

## 데이콤 Metro IP 백본망의 구성방안

이 승 민, 강 현 서, 백 승 환, 이 동 열  
데이콤종합연구소 인터넷망기술팀  
전화 : 042-220-4198 / 팩스 : 042-220-4177

### The Evolution Strategies of the DACOM Metro IP Backbone Networks

Seungmin Lee, Hyunseo Kang, Seunghwan Paek, Dongyol Lee  
Internet Network Technology Team, DACOM R&D Center  
E-mail : smlee@dacom.net

#### Abstract

With the unprecedented growth in internet traffic, demand for larger, more scaleable IP backbone networks is seemingly limitless. This critical requirement is leading the DACOM to investigate architectural alternatives for cost effective, scaleable and flexible IP backbones.

In this paper, we present three alternatives for IP backbones using DWDM systems and multi-gigabit IP Routers in the DACOM metro networks, and then compare them by performing an economic analysis.

#### I. 서론

전 세계적으로 인터넷 서비스를 중심으로 한 급격한 데이터 트래픽의 증가로 인해 이를 효율적으로 수용할 수 있는 IP 백본망 구축이 활발히 진행되고 있다. 당사는 1997년부터 Long-haul 망에 40Gbps(2.5Gbps×16ch) 점대점 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 시스템을 도입한 이래, 고속 대용량의 DWDM 시스템 도입을 가속화하고 있다[1].

이에 비해서, Metro 규모의 네트워크에서 DWDM의 적용은 국내의 통신사업자의 동향을 살펴보면 크게 확산되지 않은 상황이다. Metro에서는 두 지점간의 전송

거리가 짧으므로 DWDM 시스템을 이용하는 것보다는 직접 광 케이블을 이용하는 편이 비교적 경제적이므로, 이미 많은 광 케이블을 확보하고 있는 사업자 입장에서는 고가의 DWDM 시스템 도입의 필요성을 많이 느끼지 않고 있다.

그러나 최근 엄청난 인터넷 트래픽 증가현상은 Metro DWDM 시스템 도입에 박차를 가하는 계기로 작용하고 있다. Long-haul의 트래픽 경쟁과 인터넷 발전의 기세가 Metro까지 확산되었기 때문이다[2].

따라서, 충분한 Metro망을 확보하고 있지 않은 사업자 입장에서는, 2.5Gbps 이상의 고속 대용량의 수요를 수용하기 위하여, Metro DWDM 시스템을 이용한 백본망 구성이 하나의 대안으로 제안되고 있다. 뿐만 아니라, Metro의 경우 최근 10Gbps 이상급 IP 라우터의 상용화와 더불어 직접 광코어를 연결하여 구성하는 방안도 제시되고 있다

본 논문에서는 당사 Metro 트래픽의 대부분을 차지하고 있는 수도권 지역에 대하여, 현재의 망현황과 수요 특성을 고려한 경제성 분석을 통하여, DWDM 시스템과 기가급 IP 라우터를 중심으로, 당사 현실에 적합한 IP 백본망 구축 방안을 제시하고자 한다.

#### II. Metro IP 백본망 구축기술

Metro IP 백본망 구축을 위한 핵심기술은 그림 1과 같이 크게 세 가지 흐름으로 분류할 수 있다.

IP	IP	IP
AAL5	PPP	GbE or PPP/HDLC/ SONET Frame or
ATM	HDLC	DPT/ SONET Frame
SONET	SONET	WDM/Fiber
WDM/Fiber	WDM/Fiber	WDM/Fiber

(a) IP over ATM (b) IP over SONET (c) IP over WDM

그림 1. IP 백본망 구축 기술

초기에는 ATM 기술을 응용하는 데 집중해 왔으나, IP를 ATM에 정합해야 하는 추가 부담 때문에 IP 백본망에 부적합하다는 시각이 대두되었다[3]. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 기존 음성 전송기반의 SONET 광전송망을 그대로 활용하여 IP 백본망을 구축하고자 하는 IP over SONET 기술이 등장하였다. 그러나 데이터 트래픽이 증가함에 따라 음성 기반에 최적화된 SONET망으로서는 이를 수용하는 데 한계가 있다. 따라서 최근 들어, WDM 기술을 활용하여 IP 데이터를 직접 또는 간접적으로 특정 광파장에 할당하여 별도의 전송로를 구축하고자 하는 IP over WDM 기술이 대두되었다.

