

데이터센터 인터커넥트 기술 동향

윤지욱 김광준 이준기*

한국전자통신연구원 책임연구원

한국전자통신연구원 그룹장 *

I. 서론

오늘날 소비자들은 클라우드 서비스의 증가와 IoT 기기의 확산에 따른 인터넷 연결 소자들의 급격한 증가로 언제 어디서든 다양한 기기들을 이용해서 원하는 콘텐츠와 서비스를 실시간으로 이용할 수 있게 되었다. 또한, 5G 서비스의 상용화로 2020년 이후 시간 민감형 서비스와 대용량 실감 서비스의 수요가 급증할 것으로 예상된다. 이에, 인터넷 서비스 제공자(Internet Service Provider: ISP)들은 소비자들의 요구에 맞추어 필요한 서비스를 원활하게 제공하기 위해서 전송 대역폭에 있어서의 대용량화 뿐 아니라 지리적으로 넓게 분포되어 있는 장비들을 연결하기 위한 가상화 기술이 필요하게 되었다. 또한, 다양한 업체들의 제품들 간 상호 연결성과 시스템 관리의 편리성 및 비용절감을 위해 개방형 구조의 네트워크가 필요하게 되었다. 현재, 많은 기업들이 자사의 서비스와 애플리케이션을 클라우드 환경으로 옮기고 있으며, 고객들 또한 클라우드 기반의 쇼핑, banking, 콘텐츠 제공 서비스 등에 익숙해져 있다.

과거의 데이터센터 인터커넥트(Data Center Interconnect: DCI) 기술은 새롭게 등장하는 서비스들을 수용하기 위한 목적으로 주로 전송 대역폭 확장에 초점을 맞추어 발전해 왔다. 그러나 최근의 데이터센터의 발전 방향이 클라우드 기반의 개방형 구조로 변화함에 따라서 데이터센터 인터커넥트 기술 또한 변화가 필요하게 되었다. 가장 큰 변화는 하이퍼스케일(Hyperscale) 데이터센터의 등장으로 데이터센터들 사이에 또는 데이터센터와 인터넷 익스체인지 포인트(Internet Exchange Points: IXP) 간에 주고받는 트래픽량이 기하급수적으로 증가하게 되었다는 것이다. 또한, 가상화 기술을 이용하여 지리적으로 멀리 떨어져 있는 여러 개의 데이터센터들을 마치 한곳에 모여 있는 것처럼 연결해 주어야 할 필요성이 생겼다. 데이터센터를 클라우드

* 본 내용은 윤지욱 책임연구원(☎ 042-860-1214, younjw@etri.re.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

환경에서 운용하기 위해서는 낮은 소비전력, 기능 모듈화, 확장의 편의성, 개방형 제어/관리 등과 같은 새로운 요구사항들을 만족해야 한다. 오늘날, 이러한 요구사항들을 보다 효과적으로 수용하고 데이터센터의 지속적인 확장과 발전을 위해서 인터넷 서비스 제공자와 글로벌 광전송 장비업체가 중심이 되어 자사의 데이터센터에 새로운 구조의 데이터센터 인터커넥트 기술을 적용하고 있다.

본 고에서는 데이터센터가 클라우드 기반으로 발전해감에 따라서 새롭게 등장하고 있는 하이퍼스케일 데이터센터의 요구사항들과 이러한 요구사항들을 제공하기 위한 데이터센터 인터커넥트 기술 및 네트워크 구조에 대해서 살펴보고 이를 통해서 가까운 미래의 데이터센터 발전 방향을 유추해 본다.

