

ارزیابی مهندسی شبکه‌های نوری WRN شفاف گسترده با استفاده از مسیریابی استاتیکی

مهدی کریمیان محمدآبادی^(۱) - سید صادق فدایی^(۲)

(۱) مربی - دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

(۲) عضو هیات علمی - دانشکده فنی، دانشگاه یاسوج

تاریخ پذیرش: تابستان ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: تابستان ۱۳۸۸

خلاصه: شبکه‌های تمام نوری با مسیردهی به تفکیک طول موج شفاف جزو شبکه‌های نسل آینده هستند و با هزینه کم پهنای باند زیادی را تأمین خواهند کرد. به خاطر عوامل تخریب سیگنال فیبرهای نوری و تجهیزات نوری شبکه، یک طرح مسیریابی که فقط عملکرد لایه شبکه را در نظر بگیرد، لزوماً بهترین طرح مسیریابی نمی‌باشد چرا که ممکن است پس از در نظر گرفتن عملکرد لایه فیزیکی طرحی نامناسب و حتی بدترین طرح شود. به منظور فائق آمدن بر این محدودیت، در این مقاله پیشنهاد کرده‌ایم که در طرح مسیریابی باید هر دو عملکرد لایه شبکه و لایه فیزیکی را با هم در نظر گرفت تا بهترین طرح مسیریابی حاصل گردد. همچنین در طرح مسیریابی مسأله ترمیم شبکه را نیز لحاظ کرده‌ایم.

کلمات کلیدی: شبکه‌های با مسیردهی به تفکیک طول موج، طرح مسیریابی، عملکرد لایه شبکه، عملکرد لایه فیزیکی، الگوریتم مسیریابی.

۱- مقدمه

شبکه‌های تمام نوری با مسیردهی به تفکیک طول موج (WRN) شفاف جزو شبکه‌های نسل آینده هستند و با هزینه کم پهنای باند زیادی را تأمین خواهند کرد. در این گونه شبکه‌ها، یک ارتباط از طریق یک کانال WDM تمام نوری به نام مسیر نوری فراهم می‌گردد. سیگنال در مسیرهای نوری به طور کامل در حوزه نوری منتقل می‌گردد بدون اینکه به تبدیل نوری به الکترونیکی نیازی باشد. این نوع انتقال را انتقال شفاف و این گونه شبکه‌ها را شبکه‌های تمام نوری شفاف می‌نامند. برپاسازی یک مسیر نوری برای هر ارتباط از طریق عملیات مسیریابی و تخصیص طول موج (RWA) انجام می‌گیرد [۱]. RWA هوشمند یک فرآیند مهم برای حداقل سازی هزینه و استفاده بهتر از منابع شبکه می‌باشد و در واقع یک مسأله بهینه‌سازی می‌باشد. تابع هدف برای حداقل‌سازی هزینه و استفاده بهتر از منابع شبکه به شکلهای مختلفی می‌تواند باشد: حداقل سازی تعداد طول موج مورد نیاز برای شبکه، حداقل‌سازی تعداد یا طول کل فیبر نوری مورد نیاز برای شبکه و ... هر شکل تابع هدف یک طرح مسیریابی متفاوت را معرفی می‌کند. تا به حال طرحهای مسیریابی استاتیکی مختلفی با فرض ایده‌آل بودن لایه فیزیکی یعنی عدم وجود عوامل تخریب ارائه شده است [۷-۱]. در

این دسته از طرحهای مسیریابی فقط محدودیتهای لایه شبکه در نظر گرفته شده‌اند و محدودیتهای لایه فیزیکی در نظر گرفته نشده‌اند و لایه فیزیکی ایده‌آل و بدون هیچ گونه عامل تخریبی در نظر گرفته شده است. اما در واقع عوامل تخریب در فیبرهای نوری و اجزای نوری شبکه وجود دارند و به شدت روی کیفیت مسیر نوری اثر می‌گذارند [۸،۹] و بنابراین در شبکه‌های WRN تمام نوری شفاف، یک طرح مسیریابی که فقط با در نظر گرفتن لایه شبکه بهترین طرح محسوب گردد، پس از در نظر گرفتن عملکرد لایه فیزیکی لزوماً بهترین طرح مسیریابی نبوده و حتی ممکن است بدترین طرح مسیریابی شود. در [۱۰،۱۱] برای فائق آمدن بر محدودیتهای لایه فیزیکی، مسیریابی و تخصیص طول موج دینامیکی با در نظر گرفتن عوامل تخریب ارائه شده است. در [۱۲] نیز برای طرحهای استاتیکی یک رویکرد مسیریابی و تخصیص طول موج بدون در نظر گرفتن ترمیم شبکه ارائه شده است. در این مقاله برای فائق آمدن بر هر دو محدودیت لایه فیزیکی و لایه شبکه در حالت استاتیکی، پیشنهاد کرده‌ایم که یک طرح مسیریابی استاتیکی باید با توجه به هر دو عملکرد لایه شبکه و عملکرد لایه فیزیکی ارائه شود و ارزیابی گردد و بهترین طرح مسیریابی باید با توجه به عملکرد کل و نه فقط بر اساس عملکرد لایه شبکه پیشنهاد گردد. به

