأ اثر غیر خطی.....	۳۸
۲-۲-۱ طول مؤثر.....	۳۹
۳-۲-۱ سطح مقطع مؤثر.....	۴۰
۴-۲-۱ مدولاسیون خود فازی.....	۴۱
۵-۲-۱ سطوح آستانه و مدیریت SPM.....	۴۲
۶-۲-۱ اثر XPM.....	۴۳
۷-۲-۱ سطوح آستانه و مدیریت XPM.....	۴۴
۸-۲-۱ اثر FWM.....	۴۴
۹-۲-۱ سطح آستانه و مدیریت FWM.....	۴۵
۱۰-۲-۱ پدیده SRS.....	۴۷
۱۱-۲-۱ پدیده SBS.....	۴۹
۱۲-۲-۱ سیستم‌های ۱۰۰GB/S و ۱۰GB/S.....	۵۱
۳-۱ ارتباطات نوری همدوس.....	۵۴
۱-۳-۱ تاریخچه سیستم‌های ارتباط نوری همدوس.....	۵۵
۲-۳-۱ مفاهیم اساسی.....	۵۶
۴-۱ مبانی مدولاسیون‌های مختلف.....	۵۷
۱-۴-۱ مدولاسیون ASK.....	۵۸
۲-۴-۱ مدولاسیون PSK.....	۵۹

۵۹	۳-۴-۱ مدولاسیون FSK
۶۰	۴-۴-۱ مدولاسیون دامنه/ فاز
۶۱	۵-۴-۱ مدولاسیون مالتی پلکس قطبش
۶۳	۵-۱ آشکارساز همدوس
۶۵	۱-۵-۱ مبانی آشکارسازی نوری همدوس
۶۷	۲-۵-۱ گیرنده‌های هتروداین
۶۸	۳-۵-۱ گیرنده‌های هموداین
۷۱	۴-۵-۱ پردازش سیگنال‌های دیجیتال در گیرنده‌های همدوس
۷۱	۵-۵-۱ نرخ خطای بیت (BER)
۷۳	۶-۱ مدولاتورهای نوری
۷۲	۱-۶-۱ انواع مدولاتورهای نوری خارجی
۷۳	۱-۶-۱-۱ امپلور استروپتیکی
۷۵	۱-۶-۱-۱ مدولاتورهای IQ برای سیستم‌های نوری همدوس ۱۰۰GB/S و بالاتر
۷۵	۷-۱ مدولاتورهای مرتبه بالا
۷۶	۱-۷-۱ مدولاسیون‌های مختلف در سیستم‌های ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه
۷۶	۱-۷-۱-۱ مدولاسیون دامنه/ فاز/ پلکس در نرخ ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه
۷۷	۱-۷-۱-۲ سیستم‌های ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه با استفاده از مدولاسیون چند سطحه
۷۷	۱-۷-۱-۳ مدولاسیون $DQPSK$ (RZ) و آشکارسازی مستقیم
۷۸	۱-۷-۱-۴ مدولاسیون $DQPSK-3ASK$ (RZ) و آشکارسازی مستقیم
۷۹	۱-۷-۱-۵ $PM-DQPSK$ با دی‌مالتی پلکس قطبش و آشکارسازی مستقیم
۷۹	۱-۷-۱-۶ $OP-FDM-RZ-DQPSK$ و آشکارسازی مستقیم
۸۰	۱-۷-۱-۷ $PM-QPSKV$ و آشکارسازی همدوس
۸۰	۱-۷-۱-۸ $PM-OFDM-QPSK$ و آشکارسازی هم‌مرس
۸۱	۲-۷-۱ مدولاسیون‌های مختلف در سیستم‌های بالای ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه
۸۱	۲-۷-۱-۱ مدولاسیون‌های تک حامله
۸۲	۲-۷-۱-۲ تحقق M-QAM
۸۳	۳-۷-۱ مدولاسیون‌های چند حامله - مختاره OFDM نوری
۸۵	مرجع‌های فصل ۱
۸۶	فصل ۲: ادوات فعال و غیر فعال شبکه نوری پرتزرفیت
۸۷	۱-۲ ادوات فعال
۸۷	۱-۲-۱ تقویت کننده‌های نوری در سامانه‌های پرتزرفیت
۸۸	۱-۲-۱-۱ دسته بندی تقویت کننده‌های فیبرنوری از نظر کاربرد در شبکه
۸۸	۱-۲-۱-۲ تقویت کننده نوری اریومی (EDFA)
۹۲	۱-۲-۳ تقویت کننده نوری رامان
۹۳	۱-۲-۴ هیبرید تقویت کننده فیبری رامان و اریوم
۹۳	۱-۲-۵ ارتقای تقویت کننده رامان به ابر رامان
۹۵	۱-۲-۶ تقویت کننده‌های ROPA
۹۸	۱-۲-۷ هیبرید تقویت کننده ROPA با تقویت کننده‌های دیگر
۱۰۰	۲-۱-۲ لیزرهای قابل تنظیم
۱۰۰	۲-۱-۲ سازوکار اولیه لیزرهای قابل تنظیم

