



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی برق - مخابرات سیستم

درس شبکه های مخابرات نوری

پروژه چهارم :

گرومینگ ترافیک در شبکه های نوری

گرومینگ ترافیک در شبکه های نوری

در شبکه های نوری تقسیم طول موج (WDM)، درخواست پهنای باند برای یک سرویس می تواند بسیار پایین تر از ظرفیت یک مسیر نوری باشد با استفاده از گرومینگ می توان کانکشن های که نرخ ارسال بسیار کمتری نسبت به ظرفیت مسیر نوری دارند را در یک مسیر نوری تجمع و متوسط نرخ تحویل موفق ترافیک (throughput network) را بهبود بخشیده و هزینه شبکه را کاهش می دهند.

در شبکه های ارتباطی WDM / OTN، که با استفاده از گرومینگ و با استفاده از (OADM) برای انجام عمل بای پس نوری¹ در نودهای میانی، می توان ADMs Electrical را و هزینه شبکه کاهش خواهد یافت. در این پروژه، ما مساله گرومینگ ترافیک را در یک شبکه WDM مبتنی بر توپولوژی مش مورد بررسی قرار می دهیم.

هدف پروژه:

با بهره گیری از گرومینگ ترافیک، متوسط نرخ تحویل موفق ترافیک (throughput network) رابه گونه ای بهینه کنید که حداقل منابع (شامل تعداد طول موج ها و ترنسیور های فرستنده و گیرنده) تخصیص یابد.

فرضیات مسئله :

- (۱) در هر نود قابلیت تغییر طول موج (Wavelength conversion) وجود ندارد.
- (۲) ترنسیور ها در هر نود قابلیت تنظیم روی هر طول موجی را دارند.
- (۳) یک درخواست نمیتواند به در خواست های کوچکتر تقسیم و از مسیر های مختلف مسیریابی شود.
- (۴) هر نود قابلیت نامحدود روی مالتی پلکسینگ و دی مالتی پلکسینگ و تغییر تایم اسلات را دارد.

¹ Optical bypass

جدول زیر پارامترهای مسئله را نشان می دهد:

m, n	شروع و پایان نود در لینک فیزیکی
i, j	شروع و پایان نود برای یک مسیر نوری که شامل یک یا چند لینک فیزیکی است.
S, d	مبدا و مقصد درخواست را نشان میدهد.
y	گرانیولاریتی ^۲ ترافیک ها را نشان میدهد. که $y \in \{1, 2, 3, 4\}$ است و نشان دهنده درخواست های ترافیک OTU-1, OTU-2, OTU-3, و OTU-4 است.
t	ایندکس OTU-y امین در خواست ترافیک است. برای مثال ده درخواست OTU-1 داشته باشیم آنگاه $t \in [1, 10]$
N	تعداد نود های شبکه
W	تعداد کانال های هر فیبر
$S_{sd}^{y,t}$	تعداد فیبر هایی که بین نود m و n وجود دارد.
P_{mn}^w	طول موج w در فیبر P_{mn}
TR_i	تعداد فرستنده در نود i
RR_i	تعداد گیرنده در نود i
C	ظرفیت هر کانال
Λ	ماتریس ترافیک که $\Lambda = \{\Lambda_y\}$ است.

متغیر ها به صورت زیر می باشد:

v_{ij}	تعداد مسیر نوری بین نود i و j
v_{ij}^w	تعداد مسیر نوری بین i و j که روی کانال w است.
$P_{mn}^{ij,w}$	تعداد مسیر نوری بین i و j که شامل لینک فیزیکی m و n روی کانال w است.
$\lambda_{ij,y}^{sd,t}$	نشان دهنده t امین درخواست ترافیک OTU-y بین نود s و d که مربوط به مسیر نوری i و j است.
$S_{sd}^{y,t}$	مقدارش به صورت صفر و یک است که یک است اگر امین درخواست ترافیک OTU-y بین نود s و d با موفقیت روت شده است.