Num_{span}: تعداد اسپنهای نوری می‌باشند.

وظیفه OXC سوئیچ کردن طول موجها بین فیبرهای ورودی و خروجی می‌باشد. به خاطر ناکاملی OXCها مقداری اتلاف توان و برهم‌گفتاری در آنها رخ می‌دهد. در [۹،۱۳] نشان داده شده که این امر جریمه توان رابطه (۲) را در پی دارد.

$$PP = -5 \log_{10}(1 - 4Q^2 N_{XT} \epsilon) \quad (2)$$

که ضریب Q متناظر با BER مرجع و N_{XT} تعداد تداخلهای ناشی از فازهای تصادفی هر یک دارای شدت I_{XT} = εI_S می‌باشد. ما بدترین حالت ممکن برای جریمه توان را که در [۱۴] استفاده شده است در نظر می‌گیریم. در یک OXS با N فیبر نوری ورودی/خروجی و M طول موج روی هر فیبر که به طور کامل بارگذاری شده است، هر سیگنال عبوری از OXC با M + N - 2 برهم‌گفتاری تداخل می‌کند.

با فرضهای بالا، جریمه توان ناشی از یک OXC مطابق رابطه (۳) و جریمه توان ناشی از L عدد OXC میانی مطابق رابطه (۴) خواهد بود.

$$\begin{aligned} \max(PP_{1\text{ OXC}}) &= -5 \log_{10}[1 - 4Q^2 \cdot \max(N_{XT}) \epsilon] \\ &= -5 \log_{10}[1 - 4Q^2 (M + N - 2) \epsilon] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \max(PP_{L\text{ OXC's}}) &= -5 \log_{10}[1 - 4Q^2 \cdot \max(N_{XT}) \epsilon] \\ &= -5 \log_{10}[1 - 4Q^2 (\sum_{i=1}^L M_i + \sum_{i=1}^L N_i - 2 \times L) \epsilon] \end{aligned} \quad (4)$$

که:

M_i: تعداد طول موجهای درون فیبر OXC میانی iام،
N_i: تعداد پورتهای فیبری ورودی/خروجی OXC میانی iام می‌باشند.

با ترکیب روابط (۱) و (۴) رابطه OSNR برای یک مسیر نوری به صورت رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} OSNR_{\text{norm}} &= G_{\text{preamp}} - (P_{\text{rec}} + NF_{\text{rec}}) \\ &+ \sum_{i=1}^{L+1} [P_{\text{out}} - 10 \log_{10}(M_{\text{ch}_i}) - Loss_{\text{span}} \\ &- NF_{\text{ASE}} - 10 \log_{10}(\text{Num}_{\text{span}} + 1)]_{i^{\text{th}} \text{ Link}} \\ &+ 5 \log_{10}[1 - 4Q^2 (\sum_{i=1}^L M_i + \sum_{i=1}^L N_i - 2 \times L) \epsilon] \end{aligned} \quad (5)$$

۳- طرحهای مسیریابی مختلف و الگوریتمهای مسیریابی متناظر هر یک از آنها

در این بخش دو طرح مسیریابی موجود که معمولاً در طراحی شبکه‌های نوری WRN استفاده می‌گردند و نیز یک طرح مسیریابی ترکیبی و جدید خود را ارائه می‌کنیم. هدف طرح مسیریابی اول حداقل سازی حداکثر تراکم لینک در شبکه می‌باشد. هدف طرح مسیریابی دوم حداقل سازی طول کل مسیره‌های نوری است. هدف طرح مسیریابی

همین دلیل چند الگوریتم مسیریابی ارائه کرده و سپس بهترین آنها را با توجه به عملکرد کل انتخاب نموده‌ایم. در این طرح مساله ترمیم شبکه نیز لحاظ شده است.