۱۰۱	۲-۱-۲ کاربرد لیزرهای قابل تنظیم.....
۱۰۳	۳-۲-۱-۲ انواع لیزرهای قابل تنظیم.....
۱۰۶	۳-۱-۲ ترانسیور.....
۱۰۷	۱-۳-۱-۲ ماژول ترانسیور نوری.....
۱۰۷	۲-۳-۱-۲ سیر تکامل ترانسیور فیبر نوری (از منظر MSA).....
۱۰۸	۳-۳-۱-۲ اصول کار ماژول ترانسیور نوری.....
۱۱۰	۴-۳-۱-۲ دسته بندی ماژول های ترانسیور نوری.....
۱۱۱	۵-۳-۱-۲ بسته بندی.....
۱۱۱	۴-۱-۲ مالتی پلکسر و دی مالتی پلکسر.....
۱۱۲	۴-۱-۲-۱ انواع فناوری های مالتی پلکس و دی مالتی پلکس نوری.....
۱۱۴	۲-۴-۱-۲ مالتی پلکس فرود/فرود نوری.....
۱۱۵	۳-۴-۱-۲ انواع کاردهای OADM.....
۱۱۵	۴-۴-۱-۲ انواع تحکیم های مالتی پلکس نوری.....
۱۱۷	۵-۱-۲ ترانسیپوندر.....
۱۱۹	۱-۵-۱-۲ عملکرد ترانسیپوندر.....
۱۲۰	۲-۵-۱-۲ پیکربندی ترانسیپوندر.....
۱۲۱	۳-۵-۱-۲ انواع ترانسیپوندرها.....
۱۲۲	۴-۵-۱-۲ تفاوت بین ترانسیور و ترانسیپوندر.....
۱۲۲	۵-۵-۱-۲ کاربردهای ترانسیپوندر فیبر نوری.....
۱۲۴	۶-۵-۱-۲ کارت TXP_MR_10E متعلق به پلت فرم S15454.....
۱۲۵	۶-۱-۲ ماکسیپوندر نوری.....
۱۲۸	۱-۶-۱-۲ انواع ماکسیپوندر نوری.....
۱۲۹	۲-۶-۱-۲ مزیت های ماکسیپوندر نوری.....
۱۳۰	۳-۶-۱-۲ کارت MXP_2.5G_10E متعلق به پلت فرم S15454.....
۱۳۲	۲-۲ ادوات غیر فعال.....
۱۳۳	۱-۲-۲ فیبرهای نوری در سامانه های پر ظرفیت.....
۱۳۵	۱-۱-۲-۲ مشخصات فیبرهای نوری G.655/56.....
۱۳۵	۲-۱-۲-۲ مقایسه فیبرهای G.652 و G.655 از منظر فنی.....
۱۳۸	۳-۱-۲-۲ چالش های پیش رو برای ایجاد تغییر از سامانه ۱۰GB/S به ۱۰۰GB/S.....
۱۴۴	۴-۱-۲-۲ ملاحظات فیبر نوری در شبکه های انتقال نوری با نرخ ۱۰۰GB/S.....
۱۴۷	۵-۱-۲-۲ ملاحظات فیبر نوری در شبکه انتقال نوری با نرخ بیت ۴۰۰GB/S.....
۱۵۳	۶-۱-۲-۲ پیش بینی فیبرهای نسل آینده در شبکه انتقال با نرخ ۴۰۰GB/S و بالاتر.....
۱۵۴	۷-۱-۲-۲ ارتقاء شبکه انتقال از نرخ بیت ۱۰۰GB/S به ۴۰۰GB/S با در نظر گرفتن فیبر SSF.....
۱۵۵	۲-۲-۲ اتصال گرها.....
۱۵۵	۱-۲-۲-۲ ساختار اتصال گره نوری.....
۱۵۷	۲-۲-۲-۲ صیقل فرول اتصال گره.....
۱۵۸	۳-۲-۲-۲ انواع اتصال گره.....
۱۶۰	۳-۲-۲ مفصل ها.....
۱۶۱	۱-۳-۲-۲ مفصل های هوایی.....
۱۶۱	۲-۳-۲-۲ مفصل های خاکی - کانالی.....