특히, IP over WDM 기술을 적용하는 방법으로, GbE(Gigabit Ethernet), DPT(Dynamic Packet Transport) 등의 기술을 이용하여 Metro IP 백본망을 구축하자는 논의가 최근 활발히 진행되고 있다[4].

따라서, 당사에서는 이러한 구축기술을 적용하여, IP 전송에 최적화된 경제적인 Metro망의 구축방안에 대한 논의가 필요하다고 판단된다.

### III. Metro IP 백본망 구성방안

#### 3.1 당사 현황

당사의 수요특성은 수도권중심의 데이터 트래픽으로서, 2002년까지 수도권에서 전체 트래픽의 63%를 차지할 것으로 예측된다[1]. 이 트래픽을 Metro별로 보면, 최근 수도권이 전체 Metro의 80% 이상을 차지하고 있다. 따라서 본 고에서는 수도권 지역을 대상으로 Metro IP 백본망 구축방안을 분석하기로 한다.

당사 수도권 Metro IP 백본망의 구성은 그림 2와 같이 크게 가입자망과 이를 Long-haul망에 연결시켜주는 전송망 계층으로 구성되어 있다. 2계층의 전송망계층은 16개 지역에 걸쳐 21개 SHR(Self Healing Ring)

과 2.5Gbps급 라우터를 직접 광코어에 연결하여 구성 되어 있다.

그러나, 현재의 수요증가를 감안하면 2.5Gbps 단위의 전송망으로는 한계가 있으며 고속, 대용량의 3계층의 백본망 구축이 절실한 실정이다.

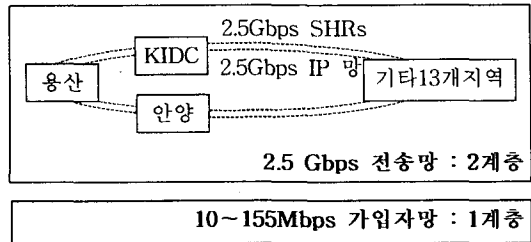


그림 2. 당사 Metro망 구성현황

3계층의 구축 대상노드로서 2계층의 16개 노드 가운데, 대규모 트래픽이 집중되는, 수도권 진입 수요를 담당하는 안양, 기존 IP 수요를 수용해온 용산, 그리고 최근의 대규모 인터넷 서비스를 개시한 KIDC(Korea Internet Data Center) 등의 그림 3의 세 노드를 가정한다. 구축방안으로는 앞서 살펴본 IP over WDM 기술을 적용한 다음의 세 방안을 고려하기로 한다.

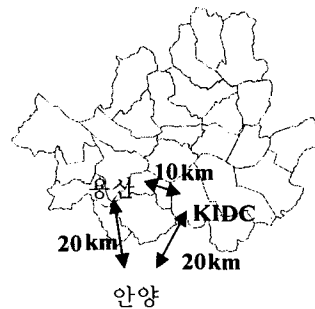


그림 3. 3계층 고속 IP 백본망 구축대상 노드

#### 3.2 IP 백본망 구성방안

##### (1) IP over WDM (2.5Gbps×N)

현재 Long-haul망에 구축된 구조와 유사하게, 그림 4와 같이 두 노드 사이를 2.5Gbps×N DWDM 시스템을 이용하여 구성하는 방안으로서, Metro지역에 DWDM 시스템을 도입하여 인터넷 수요를 수용하자는 전략이다. 2.5Gbps이상의 수요를 직접 수용하기보다는 2.5Gbps 단위의 기존 2계층의 전송망을 통하여 단계별로 인터넷 트래픽을 전송한다. 이 방안은 해당 구간에 광코어 확보가 어려울 경우, DWDM의 장점을 활용할 수 있다.

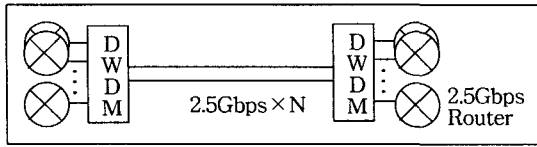


그림 4. DWDM(2.5Gbps×N)을 이용한 구성방안

(2) IP over WDM (10Gbps×N)

이 방안은 그림 5와 같으며, (1)의 방안과 유사하나 전송하는 기본 단위가 10Gbps라는 차이가 있다. 국내에 이와 같은 구조의 Metro망 적용사례는 없으나, 트래픽 증가가 심화될 것으로 예상되는 지역을 중심으로 장기적인 관점의 구축 방안으로 제안될 수 있다.