مقاله دارای پنج بخش می‌باشد. در بخش (۲) یک مدل تحلیلی برای محاسبه نسبت سیگنال به نویز نوری (OSNR) در شبکه‌های نوری WRN دارای کراس کانکتها (OXC's) ارائه شده است. در بخش (۳)، دو طرح مسیریابی موجود در کارهای قبلی معرفی و یک طرح مسیریابی ترکیبی و جدید ارائه شده است. در الگوریتم مسیریابی مساله ترمیم شبکه نیز در نظر گرفته شده است. برای حل هر یک از طرحهای مسیریابی الگوریتم مسیریابی مربوطه ارائه شده است. در بخش (۴)، سه طرح مسیریابی مذکور با استفاده از الگوریتمهای مربوطه بر روی یک شبکه نمونه آزمایش شده و از هر دو جنبه عملکرد لایه شبکه و عملکرد لایه فیزیکی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در بخش (۵)، از طریق ترکیب ارزیابی‌های عملکرد لایه شبکه و عملکرد لایه فیزیکی یک ارزیابی کلی برای شبکه ارائه شده و نهایتاً در بخش (۶) نتیجه‌گیری صورت گرفته است.

۲- مدل تحلیلی OSNR برای شبکه‌های نوری با مسیره‌دهی به تفکیک طول موج

در این مقاله روش ارائه شده در [۸] برای به دست آوردن OSNR را تمیم داده و یک مدل تحلیلی جدید برای یافتن OSNR ارائه کرده‌ایم به طوری که با استفاده از آن می‌توان عملکرد انتقال سیگنال و تأثیر عوامل تخریب سیگنال را ارزیابی نمود. در یک مسیر نوری سیگنال از چند OXC، چند قسمت فیبری و چند تقویت کننده نوری عبور می‌کند. بنابراین در حین انتشار در طول مسیر نوری کیفیت سیگنال به خاطر تضعیف توان درون فیبرها، برهم‌گفتاری OXCها و نویز نشر برانگیخته تقویت کننده‌های نوری (ASE Noise) خراب می‌شود.

در [۸] یک مدل محاسبه OSNR نرمالیزه برای یک سیستم 1.55 μm WDM دارای چندین اسپن نوری بدون گره‌های میانی ارائه شده است و رابطه آن مطابق رابطه (۱) می‌باشد.

$$\begin{aligned} OSNR_{\text{norm}} &= G_{\text{preamp}} - (P_{\text{rec}} + NF_{\text{rec}}) \\ &+ P_{\text{out}} - 10 \log_{10}(M_{\text{ch}}) - Loss_{\text{span}} \\ &- NF_{\text{ASE}} - 10 \log_{10}(\text{Num}_{\text{span}} + 1) \end{aligned} \quad (1)$$

که:

P_{rec}: حساسیت گیرنده بر حسب dBm

NF_{rec}: عدد نویز گیرنده بر حسب dB

P_{out}: توان خروجی تقویت کننده‌های طول خط بر حسب dBm

G_{preamp}: بهره پیش تقویت کننده بر حسب dB

M_{ch}: تعداد طول موجهای درون فیبرهای نوری

Loss_{span}: اتلاف توان یک اسپن نوری بر حسب dB

NF_{ASE}: عدد نویز تقویت کننده نوری بر حسب dB

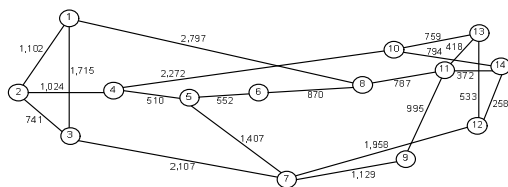
برای تخصیص طول موج دو حالت را در نظر می‌گیریم: امکان تبدیل طول موج در تمام گره‌های شبکه (full λ -interchange) و عدم امکان تبدیل طول موج در گره‌های شبکه (without λ -interchange).

۴- روش ارزیابی عملکرد و نتایج شبیه‌سازی طرح‌های مختلف مسیریابی برای یک شبکه نمونه

برای ارزیابی عملکرد سه طرح مسیریابی شبکه نمونه شکل (۱) را مسیریابی می‌کنیم و سپس الگوریتم‌های مسیریابی را از دو جنبه ارزیابی و مقایسه می‌کنیم: ارزیابی و مقایسه عملکرد لایه شبکه (که در بخش ۴-۱ ارائه شده است) و ارزیابی و مقایسه عملکرد لایه فیزیکی (که در بخش ۴-۲ ارائه شده است) الگوریتم‌های مسیریابی مختلف.