۱۶۲	۳-۲-۳ مفصل‌های داکت
۱۶۴	مرجع‌های فصل ۲
۱۶۷	فصل ۳: سیستم‌های مخابرات نوری بر ظرفیت
۱۶۸	۱-۳ فناوری OTN
۱۶۸	۱-۱-۳ جایگاه OTN در شبکه انتقال و دلایل استفاده از آن
۱۶۸	۲-۱-۳ استانداردها و سامانه‌های OTN
۱۶۹	۳-۱-۳ ساختار، اجزا و لایه‌های فناوری OTN
۱۶۹	۱-۳-۱ حوزه‌ها و اجزای OTN
۱۷۰	۲-۳-۱ لایه‌های شبکه OTN
۱۷۳	۱-۳-۴ فریم OTN
۱۷۵	۱-۳-۴-۱ ساختار سیگنال پایه
۱۷۶	۱-۳-۴-۲ ساختار OTM
۱۷۸	۱-۳-۵ نباشت در OTN
۱۷۹	۱-۳-۵-۱ نباشت غیر م زمان
۱۸۰	۱-۳-۵-۲ نباشت م زمان
۱۸۰	۱-۳-۵-۳ نباشت م زمان CBK استفاده از روش نگاشت عمومی
۱۸۲	۱-۳-۶ مالتی پلکسینگ OTN
۱۸۳	۱-۳-۷ ماکسپوندرها
۱۸۵	۱-۳-۸ رویکردهای سویچینگ OTN
۱۸۷	۱-۳-۸-۱ سویچ فابریک
۱۸۷	۱-۳-۸-۲ معماری‌های سویچ OTN
۱۹۲	۱-۳-۸-۳ سویچینگ P-OTS
۱۹۳	۱-۳-۹ همزمانی، جیت و وندر در OTN
۱۹۳	۱-۳-۹-۱ الزامات مربوط به همزمانی در OTN
۱۹۴	۱-۳-۹-۲ الزامات جیت و وندر در OTN
۱۹۵	۱-۳-۱۰ حفاظت در OTN
۱۹۵	۱-۳-۱۰-۱ مشخصات حفاظت
۱۹۶	۱-۳-۱۰-۲ معماری‌های حفاظت
۱۹۸	۱-۳-۱۰-۳ پروتکل APS
۱۹۹	۱-۳-۱۰-۴ حفاظت ODUK SRP
۲۰۳	۱-۳-۱۱ اصلاح خطای پیشرو (FEC) در OTN
۲۰۳	۱-۳-۱۱-۱ نگاهی به روند تکامل FEC در شبکه‌های انتقال
۲۰۵	۱-۳-۱۱-۲ نسل‌های مختلف FEC
۲۱۲	۱-۳-۱۱-۳ FEC در آینده
۲۱۳	۱-۳-۱۲ مزایای عمده OTN
۲۱۵	۲-۳ فناوری ROADM
۲۱۵	۲-۳-۱ معرفی تجهیزات ROADM
۲۱۵	۲-۳-۲ ویژگی‌های سامانه ROADM
۲۱۶	۲-۳-۲-۱ بیرنگی
۲۱۷	۲-۳-۲-۲ همه سوئیگی

۲۱۷	۳-۲-۳ بی تصادمی
۲۱۷	۴-۲-۳ FLEXGRID بودن
۲۱۹	۳-۳ معرفی ساختار و اجزای تشکیل دهنده ROADM
۲۱۹	۱-۳-۳ نسل های مختلف ROADM
۲۲۱	۲-۳-۳ اجزای تشکیل دهنده داخلی ROADM
۲۲۶	۴-۳ معرفی انواع معماری های رایج برای پیاده سازی تجهیز ROADM
۲۲۷	۱-۴-۲-۳ ساختار پایه یا رنگی
۲۲۸	۲-۴-۲-۳ ساختار پایه یا رنگی با WSS در ورودی و خروجی هر درجه
۲۲۹	۳-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ
۲۳۰	۴-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ و همه سویه
۲۳۲	۵-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ همه سویه بی تصادم با استفاده از WSS چند به چند
۲۳۳	۶-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ همه سویه بی تصادم با استفاده از سویچ و پالایه
۲۳۵	۷-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ همه سویه بی تصادم با (DE)MUX و PXC
۲۳۶	۸-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ همه سویه بی تصادم با (DE)MUX و PXC در خروجی هر درجه
۲۳۷	۹-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ همه سویه بی تصادم با استفاده از PXC و کوپلر در خروجی هر درجه
۲۳۸	۱۰-۴-۲-۳ ساختار بیرنگ همه سویه بی تصادم با استفاده از WSS، کوپلر، و PXC
۲۴۰	۳-۳ فناوری اترنت و MPLS-TP
۲۴۰	۱-۳-۳ مروری بر فناوری اترنت
۲۴۰	۲-۳-۳ بررسی اترنت حامل در شبکه انتقال
۲۴۱	۳-۳-۳ استانداردهای اترنت حامل
۲۴۲	۱-۳-۳-۳ پروتکل 802.1AB، پروتکل کشف لایه لینک
۲۴۳	۲-۳-۳-۳ استاندارد OAM
۲۴۴	۳-۳-۳-۳ استاندارد 802.1AG، پروتکل مدیریت خرابی اتصال
۲۴۶	۴-۳-۳-۳ استاندارد Y.1731، پروتکل پایش خرابی و کارایی
۲۴۸	۵-۳-۳-۳ استاندارد IEEE 802.1Q، پروتکل شبکه های محلی مجاز
۲۴۹	۶-۳-۳-۳ استاندارد IEEE 802.1AD، پروتکل برجسب مضاعف
۲۵۱	۴-۳-۳ بررسی فناوری PBB-TE و PBB
۲۵۱	۱-۴-۳-۳ استاندارد IEEE 802.1AH، پروتکل PBB
۲۵۴	۲-۴-۳-۳ ویژگی های PBT
۲۵۴	۳-۴-۳-۳ قالب فریم PBT
۲۵۶	۴-۴-۳-۳ عناصر شبکه
۲۵۶	۵-۴-۳-۳ هدایت فریم
۲۵۷	۶-۴-۳-۳ برگشت پذیری شبکه
۲۵۷	۷-۴-۳-۳ صفحه کنترل
۲۵۷	۸-۴-۳-۳ مزایای PBT در ارائه سرویس های مختلف
۲۶۰	۴-۳ مروری بر فناوری MPLS-TP و نحوه عملکرد آن
۲۶۱	۱-۴-۳ تعریف MPLS-TP
۲۶۲	۲-۴-۳ کارکرد MPLS-TP
۲۶۳	۳-۴-۳ روند استاندارد سازی MPLS-TP
۲۶۵	۴-۴-۳ پلان داده MPLS-TP