² granularity

ماتریس ترافیک و توپولوژی شبکه:

ماتریس ترافیک مطابق جدول زیر است:

ماتریس درخواست ترافیک OTU-1

	NODE 0	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5
Node 0	0	5	4	11	12	9
Node 1	0	0	8	5	16	6
Node 2	14	12	0	9	6	16
Node 3	4	11	15	0	1	5
Node 4	10	2	3	3	0	9
Node 5	2	1	8	15	13	0

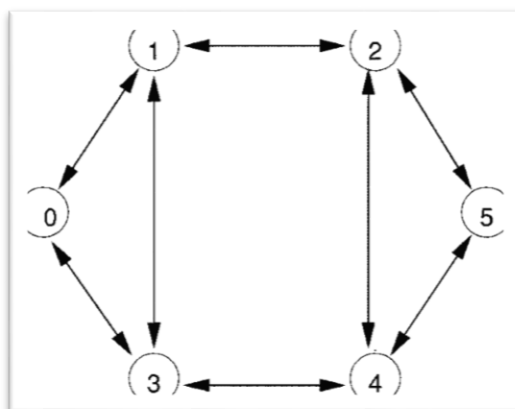
ماتریس درخواست ترافیک OUT-2

	NODE 0	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5
Node 0	0	6	2	1	5	4
Node 1	8	0	8	6	7	8
Node 2	1	3	0	0	2	7
Node 3	5	7	3	0	2	6
Node 4	6	4	5	0	0	2
Node 5	5	4	4	2	0	0

ماتریس درخواست ترافیک OUT-3

	NODE 0	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5
Node 0	0	1	1	1	0	0
Node 1	1	0	1	1	0	2
Node 2	0	1	0	2	1	0
Node 3	2	0	2	0	2	0
Node 4	1	2	0	2	0	1
Node 5	1	1	2	2	2	0

با فرض آن که توپولوژی فیزیکی شبکه مطابق شکل زیر می باشد: با فرض آن که نرخ پهنای باند هر کانال OUT-4 می باشد.



برای مطالعه بیشتر میتوانید به مقاله [1] ، صفحات ۷-۱ مراجعه کنید.

راهنمایی برای فرموله بندی مسئله:

الف) مالتی هاپ^۳ گرومینگ ترافیک

در این قسمت فرض می کنیم که هر درخواست می تواند شامل چند مسیر نوری باشد.
تابع هدف:

$$\max \sum_{y,s,d,t} y * S_{sd}^{y,t} \quad (1)$$

On virtual-topology connection variables :

$$\sum_j V_{ij} \leq TR_i \forall i \quad (2)$$

$$\sum_j V_{ij} \leq RR_j \forall j \quad (3)$$

$$\sum_w V_{ij}^w = V_{ij} \forall i, j \quad (4)$$

$$\text{int} V_{ij}, V_{i,j}^w$$

³ MultiHop

On physical route variables

$$\sum_m P_{mk}^{ij,w} = \sum_n P_{kn}^{ij,w} \text{ if } k \neq i, j \quad \forall i, j, w, k \quad (5)$$

$$\sum_m P_{mi}^{ij,w} = 0 \quad \forall i, j, w \quad (6)$$

$$\sum_n P_{jn}^{ij,w} = 0 \quad \forall i, j, w \quad (7)$$

$$\sum_n P_{in}^{ij,w} = V_{ij}^w \quad \forall i, j, w \quad (8)$$

$$\sum_m P_{mj}^{ij,w} = 0 \quad \forall i, j, w \quad (9)$$

$$\sum_{i,j} P_{mn}^{ij,w} \leq P_{mn}^w \quad \forall m, n, w \quad (10)$$

$$P_{mn}^{ij,w} \in \{0,1\}$$

On virtual-topology traffic variables

$$\sum_i \lambda_{id,y}^{sd,t} = S_{sd}^{y,t} \quad \forall s, d \quad y \in \{1,3,12,48\} \quad t \in \{1, \Lambda_{y,sd}\} \quad (11)$$

$$\sum_j \lambda_{sj,y}^{sd,t} = S_{sd}^{y,t} \quad \forall s, d \quad y \in \{1,3,12,48\} \quad t \in \{1, \Lambda_{y,sd}\} \quad (12)$$

$$\sum_i \lambda_{ik,y}^{sd,t} = \sum_j \lambda_{kj,n}^{sd,t} \text{ if } k \neq s, d \quad \forall s, d, k, t \quad (13)$$

$$\sum_i \lambda_{is,y}^{sd,t} = 0 \quad \forall s, d \quad y \in \{1,2,3,4\} \quad t \in \{1, \Lambda_{y,sd}\} \quad (14)$$

$$\sum_j \lambda_{dj,y}^{sd,t} = 0 \quad \forall s, d \quad y \in \{1,2,3,4\} \quad t \in \{1, \Lambda_{y,sd}\} \quad (15)$$

$$\sum_{y,t} \sum_{s,d} y * \lambda_{ij,y}^{sd,t} \leq V_{ij} * C \quad \forall i, j \quad (16)$$

$$S_{sd}^{y,t} \in \{0,1\}$$

(ب) سینگل هاپ^۴ گرومینگ ترافیک:

در این قسمت فرض می کنیم که هر درخواست می تواند شامل فقط یک مسیر نوری باشد.