II. 데이터센터 인터커넥트 현황

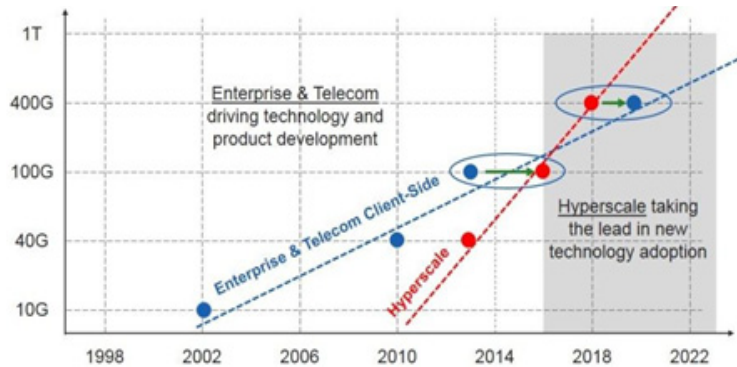
1. 데이터센터 인터커넥트 구조

스마트폰의 보급으로 인해 OTT(Over The Top) 서비스가 급격하게 증가하게 되었고 클라우드 서비스가 보편화됨에 따라서 점점 더 많은 트래픽들이 데이터센터를 경유하거나 데이터센터들 간에 전송되게 되었다. 또한, 클라우드 서비스의 보편화와 함께 등장한 하이퍼스케일 데이터센터는 기존 전송장비의 기술발전 경향을 바꾸고 있다.

현재까지는 텔레콤과 엔터프라이즈가 새로운 전송기술 개발과 신기술을 상용 네트워크에 적용하는 초기시장을 이끌어 왔다. 이후 새로운 기술이 성숙되고 관련시장이 커져서 가격이 내려가면 그 기술들을 데이터센터에 적용하는 방식이었다. 그러나 하이퍼스케일 데이터센터가 등장함에 따라서 이러한 기술개발 및 네트워크 적용 경향이 바뀌어 가고 있다.

[그림 1]을 보면, 2010년 이후부터 하이퍼스케일 데이터센터의 인터페이스 용량이 급격하게 증가하여 2017년부터는 엔터프라이즈와 텔레콤의 클라이언트 인터페이스 용량을 넘어서고 있다. 현재는 400Gbps 인터페이스 기술이 하이퍼스케일 데이터센터에 먼저 적용되고 있으며, 2018년 이후부터는 대용량 트래픽을 처리하기 위한 새로운 기술 개발과 개발된 신기술을 네트워크에 적용하기 위한 연구를 하이퍼스케일 데이터센터가 이끌어가는 추세가 예상된다[1].

현재, 하이퍼스케일 데이터센터에 적용이 시도되고 있는 새로운 기술로는 클라이언트의 요구에 따라서 실시간으로 전송 대역폭을 조정(확장/축소)하는 기술과 현재의 다양한 서비스

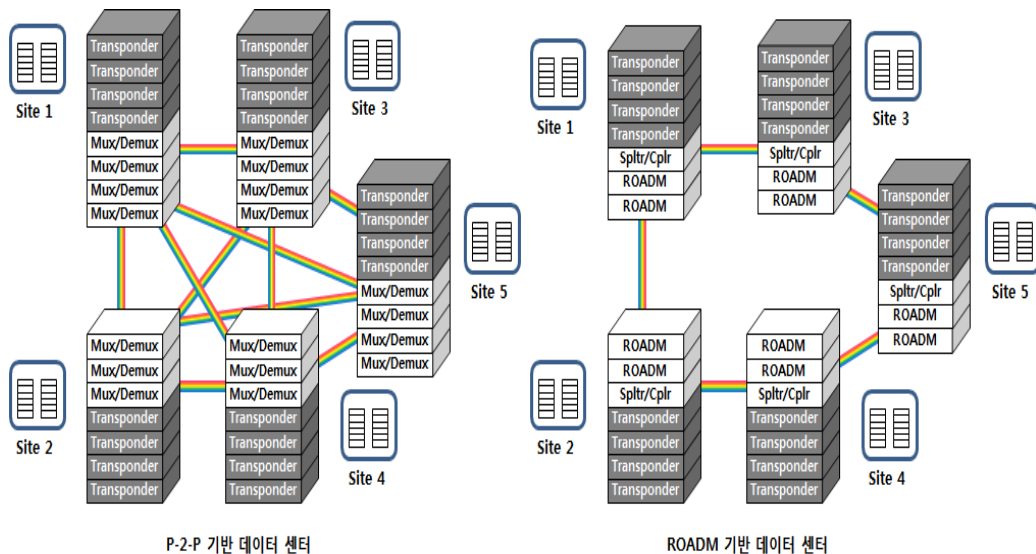


<자료> Lightwave, “Data center interconnects: The road to 400G and beyond,” 2016. 7.

[그림 1] 하이퍼스케일 데이터센터와 기술발전 동향

들과 가까운 미래에 새롭게 등장하게 될 기능들을 기존의 서비스에 영향을 주지 않으면서 전체 하드웨어의 변경 없이 수용하는 기술이다.