۲۶۷	۳-۴-۵ کیفیت خدمات در MPLS-TP
۲۶۷	۳-۴-۶ ابزارهای OAM در MPLS-TP
۲۶۹	۳-۴-۷ لایه کنترلی MPLS-TP
۲۶۹	۳-۴-۸ حفاظت در MPLS-TP
۲۷۰	۳-۴-۹ سناریوهای میانکاری IP/MPLS و MPLS-TP
۲۷۲	۳-۴-۱۰ کاربردهای MPLS-TP
۲۷۴	مرجع‌های فصل ۳
۲۷۶	فصل ۴: طراحی شبکه مخابرات نوری بر ظرفیت
۲۷۶	۴-۱ مفاهیم پایه در طراحی شبکه
۲۸۰	۴-۲ مسئله طراحی شبکه
۲۸۱	۴-۳ توپولوژی شبکه
۲۸۲	۴-۴ مسیریابی
۲۸۳	۴-۴-۱ مسیریابی پویا و ایستار
۲۸۳	۴-۴-۲ مسیریابی کوتاه‌ترین مسافت
۲۸۴	۴-۴-۳ الگوریتم دijkstra
۲۸۶	۴-۴-۴ تعمیم الگوریتم Dijkstra به K مسیر با کوتاه‌ترین مسافت
۲۸۷	۴-۴-۵ مسیریابی کوتاه‌ترین مسافت با فیدهای اضافی
۲۸۸	۴-۴-۶ برآورد ظرفیت اضافی برای حفاظت
۲۹۰	۴-۴-۷ مسیریابی با استفاده برنام‌ریزی خطی
۲۹۰	۴-۴-۸ مسئله تخصیص طول موج به سورس استار
۲۹۲	۴-۴-۹ تخصیص طول موج به صورت پویا با الگوریتم‌های اکتشافی
۳۰۰	۴-۴-۱۰ روش‌های اکتشافی برای آرایش ترافیک
۳۰۲	۴-۴-۱۱ معیار ارزیابی شبکه
۳۰۶	مرجع‌های فصل ۴
۳۰۹	فصل ۵ کنترل و مدیریت شبکه‌های انتقال نوری بر ظرفیت
۳۰۹	۵-۱ بررسی فناوری GMPLS، ASON و WSON در صفحه کنترلی شبکه انتقال نوری
۳۱۱	۵-۱-۱ روند حرکت فناوریها در صفحه کنترل
۳۱۴	۵-۱-۲ مدل‌های صفحه کنترلی شبکه انتقال نسل آینده
۳۱۵	۵-۱-۳ استانداردهای صفحه کنترلی شبکه انتقال
۳۱۶	۵-۱-۴ نیازمندی‌های صفحه کنترلی
۳۱۷	۵-۱-۵ بررسی فناوری GMPLS
۳۱۷	۵-۱-۵-۱ روند حرکت از MPLS به GMPLS
۳۲۰	۵-۱-۵-۲ استانداردهای GMPLS
۳۲۱	۵-۱-۵-۳ معماری، ساختار و نحوه عملکرد فناوری GMPLS
۳۲۴	۵-۱-۵-۴ برچسب GMPLS
۳۲۶	۵-۱-۵-۵ بکارگیری LSP
۳۳۲	۵-۱-۵-۶ بررسی مسیریابی و سیگنالینگ در GMPLS
۳۳۲	۵-۱-۵-۷ بررسی مدیریت و کنترل لینک
۳۳۳	۵-۱-۵-۸ بررسی حفاظت و بازیابی در GMPLS
۳۳۶	۵-۱-۵-۹ مدیریت صفحه کنترلی GMPLS