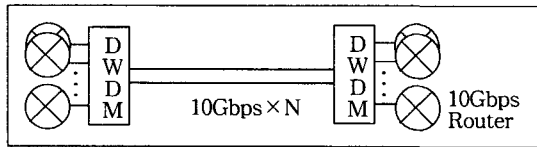


그림 5. DWDM(10Gbps×N)을 이용한 구성방안

(3) IP over Fiber (10Gbps)

2계층의 2.5Gbps급 라우터를 광코어에 직접 연결하여 구성한 바와 같이, 그림 6은 10Gbps급 고속 라우터를 이용하여 두 노드 사이를 연결하는 방안을 보여주고 있다. 이 방안이 (1), (2) 방안에 대해서 장점을 가지기 위해서는 해당 구간에 광 코어의 여유가 많아야 한다.

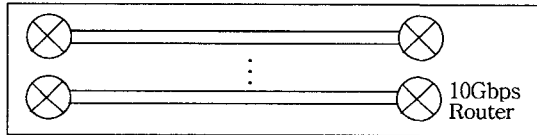


그림 6. 10Gbps IP 라우터를 이용한 구성방안

IV. 경제성 분석

4.1 변수정의

경제성 분석을 수행하기 위해서는 방안별 투자비를 계산해야 한다. 이는 구축대상 노드와 링크 비용의 합으로 구성되는 데, 노드 및 링크 비용은 제조업체와 임대업체 마다 차이가 있기 때문에 비용항목을 변수로 처리하였다. 표 1과 표 2에 각각 노드와 링크 비용산정에 이용할 변수를 정의하였다. 노드 비용은 대부분의 비용을 차지하는 IP 라우터의 인터페이스 카드와 DWDM 시스템의 트랜스폰더 모듈만으로 가정하였다.

표 1. 노드 비용변수 정의

모듈	2.5Gbps	10Gbps
IP Card	$a$	$A$
WDM Transponder	$b$	$B$
WDM channels	$n$	$N$

링크 비용은 코어 임차비용과 길이, 그리고 이용년수를 고려한 감가상각비를 이용하여 현재 비용을 계산하기로 한다.

표 2. 링크 비용변수 정의

임차비용	감가상각비		선로길이
	이용년수	연이율	
$c$	$d$	$e$	$L$

그리고 노드 비용변수 간의 관계식을 다음과 같이 정의하여,  $x, y, z$  변수를 이용하여 분석결과를 해석하기로 한다.

$$ax = A \quad by = B \quad az = b \quad (x, y, z > 0)$$

4.2 방안 비교

방안간의 망 구축 비용을 비교하기 위하여 라우터와 DWDM 시스템의 2.5Gbps와 10Gbps 모듈비( $x, y, z$ 와 길이( $L$ )에 따른 방안별 조건을 구하기로 한다. 이를 위하여 다음과 같이 초기값을 가정하고 10Gbps 전송시에 소요되는 단위 비용을 계산하기로 한다.

$$a = 90 \text{백만원} \quad c = 0.6 \text{백만원/km} \cdot \text{year} \cdot \text{core} \\ n = N = 32 \quad d = 8 \text{year} \quad e = 12\% \quad L = 1020 \text{km}$$

$$\begin{aligned} &10Gbps \text{ 전송단위 소요비용} \\ &= [\text{노드비용}] + [\text{링크비용}] \\ &= [\text{IP Card 비용} + \text{WDM Transponder 비용}] \\ &+ [\text{Core 현가비용}] \\ &= [a \times \text{소요 card 수} + b \times \text{소요 transponder 수}] \\ &+ [(c \times \text{현가계산계수}(d, e \text{반영}) \times \text{core 수} \times L) / \text{소요채널수}] \end{aligned}$$

표 3. 방안별 10Gbps 단위 전송시 투자비(단위:백만원)

방안	$L = 10 \text{km}$	$L = 20 \text{km}$
(1)방안	$720z + 729$	$720z + 738$
(2)방안	$180x + 180yz + 2.2z$	$180x + 180yz + 4.5z$
(3)방안	$180x + 72$	$180x + 144$

표 3은 이와 같은 방법으로 구한 10Gbps 단위 전송 시 소요되는 방안별 투자비를 요약한 것이다. 이를 이용하여 방안간의 경제성을 확보하기 위한 조건을 구하면 표 4와 같다.