نتایج شبیه‌سازی بر اساس فرض‌های زیر می‌باشد:

- یک جفت فیبر در هر لینک
- ظرفیت لینک نامحدود
- ارتباط‌پذیری کامل
- ترافیک یکنواخت و سائز یک برای هر تقاضا
- طول اسپن‌ها 80 km
- هر گره دارای یک OXC



شکل (۱): شبکه نمونه

Fig. (1): The sample network

۴-۱- عملکرد لایه شبکه

نتایج شبیه‌سازی مسیریابی تحت سه طرح مسیریابی مختلف مطابق جدول (۱) می‌باشد.

سوم یعنی طرح پیشنهادی حداقل سازی طول کل مسیرهای نوری و در عین حال دارای کمترین خیزهای نوری می‌باشد.

سومین طرح مسیریابی با توجه به عوامل زیر پیشنهاد شده است:

• مسیریابی با حداقل تعداد خیز حداقل ترافیک عبوری روی لینکها و بنابراین حداقل برهم‌گفتاری در OXC‌های میانی را نتیجه می‌دهد ولی به خاطر طول زیاد مسیرهای نوری ممکن است نویز ASE بزرگی را نتیجه دهد.

• مسیریابی با حداقل طول حداقل نویز ASE را نتیجه می‌دهد ولی به خاطر تعداد خیز زیاد مسیرهای نوری ترافیک عبوری زیاد و برهم‌گفتاری زیادی را در OXC‌های میانی نتیجه می‌دهد.

• انتخاب نمودن مسیرهای دارای کمترین طول از میان مسیرهای دارای کمترین تعداد خیز باعث می‌شود که بین حداقل سازی نویز ASE و برهم‌گفتاری یک مصالحه انجام شود.

برای حل این طرح‌های مسیریابی الگوریتم‌های مسیریابی نیاز می‌باشند.

برای حل طرح مسیریابی اول از الگوریتم موجود در [۷] استفاده

می‌کنیم و آن را الگوریتم مسیریابی با حداقل خیز (MNH's RA)

می‌نامیم. برای حل طرح مسیریابی دوم از الگوریتم مسیریابی حداقل

طول (Min. Dist. RA) در [۱۴] استفاده می‌کنیم. برای حل طرح

سوم ابتدا تمام مسیرهای دارای حداقل خیز را بین هر دو گره شبکه

پیدا می‌کنیم و سپس از بین این مسیرها مسیری که دارای حداقل

طول است را برمی‌گزینیم و آن را الگوریتم کوتاهترین مسیر از بین

مسیرهای دارای حداقل خیز (Min Dist-in-MNH's RA) می‌نامیم.

همچنین مسأله ترمیم شبکه را با استفاده از طرح پشتیبانی 1+1 برای

مسیرهای اصلی در نظر می‌گیریم [۱۵]. در طرح پشتیبانی 1+1 برای

هر مسیر اصلی یک مسیر پشتیبان در نظر گرفته می‌شود. برای در

نظر گرفتن مسأله ترمیم، دو حالت را در نظر می‌گیریم: طول موجهای

یکسان که مسیر اصلی و پشتیبان متناظر دارای طول موج یکسان

هستند؛ طول موجهای متفاوت که مسیر اصلی و پشتیبان متناظر

دارای طول موجهای متفاوت می‌باشند.

Table (1): The results of path finding of the sample network using different path finding algorithms

جدول (۱): نتایج مسیریابی شبکه نمونه با استفاده از الگوریتم‌های مختلف مسیریابی

MNH's RA			Min. Dist. RA			Min Dist-in-MNH's RA			پارامتر
W	W+P (SW)	W+P (DW)	W	W+P (SW)	W+P (DW)	W	W+P (SW)	W+P (DW)	
without λ -interchange									
13	45	33	24	55	44	16	50	35	تعداد طول موج مورد نیاز شبکه
full λ -interchange									
13	33	33	24	44	44	16	35	35	ضریب استفاده مجدد طول موج
14	8.089	11.03	7.913	6.618	8.273	11.37	7.28	10.4	
2.143	2.879	2.879	2.385	3.038	3.038	2.143	2.879	2.879	تعداد خیز متوسط مورد نیاز
3	5	5	5	7	7	3	5	5	حداکثر تعداد خیز مورد نیاز
390	1048	1048	434	1106	1106	390	1048	1048	ترافیک کل در کل لینکها
2540.867	3293.46	3293.46	2313.838	3054.37	3054.37	2472.53	3143.38	3143.38	طول متوسط مسیرهای نوری (km)
462438	1198820	1198820	421119	1111790	1111790	450001	1144190	1144190	طول کل مسیرهای نوری (km)
12.7	16.47	16.47	11.57	15.27	15.27	12.36	10.4	10.4	تأخیر انتقال متوسط (ms)