۳۳۷	۱-۵-۱۰ مزایا و چالش های GMPLS
۳۳۹	۶-۱-۵ بررسی فناوری ASON
۳۴۰	۱-۶-۱-۵ استانداردهای ASON
۳۴۱	۲-۶-۱-۵ معماری، ساختار و نحوه عملکرد فناوری ASON
۳۴۲	۳-۶-۱-۵ نقاط مرجع در ASON
۳۴۴	۴-۶-۱-۵ انواع اتصال ها توسط ASON
۳۴۵	۵-۶-۱-۵ اجزاء واحد کنترل در ASON
۳۵۰	۶-۶-۱-۵ مسیریابی در ASON
۳۵۱	۷-۶-۱-۵ سیگنالینگ در ASON
۳۵۲	۸-۶-۱-۵ حفاظت بازایی در ASON
۳۵۲	۹-۶-۱-۵ مدیریت صفحه کنترل ASON
۳۵۴	۱۰-۶-۱-۵ مزایا و چالش های مهم فناوری ASON
۳۵۵	۷-۱-۵ بررسی فناوری WSON
۳۵۵	۱-۷-۱-۵ مفهوم و ساختار WSON
۳۵۸	۲-۷-۱-۵ سیگنال های نوری در WSON
۳۵۸	۳-۷-۱-۵ فناوری ROADMs، ROADM، WXC، WXC، ترکیب کننده و FOADM در WSON
۳۶۰	۴-۷-۱-۵ سیستم های الکتریکی - نوری
۳۶۱	۵-۷-۱-۵ مسیریابی و تخصیص طول موج در شبکه های WSON
۳۶۲	۶-۷-۱-۵ مدل سازی شبکه WSON با GMPLS و CT
۳۶۲	۷-۷-۱-۵ مفاهیم GMPLS و PCE
۳۶۴	۸-۷-۱-۵ ملاحظات امنیتی
۳۶۴	۹-۷-۱-۵ شبکه های WSON همراه با اختلالات
۳۶۶	۱۰-۷-۱-۵ محاسبه مسیر نوری آگاه به اختلال
۳۶۷	۱۱-۷-۱-۵ نیاز مندیها و محدودیتهای شبکه نوری
۳۶۷	۱۲-۷-۱-۵ سناریوهای محاسبه اختلال آگاه
۳۶۸	۲-۵ شبکه های مبتنی بر نرم افزار
۳۶۹	۱-۲-۵ تاریخچه شبکه های قابل برنامه ریزی
۳۷۱	۲-۲-۵ تعریف شبکه مبتنی بر نرم افزار
۳۷۴	۳-۲-۵ ارتباط SDN با مجازی سازی عملگرهای تحت شبکه (NFV)
۳۷۴	۴-۲-۵ معماری شبکه های مبتنی بر نرم افزار
۳۷۵	۵-۲-۵ لایه کنترل
۳۷۵	۶-۲-۵ تعریف کنترل کننده
۳۷۵	۷-۲-۵ پروتکل OPENFLOW
۳۷۷	۸-۲-۵ چالش های لایه کنترل
۳۷۹	۹-۲-۵ مزایای SDN
۳۸۰	۱۰-۲-۵ شبکه های انتقال
۳۸۲	۱۱-۲-۵ فناوری کنترل کننده های SDN در شبکه های انتقال
۳۸۳	۱۲-۲-۵ اهمیت و مزایای استفاده از SDN در شبکه های انتقال
۳۸۷	۱۳-۲-۵ مزایای اقتصادی استفاده از SDN در شبکه انتقال
۳۸۷	۱۴-۲-۵ استاندارد سازی SDN

۳۸۸	۱۵-۲-۵ عملیاتی شدن SDN
۳۸۹	۳-۵ مدیریت شبکه
۳۸۹	۳-۵-۱ معرفی مدیریت شبکه
۳۹۰	۳-۵-۲ سیستم مدیریت عنصر (EMS) و کارکردهای مدیریت شبکه (FCAPS)
۳۹۱	۳-۵-۱ مدیریت خطا
۳۹۱	۳-۵-۲ مدیریت پیکربندی
۳۹۱	۳-۵-۳ مدیریت همبندی شبکه
۳۹۱	۳-۵-۴ مدیریت اتصالات شبکه
۳۹۲	۳-۵-۵ مسیریابی
۳۹۲	۳-۵-۶ شبکه سیگنالینگ
۳۹۲	۳-۵-۷ مدیریت حسابرسی
۳۹۲	۳-۵-۸ مدیریت کارایی
۳۹۳	۳-۵-۲ مدیریت امنیت
۳۹۳	۳-۵-۱۰ معماری EMS
۳۹۵	۳-۵-۳ سیستم مدیریت شبکه (NMS)
۳۹۷	۳-۵-۱ مشخصات MS
۳۹۹	۳-۵-۴ سیستم‌های BSS/BSS
۴۰۰	۳-۵-۵ مدیریت شبکه انتقال داده استوار
۴۰۰	۳-۵-۱ مدیریت تجهیزات انتقال داده
۴۰۲	۳-۵-۲ ساختار مدل کارکردی مدیریت
۴۰۳	۳-۵-۳-۳ مدیریت DCN
۴۰۴	۳-۵-۴ معماری مدیریت تجهیزات شبکه امن
۴۰۸	۳-۵-۶ پروتکل‌های مدیریت شبکه
۴۰۸	۳-۵-۶-۱ پروتکل SNMP
۴۱۳	۳-۵-۶-۲ پروتکل CORBA
۴۱۴	۳-۵-۶-۳ پروتکل MTOSI
۴۱۶	مرجع‌های فصل ۵
۴۲۰	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
۴۳۴	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
۴۴۸	اختصارات

پیش گفتار

در جامعه اطلاعاتی برخورداری از ارتباطات پهن باند به عنوان یک الزام مطرح بوده و این الزام به عنوان اصلی برای دسترسی عادلانه و جهان شمول به اطلاعات و دانش است. برای نیل به رشد پایدار و دسترسی به فناوری اطلاعات، لازم است که شبکه‌های پهن باند به صورت مقرون به صرفه در اختیار تمام اقشار قرار گیرد و بنابراین شعار "پهن باند برای توسعه پایدار" به عنوان هدفی در سازمان‌های جهانی مطرح است.

در عصر اینترنت و ارتباطات پهن باند، شاهد حاکمیت روندها و مدل‌های جدیدی در این حوزه هستیم. لزوم برقراری ارتباط اشیا با شبکه در کنار ارتباط انسان‌ها با یکدیگر، تنوع سرعت‌های ارتباطی از چند بیت تا گیگابیت را می‌طلبد. رشد سریع تقاضا و نیاز به داشتن پهنای باند برای کاربران مسکونی، تجاری و سازمان، محدوده وسیع چند مگابیت تا چند هزار گیگابیت را پوشش می‌دهد. وجود تنوع خدمات و نیازهای کاربران شبکه، از جنبه‌های نوع خدمات و یا ظرفیت مورد نیاز، و برقراری ارتباطات در هر زمان و در هر مکان در شرایط مقرون به صرفه بودن آن برای تمام اقشار قرار می‌گیرد.