현재까지 대부분의 데이터센터 인터커넥션은 두 개의 데이터센터를 광섬유를 통해 연결해주는 단순한 점 대 점(Point to Point: P-2-P) 구조였다. 그러나 데이터센터의 수가 증가하고 이들을 연결해 주는 네트워크가 클라우드 환경으로 변화함에 따라서 다수 개의 데이터센터들을 서로 연결해 줄 필요가 생겨났다.



<자료> Lightwave, “Editorial guide Data center interconnect strategies,” 2017. 8.

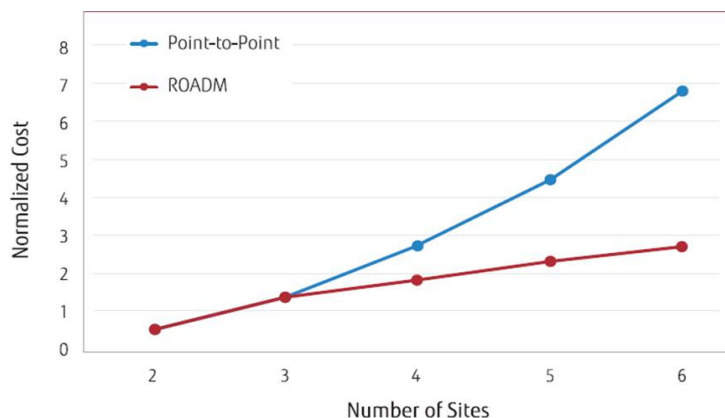
[그림 2] 데이터센터 인터커넥트 구조

[그림 2]는 공간적으로 멀리 떨어져 있는 5개의 데이터센터들을 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기반의 점 대 점 구조로 연결하는 방법과 ROADM(Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) 기반의 링 구조로 연결하는 일례를 보여준다. 점 대 점 구조의 경우에는 모든 데이터센터에 4개의 DWDM용 트랜스폰더와 4개의 다중화기가 필요하며, 데이터센터들을 연결하기 위해서 10 개의 광섬유(Dark fiber)가 필요하다. 반면에, ROADM 구조에서는 모든 데이터센터에 4개의 DWDM용 트랜스폰더와 1개의 2-degree ROADM이 필요하며, 데이터센터들을 연결하기 위해서는 5개의 광섬유만이 필요하다[2].

[그림 3]에서는 [그림 2]에서 보여준 점 대 점 구조와 링 구조를 기반으로 서로 연결되어지는 데이터센터 개수에 따른 총 소유 비용을 비교하였다. 연결되는 데이터센터의 개수가 3개를 넘어서면서부터 ROADM 기반의 링 구조가 가격 측면에서 점 대 점 구조보다 장점을 가지는 것을 알 수 있으며, 이는 데이터센터의 개수가 증가할수록 급격한 차이를 보인다. 6개의 데이터센터를 연결하는 네트워킹에 있어서의 총 소유 비용을 비교해보면, 점 대 점 구조가 링 구조와 비교하여 약 2배 정도의 총 소유 비용이 요구된다.

이러한 가격 차이는 크게 장비가격과 광섬유 포설비용/임대비용 측면으로 나누어 생각할 수 있다. 장비가격 측면에서 보면, ROADM 전송장비가 점 대 점 전송장비보다 다소 비싸지만 점 대 점 구조에서는 서로 연결되는 데이터센터 수가 증가할수록 광섬유 포설비용/임대비용이 급격하게 증가하기 때문이다[2].

데이터센터가 클라우드 기반으로 발전함에 따라서 데이터센터 인터커넥션 또한 점 대 점 구조에서 ROADM 기반의 링 구조로 변화할 것으로 예상된다.