표 4. 경제성을 확보하기 위한 방안별 조건

방안	$L=10km$	$L=20km$
(1)방안	$x-4z > 3.65$ $x+yz-4z > 4.04$	$x-4z < 3.30$ $x+yz-4z > 4.08$
(2)방안	$yz < 0.39$ $x+yz-4z < 4.04$	$yz < 0.78$ $x+yz-4z < 4.08$
(3)방안	$yz > 0.39$ $x-4z < 3.65$	$yz > 0.78$ $x-4z < 3.30$

표 4를 참조하면,  $x, y, z$  값의 변화와  $L$ 값에 따라서 방안간의 순위가 달라지는 결과를 확인할 수 있다. 이를 이용하여  $1 \leq x, y, 1/z \leq 5$  조건하에, 0.1 등간격 (1.0, 1.1, 1.2, ...)으로 만들 수 있는 모든 경우의 수 ( $41 \times 41 \times 41 = 68,921$ )에 대하여 표 4의 조건을 만족하는 경우를 분류해 보았다.

표 5. 방안별 순위에 있는 경우의 수

방안	$L=10km$	$L=20km$
(1)방안	3,101	5,446
(2)방안	4,997	21,185
(3)방안	60,823	42,290

표 5는 이를 나타낸 것으로,  $1 \leq x, y, 1/z \leq 5$  조건 하에서  $2.5Gbps \times N$  DWDM 시스템보다는  $10Gbps \times N$  DWDM 시스템을 이용하는 방안이 경제적으로 유리한 경우가 많으며, 20km이내에 거리에 대하여 10Gbps 라우터를 이용하여 직접 연결하는 방안이  $10Gbps \times N$  DWDM을 이용하는 방안에 비하여 유리한 경우의 수가 많음을 알 수 있다. 또한, 거리가 멀어질수록 10Gbps 라우터를 직접 선로에 연결하여 구성하는 방안에 대하여,  $10Gbps \times N$  DWDM을 이용하는 방안이 유리한 경우가 증가함을 알 수 있다.

그러나, 이러한 분석은 각각 경우에 대하여 동일한 가중치를 부여한 결과이므로, 최적 구축방안을 선정할 때에는 실제 적용단계의 특정  $x, y, z$  값에 의해 결정될 수 있다는 점에 유의해야 한다.

## V. 결론

본 논문에서는 현재 당사의 Metro IP 백본망 현황과 수요패턴을 고려해서, 이를 효율적으로 수용하기 위하

여 고속 IP 라우터와 Metro DWDM 시스템 등으로 구성할 수 있는 방안을 제시하고 경제성 분석을 수행하였다.

물론, 실제 망 구축을 위한 대안을 확정하기 위해서는 경제적 관점 외에 노드 및 링크의 장애에 대비한 망의 생존성 및 향후 IP 백본망의 진화전략에 따른 현 대안의 용이성 등이 함께 고려되어야 한다. 그러나, 여러 요소 가운데, 실제 망 구축비용은 정량적으로 비교가 가능할 뿐만 아니라, 매우 중요한 사항이므로 본 고의 경제성 분석결과는 구축방안 선정에 결정적인 기준이 될 수 있다.

분석 결과에 의하면, 라우터와 DWDM 시스템의 비용에 따라서 방안별 순위가 달라지므로, 망 구축 시점의 실질적인 시스템 비용을 적용하여 보다 경제적인 방안을 선택할 필요가 있다.

따라서 본 연구 결과는 차년도 Metro망 구축계획의 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] 이승민 외, "DWDM 시스템을 이용한 데이콤 장거리 광전송망의 진화방안," 한국통신학회, 하계종합 학술대회, 21권 1호, 2000. 7. 6., pp. 691-694.
- [2] Yi Chen, et al., "Metro Optical Networking," Bell Labs Technical Journal, Jan.-Mar. 1999, pp. 163-186.
- [3] Bharat T. Doshi, et al., "A Comparison of Next-Generation IP-Centric Transport Architectures," Bell Labs Technical Journal, Oct.-Dec. 1998, pp. 63-85.
- [4] Cisco, "Deployment and Design Issues for IP over Optical Networks," Presentation, 2000, available on WWW at <http://www.cisco.com/networks/nw00/pres>.