در چشم‌انداز ۲۰۲۰، شبکه‌ری برآورده ساختن الزامات بالا باید دارای چابکی در پاسخ به نیاز و ایجاد سریع سرویس باشد. قابلیت داده‌ازی عملکردها از سخت افزار را داشته باشد. در نهایت دارای مقیاس پذیری و تحرک پذیری باشد. شبکه در آینده ابر اطلاعاتی یکپارچه‌ای خواهد بود با شرکا و همراهان مختلف، که هر کدام سطح دسترسی متفاوتی به آن دارند. این شبکه شامل بخش‌های مختلف شبکه‌های زیرساختی انتقال، شبکه لبه شهر، و شبکه دسترسی می‌شود. می‌توان انواع مالکیت و مدل‌های کسب و کار را برای آن‌ها تعریف نمود. در این شبکه یک دانش ابری سطح بالا وجود دارد که کاربران انتهایی به روش‌های مختلفی با مقدار پهنای باند متنوع، معینی به سرویس‌های تعریف شده، ظرفیت ذخیره سازی و رایانش دسترسی خواهند داشت. برای چنین شبکه‌هایی جنبه‌های اقتصادی، بازگشت سرمایه و هزینه‌ها، بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش زمان تا کار به طور جدی مطرح می‌شود.

سرویس دهی سریع در شبکه‌ای که دارای وسعت و حجم بسیار بالایی از تجهیزات و اجزا است. هنگامی که بخواهد تنوع بسیار بالایی از خدمات و کاربردها را ارایه در تخصیص منابع شبکه و هماهنگی بین اجزا در محیطی کاملاً ناهمگون مطرح خواهد شد که لازم است یک هماهنگی مناسبی برای اتوماسیون و خودسازماندهی در شبکه ایجاد شود.

در این شبکه‌ها مباحث جدید افزایش ظرفیت، راندمان و کارایی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، مجازی‌سازی، نرم‌افزار محوری، هوشمندسازی مدیریت و کنترل مطرح می‌شود. بنابراین، باید سازوکاری با پهنای باند کافی برای کاربران مهیا شود که در آن با دانه‌بندی‌های ترافیکی مختلف، کیفیت سرویس‌های متفاوت ارائه شود.

با توجه به ارتباط تنگاتنگ شبکه پهن باند و توسعه پایدار مبتنی بر رشد اقتصادی در این عرصه دسترسی همگان به شبکه پهن باند با هدف آموختن علم، فناوری، تولید و ایجاد ارزش افزوده و نه با هدف ترویج مصرف محصولات فناوری باید مد نظر قرار گیرد. به همین دلیل این کتاب بر اساس تجربه چندین ساله گروه ارتباطات نوری پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران) در حوزه ارتباطات نوری و در راستای مأموریت‌های ساخت و بومی‌سازی و یا مشاوره به شرکت‌ها و سازمان‌های مخابراتی با هدف معرفی بخشی از فناوری‌های نوری و دانش آن به جامعه جهت مهیا

ساختن مقدمات لازم برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی، مهندسان و متخصصان این حوزه در بخش‌های طراحی، پیاده‌سازی و نگهداری شبکه‌های انتقال برای مهیا ساختن دانش بومی در ایران است. کتاب حاضر با عنوان "شبکه‌های انتقال نوری پرفریت" به منظور معرفی و بررسی شبکه‌ها و ارتباطات نوری پیشرفته تدوین شده است.

کتاب شامل پنج فصل است. در فصل اول به توصیف جامع مبانی و مفاهیم اساسی در سیستم‌های مخابرات فیبرنوری، برای فراهم نمودن پیش‌زمینه‌ی موردنیاز در طراحی و مهندسی این سیستم‌ها، پرداخته شده است. در این فصل اثرات مخرب موجود در فیبرنوری معرفی شده که به دو دسته‌ی اصلی اثرات خطی و اثرات غیرخطی تقسیم می‌شوند. اثرات خطی موجود در سیستم‌های فیبرنوری شامل تضعیف، پاشندگی رنگی، پاشندگی مد قطبش و نوفه می‌شوند. اثر کر، خود مدوله‌سازی فاز، مدوله‌سازی فاز متقابل و آمیختگی موج، جزء اثرات غیرخطی هستند که با جزئیات کافی بررسی شده‌اند. در ادامه نقش اثرات مخرب فیبر در کارایی سیستم‌های ۱۰ و ۱۰۰ گیگاهیت برپایه بحث می‌شود. مدولاتورهای نوری در دو نوع مدولاتورهای خارجی و داخلی تشریح خواهند شد که از مشهورترین آن‌ها می‌توان مدولاتورهای الکتروپاتیکی، جذب الکتریکی و شکست الکتریکی را نام برد. امروزه با بکارگیری مدولاتورهای نام برده می‌توان سیگنال را با بهره‌ی بالاتر و پهنای باندی را مطابق با جدیدترین مدولاسیون‌های معرفی شده در حوزه رادیویی نیز مدوله نمود. در نهایت نیز اصول مدولاسیون‌های مرتبه بالا ذکر شده و نحوه عملکرد آن‌ها در مخابرات نوری ۱۰۰ گیگاهیت برپایه بالاتر مدولاسیون‌های با چندین زیرحامل و مقایسه بین کارایی و مشخصات اصلی مدولاسیون‌های مختلف انجام شده و کاربرد مناسب آن‌ها برای شبکه‌های آینده نیز پیشنهاد شده است.