W: مسیرهای اصلی، W+P (SW): مسیرهای اصلی و پشتیبان (طول موجهای یکسان)، W+P (DW): مسیرهای اصلی و پشتیبان (طول موجهای متفاوت)

$$D_{PMD} \sqrt{L} < \frac{\alpha}{B} \quad (7)$$

که:

α : نسبت تأخیر تفاضلی متوسط ناشی از PMD به دوره بیت است که برای جریمه توان 1 dB، 0.1 می باشد،

D_{PMD} : ضریب PMD که $0.5 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}}$ می باشد.

در شبیه سازی شبکه نمونه، از مفهوم تعداد مسیره های غیر قابل قبول (UPN) و درصد مسیره های غیر قابل قبول (UPN%) برای یافتن مسیره های غیر قابل قبول استفاده کرده ایم.

مسیر غیر قابل قبول یعنی مسیری که طول آن بیشتر از حداکثر طول مجاز ناشی از محدودیتهای CD و PMD می باشد. و UPN% برابر

نسبت تعداد مسیره های غیر قابل قبول به تعداد کل مسیره ها است.

جدول (۲) UPN% ناشی از پاشندگی خطی را نشان می دهد. این جدول نشان می دهد که MNH's RA حداکثر مسیره های غیر قابل قبول ناشی از CD و PMD را نتیجه می دهد و Min. Dist. RA حداقل آنها را نتیجه می دهد.

Table (2): The UPN% due to linear dispersion

UPN%			الگوریتم		
MNH's RA	Min. Dist. RA	Min Dist-in-MNH's RA	مسیریابی مورد مطالعه		
28.4%	16.5%	18.7%	NZDSF	CD	2.5 Gb/s (OC-48)
3%	0%	0%	0.5 ps / $\sqrt{\text{km}}$	PMD	

به منظور تعیین UPN% ناشی از OSNR نامطلوب، از رابطه (۵) برای محاسبه OSNR استفاده می کنیم. مقادیر ورودی برای محاسبه OSNR در جدول (۳) ارائه شده اند. حالات متفاوتی را مورد بررسی قرار می دهیم: یکی از نظر نرخ بیت های مختلف انتقال سیگنال شامل 2.5 Gb/s (OC-48) و 10 Gb/s (OC-192) و دیگری حداقل OSNRهای مختلف مورد نیاز برای سیستم که از 18 dB تا 24 dB در نظر گرفته شده اند.

Table (3): The simulated input values for OSNR computation

مقدار	پارامتر
6 for BER=10 ⁻⁹ 7 for BER=10 ⁻¹²	ضریب (Q)
24 dB	بهره پیش تقویت کننده (G _{preamp})
4 dBm	عدد نویز تقویت کننده های نوری (NF _{ASE})
4 dBm	عدد نویز گیرنده (NF _{rec})
0.15 dB/km	اتلاف فیبر (α)
-44 dB	نسبت شدت هر برهم گفتاری به شدت سیگنال (ε) اصلی
24 dBm	توان خروجی تقویت کننده های نوری (P _{out})
-46 dBm for OC-48 -41 dBm for OC-192	حساسیت گیرنده (P _{rec})

از جدول (۱) نتیجه می گیریم که:

• MNH's RA حداقل تعداد طول موج مورد نیاز شبکه و بیشترین ضریب استفاده مجدد طول موج را نتیجه می دهد. Min. Dist. RA بیشترین تعداد طول موج مورد نیاز شبکه و کمترین ضریب استفاده مجدد طول موج را نتیجه می دهد. Min Dist-in-MNH's RA تقریباً تعداد طول موج مورد نیاز زیاد و ضریب استفاده مجدد طول موج کمی را نتیجه می دهد.

• MNH's RA و Min Dist-in-MNH's RA حداقل ترافیک کل در لینکها را نتیجه می دهند که به این معنی است که این دو الگوریتم مسیریابی نسبت به Min. Dist. RA مقیاس پذیری بهتری را برای شبکه نتیجه می دهند.