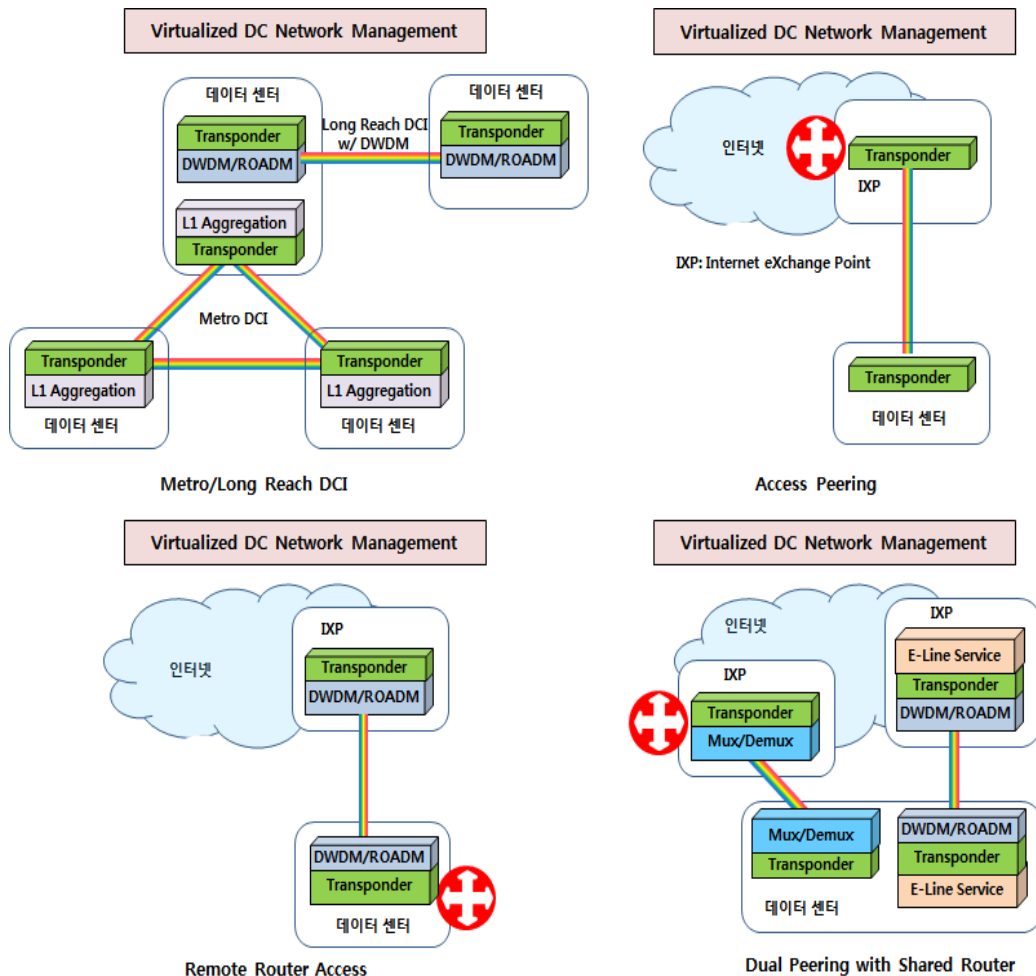


<자료> Lightwave, "Editorial guide Data center interconnect strategies," 2017. 8.

[그림 3] 데이터센터 인터커넥트 구조에 따른 총 소유 비용 비교

2. 데이터센터 인터커넥트 장비

데이터센터 인터커넥트 장비는 적용되는 위치에 따라서 [그림 4]와 같이 Metro/Long reach DCI, Access peering DCI, Remote router access DCI 및 Dual peering with shared router DCI 장비로 구분할 수 있다[3]. 현재 망에서 사용되고 있는 대부분의 데이터센터 인터커넥트 장비들은 사시 형태로 제작된 통합장비로 적용 위치별로 다른 종류의 장비를 사용한다. 이는 적용 위치에 따라서 요구사항이 달라지기 때문이다. [그림 4]에 있는 Metro/Long reach DCI 장비를 예로 들어보면, 클라이언트 인터페이스는 IP/MPLS, 이더넷, FC, SONET/SDH, OTN 등과 같은 다양한



<자료> Fujitsu, "Application note data center interconnect," 2017. 1.