در فصل دوم با عنوان ادوات فعال و غیرفعال، سامانه انتقال نوری پرفریت عناصر و تجهیزات مورد استفاده در شبکه‌های انتقال نوری پرفریت معرفی شده است. این بررسی در یک تقسیم‌بندی ادوات فعال و غیرفعال به موضوع پرداخته است. ابتدا تقویت‌کننده‌ی نوری، نقش آن در شبکه، انواع، کاربردها و نقاط قوت هریک و چگونگی به کارگیری ترکیبی از آن‌ها در شبکه تشریح شده است. سپس کاربردها و انواع لیزر قابل تنظیم، با محدوده وسیعی از طول‌موج‌ها، بررسی شده که راه‌حلی عملی، مقرون به‌صرفه و قابل رقابت با انواع دیگر لیزرها در شبکه‌ها و سیستم‌های WDM^۱ است. مثال ترانسپور (فرستنده-گیرنده نوری) بین سوئیچ‌ها با فراهم نمودن لینک‌های با پهنای باند بالا و مسافت‌های بلند در نرخ‌های چندین گیگاهیت برپایه معرفی شده است. مالتی پلکسر و دی‌مالتی پلکسر و ادوات ورود نوری و انواع آن‌ها، ترانسپوندر به‌عنوان مبدل طول‌موج، عملکرد و نقش آن در شبکه، ماکس پلکسر و اهمیت آن در افزایش بهره‌وری و به‌کارگیری منابع شبکه تشریح شده است. در بخش دیگری از این فصل ادوات غیرفعال شامل فیبرنوری و انواع آن، مشخصات فیبرها، چالش‌های پیش رو در شبکه‌های با ظرفیت‌های بالای ۱۰ و ۱۰۰ گیگاهیت و پیش‌بینی‌هایی برای فیبرهای مناسب برای شبکه‌های آینده با ظرفیت‌های بالاتر از ۱۰۰ گیگاهیت، اتصالگر، مفصل، ساختار و انواع آنها آورده شده است.

فصل سوم فناوری‌های مختلف سیستم‌های انتقال را مورد بررسی قرار داده است. سرویس‌های چندرسانه‌ای IPTV^۲ و VoD^۳، رسانه‌ها یا شبکه‌های اجتماعی، داده‌ها و انتقال صوت از طریق VoIP^۱.

1 Wavelength Division Multiplexing: WDM
2 Internet Protocol Television: IPTV
3 Video on Demand: VoD

اینترنت اشیا¹ (IoT)، رایانش ابری، پایگاه‌های داده و ارتباطات صوت، داده‌ها و ویدئوی موبایل‌های هوشمند نسل ۳ و ۴ و ۵، همه کاربردهای جدیدی هستند که برقراری ارتباطات آن‌ها بر اساس بسته انجام می‌شوند. شبکه‌های جدید انتقال اکنون به فناوری انتقال جدیدی نیاز دارد تا بتواند الگوهای ترافیکی مدرن شبکه و سرویس‌های مختلف را منتقل کنند. امروزه روند فناوری به سمت یکپارچه سازی فناوری‌های مختلف و تلفیق سرویس‌های چندگانه (IP³ و TDM⁴) در یک سکوی واحد یکپارچه است. فناوری OTN⁵ می‌تواند افزایش کارایی شبکه‌ها، افزایش قابلیت مدیریت شبکه، کاهش زمان تأخیر و در عین حال صرفه جویی در هزینه‌ها را در بر داشته باشد و راه را برای شبکه ابری و SDN⁶ هموار کند.

اصلی‌ترین گزینه برای شبکه‌های انتقال، شبکه‌های نوری هستند و یکی از چالش‌های اصلی ارتباطات در حال حاضر مسئله تأخیر است. تأخیر کم در سیستم‌های DWDM⁷ با استفاده از ROADMs⁸ امکان پذیر شده است. مسیرهای نوری در گره‌های میانی در لایه نور سوئیچ شوند و نیازی به تبدیلات O/E⁹ یا E/O¹⁰ نباشد. این روش باعث می‌شود علاوه بر کاهش بسیار زیاد تأخیر، صرفه جویی قابل توجهی در قیمت هم حاصل شود.

فناوری اینترنت از سال ۱۹۷۳ به عنوان یک پروتکل ارتباطی مطرح بوده و ارزش خود را در شبکه‌های LAN¹¹ ثابت کرده است. امروزه شبکه‌های مبتنی بر اینترنت در محدوده بسیار وسیع از صنعت ارتباطات مورد توجه قرار گرفته است اما در پروتکل‌های اینترنت به دلیل عدم وجود عملکردهای OAM¹² نمی‌توان QoS¹³ را تضمین کرد. به منظور تبدیل اینترنت به یک فناوری مناسب برای استفاده در MAN¹⁴ و WAN¹⁵، پروتکل‌های اینترنت از جهات مختلف تکمیل یافته‌اند. استفاده از اینترنت به عنوان یک زیرساخت انتقال در MAN و WAN، اصطلاحاً «اینترنت حامل»¹⁶ گرفته شده است. اینترنت حامل، تنها زمانی مورد پذیرش جهانی قرار گرفت که عملکرد OAM به آن اضافه شد.