فرمول آن شبیه فرمول مالتی هاپ هست فقط فرمول زیر را بجای فرمول (16) بکار میبریم

⁴ SingleHop

$$\sum_{y,t} y * S_{sd}^{y,t} \leq V_{sd} * c \quad \forall s,d$$

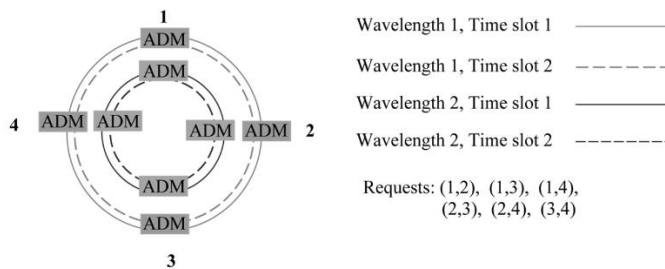
$$S_{sd}^{y,t} \in \{0,1\}$$

سوالات:

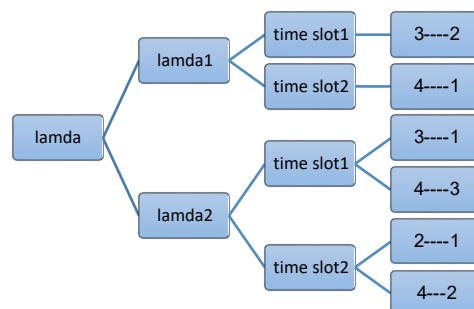
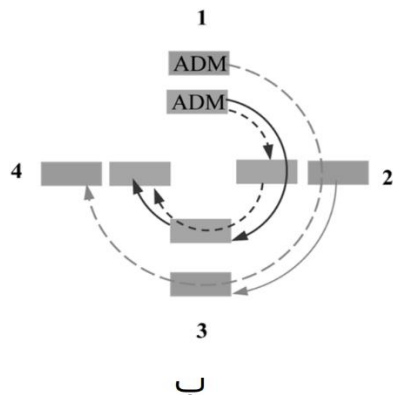
الف) معماری نود گرومینگ برای هر یک از حالات سینگل هاپ و مالتی هاپ شرح دهید.

ب) سناریو شکل الف را با فرض شبکه رینگ OTN/WDM که ظرفیت هر طول موج OTU-N و ۸ عدد ADM در کل شبکه مطابق شکل الف استفاده شده است و در هر نود می توان دو عدد درخواست با ظرفیت کمتر (OTU-M) را ادغام کند. (هر کانال دارای دو تایم اسلات هست) حال فرض کنید درخواست های (1,2), (1,3), (1,4), (2,3), (2,4), (3,4) وجود دارد بطوریکه مطابق شکل ب عمل تخصیص طول موج به درخواست ها را انجام داده ایم.

آیا راه حل دیگری برای تخصیص طول موج را می توانید بیان کنید که تعداد ADM استفاده شده کاهش یابد؟



الف



نحوه تخصیص طول موج به درخواست ها

ج) جدول زیر در نظر بگیرید و به ازای T, W مختلف آن را پر کنید.

	Multihop throughput	singlehop throughput
$T=\dots, W=\dots$		
$T=\dots, W=\dots$		
.....		

د) با استفاده از نتایج عددی اکه از حل مسئله ILP (برای حالت های سینگل هاپ و مالتی هاپ) بدست میآورید مقدار بهینه تعداد طول موج و تعداد فرستنده و گیرنده را بیابید. (مقدار بهینه زمانی بدست می آید که متوسط نرخ تحویل موفق ترافیک ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار تعداد طول موج و تعداد فرستنده و گیرنده استفاده شده باشد)

نیازمندی های گزارش پروژه

در فایل ارسالی علاوه بر گزارش باید فایل zip پروژه نیز ارسال و ارزشیابی پس از اجرای پروژه و بررسی گزارش انجام خواهد شد.

References

- [1] K. Zhu and B. Mukherjee, "Traffic grooming in an optical WDM mesh network," IEEE Journal on Selected Areas in Communications , pp. 122 - 133.