[그림 4] 적용 위치별 데이터센터 인터커넥트 장비의 기능블록

형태의 신호들을 수용할 수 있어야 한다. 반면에, 네트워크 인터페이스는 DWDM/ROADM 기반으로 광 파장 당 100Gbps 이상의 대용량 신호를 장거리 전송할 수 있어야 한다. 이를 위해서 기존의 데이터센터 인터커넥트 장비는 백플레인 기반의 샤시 형태로 클라이언트 신호별 인터페이스 카드들과 이들을 목적지별로 다중화하기 위한 L1 다중화 카드, 인터페이스 카드들 사이에 신호를 전송하기 위한 스위칭 패브릭, DWDM/ROADM 기반의 광 다중화기 및 장거리용 광 트랜스폰더로 구성된다. 그러나 이러한 통합형 장비구조는 상대적으로 넓은 상면적을 차지하면서도 많은 공간을 낭비하게 되고 큰 소비전력, 제한된 확장성, 낮은 유연성과 유지관리가 힘들다는 단점을 가진다. 데이터센터가 클라우드 기반으로 빠르게 변화하고 있는 환경에서, 서비스 제공업자와 엔터프라이즈는 데이터센터 인터커넥트 장비 전체를 소유하고 관리하는 것보다는 몇 개의 파장만을 대여해서 사용하는 것이 일반적인 추세가 되어 가고 있다. 이러한 환경변화에 적응하기 위해서 데이터센터 인터커넥트 장비는 기존의 샤시 기반의 통합형 장비에서 모듈 형태의 블레이드 기반으로 변화해 가고 있다. [그림 4]에 있는 적용 위치별 장비들은 별도의 장비가 아니라 공통된 하드웨어 플랫폼을 공유하면서 적용 위치별로 요구되는 기능에 따라서 필요한 기능블록만을 모듈형태로 추가함으로써 구성된다[3],[4].

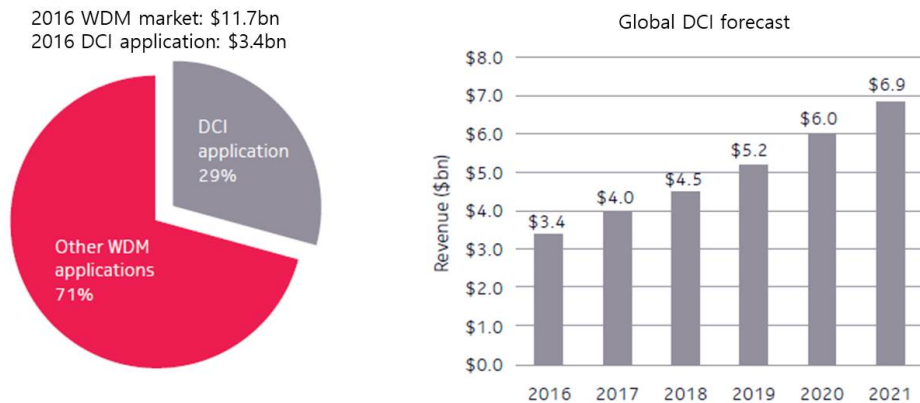
이러한 블레이드 기반의 모듈형 장비는 샤시 기반의 통합형 장비와 비교해서 다음과 같은 특징들을 가진다.

- 1RU 기반의 블레이드 형태로 필요한 기능만을 제공
- 필요에 따라서 다양한 블레이드를 조합하여 요구되는 기능 제공
- 작은 상면적과 낮은 소비전력
- 제품 개발기간과 데이터센터 적용기간을 단축함으로써 시장변화에 빠르게 대처
- 필요에 따라서 해당 블레이드만을 교체함으로써 파장당 대역폭을 100Gbps, 200Gbps, 400Gbps 또는 400Gbps 이상으로 확장 가능
- 운용 및 관리의 편리성과 효율성을 위한 개방형 구조

현재 시장에 출시되고 있는 클라우드 기반의 데이터센터 인터커넥트 장비는 Fujitsu사의 1FINITY, Juniper사의 BTI 7800, Coriant사의 Groove G30, ADVA사의 FSP 3000과 Nokia사의 1830 PSS 등이 있다[4]-[15]. 대부분의 장비들은 자사의 P-OTN(Packet Optical Transport Network) 장비를 기반으로 블레이드 형태로 출시되고 있다.