• تعداد طول موج مورد نیاز در حالت طول موجهای یکسان بیشتر از حالت طول موجهای متفاوت است.

۴-۲- عملکرد لایه فیزیکی

عملکرد لایه فیزیکی طرحهای مختلف مسیریابی را از سه جنبه ارزیابی می کنیم: طول مسیر نوری و تأخیر زمانی متوسط انتقال سیگنال، محدودیتهای انتقال سیگنال به خاطر پاشندگی خطی و محدودیت انتقال سیگنال به خاطر OSNR نامطلوب.

از جدول (۱) نتیجه می گیریم که Min. Dist. RA حداقل طول کل مسیره های نوری، حداقل متوسط طول مسیره های نوری و حداقل تأخیر انتشار سیگنال را نتیجه می دهد. MNH's RA حداکثر طول کل مسیره های نوری، حداکثر متوسط طول مسیره های نوری و حداکثر تأخیر انتشار سیگنال را نتیجه می دهد.

در شبکه های نوری WRN پاشندگی خطی به دو صورت پاشندگی رنگی (CD) و پاشندگی پلاریزاسیون مدی (PMD) رخ می دهد. این نوع اعوجاج سیگنال باعث محدود شدن طول انتقال سیگنال می شود که بر نرخ بیت انتقال سیگنال و مشخصات فیبر اثر می گذارد. برای لحاظ کردن CD به این صورت عمل می کنیم که پهن شدگی پالس ناشی از CD باید کمتر از کسری از (نسبت پهن شدگی پالس به دوره بیت) باشد [۱۱]. این حد به صورت رابطه (۶) می باشد.

$$B\lambda \sqrt{|D| \frac{L}{c}} < \sqrt{0.4\epsilon} \quad (6)$$

که:

B: نرخ بیت انتقال سیگنال،

λ: طول موج کاری که 1550 nm در نظر گرفته می شود،

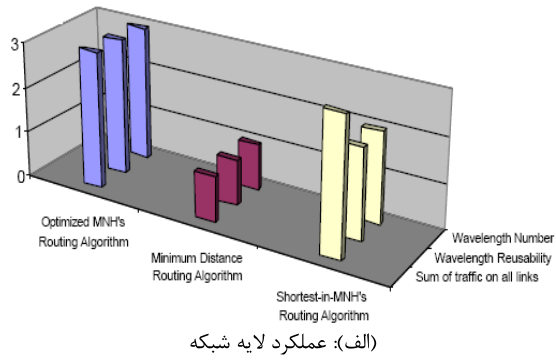
|D|: ضریب CD فیبر است که در طول موج کاری 2 ps/km.nm برای فیبرهای NZDSF می باشد.

c: سرعت نور در خلأ که 3×10⁸ m/s می باشد،

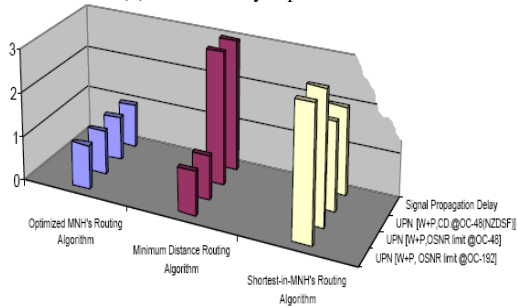
ε: نسبت پهن شدگی پالس به دوره بیت بوده که برای جریمه توان 2 dB، 0.491 می باشد،

L: طول انتقال سیگنال بر حسب km می باشد.

محدودیت ناشی از PMD مطابق رابطه (۷) می باشد [۱۱].



(a) Network layer performance



(b) Physical layer performance

شکل (۳): سطوح مختلف ارزیابی از نظر عملکرد لایه شبکه و عملکرد لایه فیزیکی

Fig. (3): The different levels of evaluations from network layer and physical layer performances