بررسی موضوعات مختلف مرتبط با طراحی شبکه‌های نوری در فصل چهارم انجام شده است. از آنجایی که طراحی شبکه‌های مخابرات نوری یکی از مراحل بسیار مهم برای رعایت تعادل در مصالحه بین هزینه و کیفیت شبکه است، داشتن دانش کافی در این زمینه کمک شایانی به دستیابی به شبکه‌ای کارآمد می‌کند. از سوی دیگر، به‌روزرسانی ساختار شبکه‌های نوری زیرساخت موجود نیز، نیازمند آگاهی از رویه‌های مطرح در طراحی شبکه است. محتوای این فصل طیف وسیعی از مباحث را از مهندسی مشغول به خدمت در صنعت مخابرات تا دانشجویان سال آخر دوره کارشناسی، پوشش می‌دهد. از این‌رو مباحث مطرح شده در این فصل اغلب شامل مفاهیم پایه‌ای و در مواردی موضوعات تخصصی‌تر می‌شود.

1 Voice over Internet Protocol: VoIP

2 Internet of Things: IoT

3 Internet Protocol: IP

4 Time Division Multiplexing: TDM

5 Optical Transport Network: OTN

6 Software-Defined Networking: SDN

7 Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM

8 Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer: ROADMs

9 Optical/Electrical

10 Electrical/Optical

11 Local Area Network: LAN

12 Analogue Output Module: AOM

13 Quality of Service: QoS

14 Metropolitan Area Network: MAN

15 Wide Area Network: WAN

در فصل پنجم به مباحث مربوط به بخش کنترل و مدیریت شبکه انتقال نوری پرداخته شده است. روند حرکت جهانی در گذر از شبکه‌های انتقال سنتی به شبکه‌های انتقال هوشمند مبتنی بر کنترل خودکار و مدیریت یکپارچه، ناشی از تغییراتی است که در سال‌های اخیر در مدل سرویس‌دهی شرکت‌های مخابراتی بزرگ روی داده است. شبکه‌های زیرساخت نوری سنتی با نیازهای امروزه ناشی از رشد روز افزون ترافیک داده سازگاری ندارند و به دلیل عدم انعطاف‌پذیری و تخصیص دستی منابع، در این شبکه‌ها منابع نوری به صورت غیر بهینه اختصاص می‌یابد. همچنین قابلیت تغییر آرایش و ایجاد سرویس جدید دشوار و هزینه‌بر است. یکی دیگر از دستاوردهای مهم صفحه کنترلی مستقل و مدیریت یکپارچه امکان حمل ترافیک در محیطی شامل چندین حامل و دارای تجهیزات چندسازنده است. علاوه بر این مشکل مسیریابی دستی و به‌روزرسانی غیر خودکار اطلاعات توپولوژی شبکه مرتفع می‌شود، قابلیت اطمینان شبکه‌های انتقال نوری افزایش می‌یابد که برای شبکه‌های با نرخ انتقال بالا بسیار حائز اهمیت است. در بخش کنترل در گام نخست روند حرکت فناوری‌ها و مدل‌های صفحه کنترل و سازمان‌های استانداردگذار مورد بررسی قرار گرفته است. سپس هر یک از فناوری‌های ¹ASON، ²GMPLS و ³WSN از منظر استانداردها، پروتکل‌ها، ساختار، نحوه عملکرد، مزایا، چالش‌ها و توابع مهم صفحه کنترلی نظیر مسیریابی، سیگنالینگ، حفاظت، بازیابی و تعامل با قسمت‌های دیگر شبکه بصورت مجزا بررسی شده‌اند. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر مفهوم دیگری با نام SDN در بخش کنترل مطرح شده است که توسط آن کنترل کلیه بخش‌های لایه‌های مختلف شبکه و اپراتورهای متفاوت توسط یک طرح مشترک انجام خواهد پذیرفت، در انتهای این فصل فناوری SDN مورد بررسی قرار گرفته است.

در بخش مدیریت شبکه، معرفی مدیریت شبکه، سیستم مدیریت المان⁴، کارکردهای ⁵FCAPS، سیستم مدیریت شبکه⁶، سیستم OSS/BSS، مدیریت شبکه انتقال از دید استانداردها و پروتکل‌های مدیریت شبکه مورد بررسی قرار گرفته است.

بدون شک، در چاپ اول، این کتاب بدون کاستی نیست و خوانندگان محترم می‌توانند با ارسال نظرات و پیشنهادات سازنده خود به رایانامه optical.department@itrc.ac.ir ما را برای تکمیل اثر در چاپ‌های آینده یاری کنند.

نویسندگان کتاب

شماره ۹۶

- 1 Automatically Switched Area Network: ASON
- 2 Generalized Multi-Protocol Switching: GMPLS
- 3 Wavelength Switched Optical Network: WSON
- 4 Element Management System: EMS
- 5 Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
- 6 Network Management System: NMS
- 7 Operational Support System/Business Support System: OSS/BSS