3. 데이터센터 인터커넥트 시장 현황

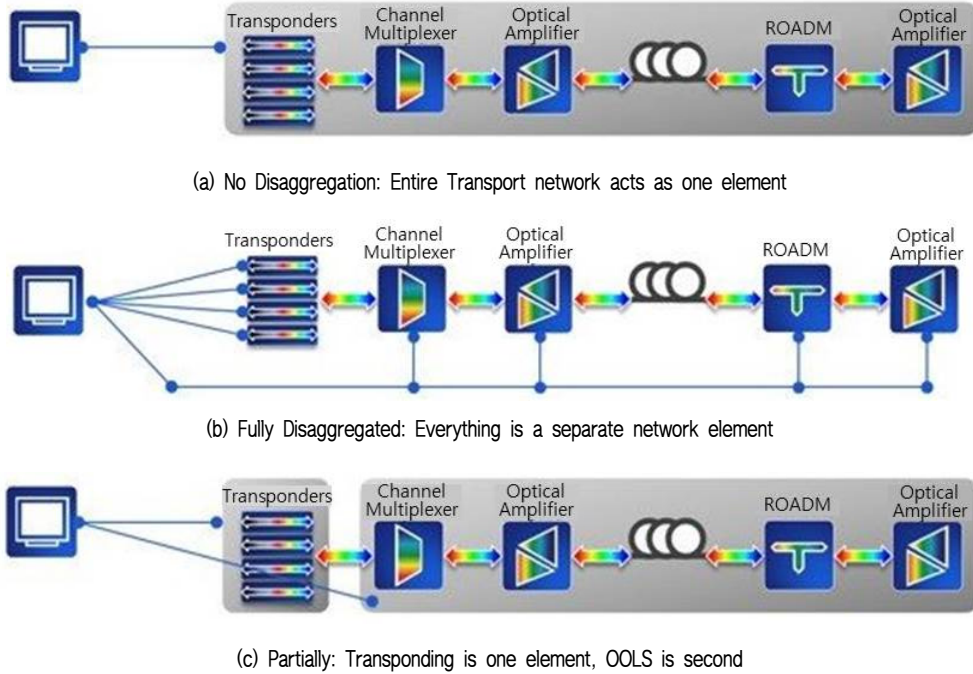
시장조사 기관인 Ovum사의 2017년 자료에 의하면 데이터센터 인터커넥트 분야는 광 네트워크 시장에서 가장 빠르게 성장하고 있는 영역으로 연평균 15%의 성장세를 보이고 있다. [그림 5]와 같이 데이터센터 인터커넥트 시장규모는 2016년 34억 달러로 전체 WDM 시장의 약 29%를 차지하고 있으며, 2021년에는 69억 달러로 2배 이상의 성장이 예상되고 있다[15]. 시장에 새롭게 출시되고 있는 데이터센터 인터커넥트 장비의 특징 중 하나는 데이터센터 인터커넥트 장비에 Disaggregated WDM 시스템을 적용하려는 움직임이 눈에 띄게 증가하고 있다는 것이다. Disaggregated WDM 시스템을 적용한 데이터센터 인터커넥트 장비 시장규모는 2017년 2분기에 4억 달러에 이르렀다[16].



<자료> Nokia, "Nokia 1830 PSS cloud DCI solutions," 2017.

[그림 5] 전세계 데이터센터 인터커넥트 시장규모

[그림 6]은 광전송 시스템의 단계별 disaggregation 시나리오를 보여준다[17]. 현재까지의 광전송 시스템은 시스템을 구성하는 모든 소자들(트랜스폰더, 채널 다중화기, 광 증폭기, DWDM/ROADM 등)이 하나의 중앙집중형 제어시스템에 의해서 관리되어졌다. 그러나 클라우드 데이터센터 인터커넥트 장비의 경우 운용과 관리의 편의성을 위해서 시스템을 구성하는 소자들을 기능별로 분리하여 따로 운용/관리하는 방안이 연구되고 있다. 아직까지 완전한 Disaggregated 데이터센터 인터커넥트 장비는 상용화되지 않고 있으며, 현재 교체주기별로 기능을 분리하여 관리하는 부분적인 disaggregation 기술이 적용되고 있다. 즉, 교체주기가 18개월 정도로 짧은 트랜스폰더 기능을 광 라인 시스템(Optical Line System: OLS)과 분리하여 별도로 관리하는 방안이 적용되고 있다. 광 라인 시스템의 경우 교체주기가 5년 이상으로



<자료> Lightwave, “A snapshot of today’s data center interconnect,” 2017. 6.

[그림 6] 광전송 시스템 Disaggregation 시나리오

길이 때문에 이 두 기능들을 분리함으로써 라인 인터페이스의 대역폭 증가, 전송거리별 대역폭 변경, 신규 서비스 지원과 같은 새로운 요구사항 발생 시에 보다 빠른 시간에 최소한의 비용으로 이를 수용할 수 있다는 장점을 가진다.