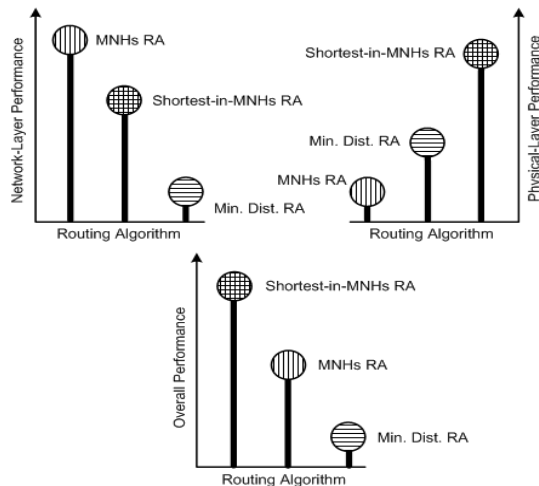
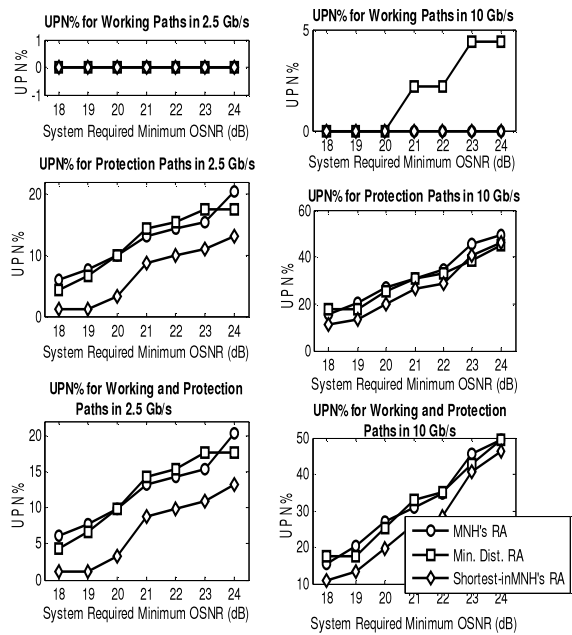


Fig. (4): The overall evaluation

۶- نتیجه‌گیری

در شبکه‌های نوری شفاف با مسیره‌دهی به تفکیک طول موج، طرح‌های مختلف مسیریابی، مسیرهای متفاوتی را نتیجه می‌دهند که روی عملکرد انتقال سیگنال اثر می‌گذارند. بنابراین در این مقاله، طرح‌های مختلف مسیریابی از دو جنبه مورد مقایسه، بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. یکی عملکرد لایه شبکه در شبکه ایده‌آل بدون عوامل تخریب سیگنال که



شکل (۲): UPN% ناشی از نامناسب OSNR

Fig. (2): The UPN% due to non-convenient OSNR

شکل (۲) نشان می‌دهد که در نرخ بیت‌های 2.5 Gb/s و 10 Gb/s، Min. Dist. RA در حالتی که فقط مسیرهای اصلی را در نظر می‌گیریم، بدترین عملکرد را نتیجه می‌دهد و در حالتی که فقط مسیرهای پشتیبان یا هم مسیرهای اصلی و هم مسیرهای پشتیبان در نظر گرفته شوند، Min Dist-in-MNH's RA بهترین عملکرد را نتیجه می‌دهد و MNH's RA و Min. Dist. RA تقریباً عملکرد مشابهی را نتیجه می‌دهند.

۵- ارزیابی عملکرد کلی

در بخش قبلی عملکرد لایه فیزیکی و لایه شبکه به طور جداگانه مقایسه و ارزیابی شدند. برای ارزیابی عملکرد کلی سه سطح "۳=بهترین"، "۲=خوب" و "۱=بدترین" در نظر می‌گیریم. در شکل (۳-الف) این سطوح برای عملکرد لایه شبکه نشان داده شده‌اند. در شکل (۳-ب) این سطوح برای عملکرد لایه فیزیکی نشان داده شده‌اند و در شکل (۴) این سطوح برای عملکرد کلی نشان داده شده‌اند.

از شکل (۳)، نتیجه می‌گیریم که از بین سه الگوریتم مسیریابی، MNH's RA بدترین عملکرد لایه فیزیکی و بهترین عملکرد لایه شبکه را نتیجه می‌دهد؛ Min. Dist. RA بدترین عملکرد لایه شبکه و عملکرد متوسط لایه فیزیکی را نتیجه می‌دهد؛ و Min Dist-in-MNH's RA عملکرد لایه شبکه نزدیک به بهترین را نتیجه می‌دهد و عملکرد لایه فیزیکی آن بهترین می‌باشد.

از شکل (۴)، نتیجه می‌گیریم که از بین سه الگوریتم مسیریابی، Min Dist-in-MNH's RA پیشنهادی، بهترین عملکرد کلی را برای شبکه نمونه نتیجه می‌دهد.