III. 데이터센터 인터커넥트 발전 방향

오늘날 많은 기업들이 자신들의 IT 인프라와 미션 크리티컬 애플리케이션의 많은 부분을 클라우드 데이터센터로 옮기고 있는 추세이다. 이에 따라서 클라우드 데이터센터를 운영하는 사업자들에게는 보안과 개인정보 보호가 점점 더 중요하게 자리 잡게 되었으며, 폭증하는 데이터센터간 트래픽을 수용하기 위해서 가까운 미래에 광 파장당 400Gbps의 높은 대역폭이 필요할 것으로 예상하고 있다. 데이터센터 인터커넥트 장비의 보안을 강화하기 위한 방안으로 최근에 광 계층에서의 암호화 기술이 연구되고 있다. 광 계층에서의 암호화 기술은 광 스위칭

단위로 암호화를 수행하기 때문에 저지연 특성을 가지며, 대용량 전송에 적합한 기술로 평가되고 있다. 광 계층 암호화 기술의 주요 적용 분야로는 하이퍼스케일 데이터센터간 연결과 AR/VR, 금융, 의료 등과 같은 시간 민감형 서비스 등이 있다[15]. 이 외에도 지리적으로 넓게 분포되어 있는 클라우드 환경에서의 데이터센터에 낮은 비용으로 새로운 기능 및 서비스를 추가하고, 엔터프라이즈의 요구에 따라서 비용과 운용인력의 증가 없이 빠르게 대역폭을 조정하기 위해서 클라우드 오토메이션(Cloud automation) 기술이 새롭게 떠오르고 있다[18]-[22].

현재 개발 중인 기술들을 기반으로 데이터센터 인터커넥트 기술의 발전 방향을 유추해 보면 아래와 같은 방향으로 발전해 나갈 것으로 예상된다.

- 광 파장당 400Gbps 이상의 고속신호 전송
- 전송거리와 요구 대역폭에 따른 다양한 변조방식 적용
- ROADM과 OTN 기반의 링 네트워크 구조
- SDN/NFV 기반의 개방형 네트워크
- 시스템 Disaggregation
- 실시간 대용량 서비스에 적합한 광 계층 암호화 기술 적용

[참고문헌]

- [1] Lightwave, “Data center interconnects: The road to 400G and beyond,” 2016. 7.
- [2] Lightwave, “Editorial guide Data center interconnect strategies,” 2017. 8.
- [3] Fujitsu, “Application note data center interconnect,” 2017. 1.
- [4] Fujitsu, “Data sheet 1FINITY L100 series,” 2016. 10.
- [5] Fujitsu website, <http://www.fujitsu.com/global/products/network/products/1finity/>
- [6] Juniper website, <https://www.juniper.net/us/en/products-services/packet-optical/>
- [7] Coriant website, <http://www.coriant.com/products/groove.asp>
- [8] ADVA website, <https://www.advaoptical.com/en/products/scalable-optical-transport/fsp-3000-cloudconnect>
- [9] Nokia website, <https://networks.nokia.com/solutions/optical-networking>
- [10] Lightwave, “ADVA optical networking supports PAM4 data center interconnect,” 2017. 3.
- [11] Lightwave, “ADVA optical networking touts 600-Gbps data center interconnect with TeraFlex terminal,” 2017. 3.
- [12] Lightwave, “Fujitsu expands 1FINITY data center interconnect line,” 2017. 3.
- [13] Lightwave, “Juniper networks provides multilayer data center interconnect approach,” 2017. 3.
- [14] Lightwave, “SwissIX targets data center interconnect with Coriant Groove G30 deployment,” 2016. 11.
- [15] Nokia, “Nokia 1830 PSS cloud DCI solutions,” 2017.

- [16] Lightwave, "Sales of disaggregated WDM systems for data center interconnect up 225% year-over-year: Dell'Oro," 2017. 8.
- [17] Lightwave, "A snapshot of today's data center interconnect," 2016. 6.
- [18] Lightwave, "Editorial guide SDN/NFV and optical networks," 2017. 9.
- [19] Lightwave, "DCI-optimized technology solutions: the next wave," 2017.
- [20] Nokia, Strategic white paper, "Cloud interconnect for enterprise and public sector," 2016.
- [21] ADVA, "Connectivity in a world of data centers," 2017.
- [22] Lightwave, "Cloud automation enhances optical data center interconnect," 2017. 3.