در کارهای قبلی، فرض ایده‌آل بودن شبکه باعث شده است که فقط عملکرد لایه شبکه در طرحهای مسیریابی در نظر گرفته شوند. بنابراین معمولاً طرحهای مسیریابی که دارای هدف حداقل سازی حداکثر تراکم لینک می‌باشند، به خاطر بهترین عملکرد لایه شبکه که به دست می‌دهند، استفاده شده‌اند. اما در شبکه‌های واقعی به خاطر واقعی بودن فیبرها و تجهیزات شبکه سیگنال در حین انتشار در شبکه خراب می‌شود. به همین دلیل در این مقاله، ما شبکه را به صورت واقعی در نظر گرفته و طرحهای مختلف مسیریابی را از هر دو جنبه عملکرد لایه شبکه و لایه فیزیکی بررسی کرده‌ایم.

رویکرد کارهای قبلی می‌باشد و دیگری عملکرد لایه فیزیکی در شبکه نوری واقعی با در نظر گرفتن عوامل تخریب سیگنال که رویکرد پیشنهادی این مقاله می‌باشد. از نتایج شبیه‌سازی، دریافتیم که:

- طرحهای مسیریابی مختلف، مسیرهای متفاوتی را نتیجه می‌دهند که بر عملکرد لایه فیزیکی شبکه تأثیر می‌گذارد.
- طرح مسیریابی سوم (طرح پیشنهادی) که بر اساس مصالحه می‌باشد (Min Dist-in-MNH's RA) بهترین عملکرد کلی را نتیجه می‌دهد.

مراجع

- [1] R. Ramaswami, K. Sivarajan, "Routing and wavelength assignment in all-optical networks", *IEEE/ACM Trans. on Net.*, Vol.3, pp.489-500, June 1995.
- [2] N. Banerjee, S. Sharan, "An evolutionary algorithm for solving the single objective static routing and wavelength assignment problem in WDM networks", *IEEE/ICISIP*, pp.13-18, 2004.
- [3] M. Mattiello, C. Bungarzeanu, "Static wavelength assignment in WDM networks with optical crossconnects", *IEEE/CONTEL*, Vol.2, pp.705-708, June 2003.
- [4] E. Bouillet, T.E. Stern, "Monte carlo techniques for design of wavelength routed all optical networks", *IEEE/GLOCOM*, Vol.1B, pp.549-552, 1999.
- [5] D. Banerjee, B. Mukherjee, "A practical approach for routing and wavelength assignment in large wavelength routed optical networks", *IEEE Jou. on Sel. Are. in Com.*, Vol.14, No.5, pp.903-908, June 1996.
- [6] R.K. Pankaj, R.G. Gallager, "Wavelength requirements of all optical networks", *IEEE/ACM Trans. on Net.*, Vol.3, No.3, pp.269-280, June 1995.
- [7] R. Ramaswami, K. Sivarajan, "Routing and wavelength assignment in all optical networks", *IEEE/ACM Trans. on Net.*, Vol.3, No.5, pp.489-500, Oct. 1995.
- [8] J.L. Gimlett, N.K. Cheung, "Effects of phase-to-intensity noise conversion by multiple reflections on gigabit-per-second DFB laser transmission systems", *IEEE Jou. of Ligh. Tech.*, Vol.7, pp.888-895, June 1989.
- [9] E.L. Goldstein, L. Eskildsen, A.F. Elrefaie, "Performance implications of component crosstalk in transparent lightwave networks", *IEEE Phot. Tech. Lett.*, Vol.6, No.5, pp.657-670, 1994.
- [10] A. Sangeetha, K. Anusudha, S. Mathur, M.K. Chaluvadi, "Wavelength assignment problem in optical WDM networks", *Int. Jou. of Rec. Tren. in Eng.*, Vol.1, No.3, May 2009.
- [11] X. Chu, B. Li, "Dynamic routing and wavelength assignment in the presence of wavelength conversion for all-optical networks", *IEEE/ACM Trans. on Net.*, Vol.13, No.3, June 2005.
- [12] M. Karimiyan-mohammadabadi, M.H. Vajed-Samiei, "Impact of routing approaches on network-layer and physical-layer in wavelength routed optical networks", *Jou. of Trans. on Elec, Tech. (JTET)*, Vol.1, pp.62-67, Spring 2009.
- [13] Y. Shen, K. Lu, W. Gu, "Coherent and incoherent crosstalk in WDM optical networks", *IEEE Jou. of Ligh. Tech.*, Vol.17, No.5, pp.759-764, May 1999.
- [14] A.S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Fourth Edition, Prentice-Hall, 2003.
- [15] R. Ramaswami, K.N. Sivarajan, *Optical Networks*, Second Edition, Academic Press, 2002.