

## 차세대 액세스 네트워크 진화방향

### Evolutions in Next Generation Access Network

박재형\*, 김근영, 박근열, 김진희

(Jaehyoung Park, Geun-Young Kim, Kun Youl Park, Jin Hee Kim)

**Abstract :** This article describes a definition of next generation access network, and introduces the researches about a candidate optical links for the next generation access network, and a trend of standardization of Next Generation Access (NGA). Expansion in reaches of access network enables to the evolutions to the metro-access union system. Also, this paper reviews the access network in Korea, and suggests the requirements for the system in NGA.

**Keywords:** Next Generation Access (NGA), Passive Optical Network (PON),

#### I. 서론

최근, 인터넷의 일반화를 넘어 미디어 서비스와 각종 개인 콘텐츠 등이 늘어가고 있는 시기와 맞물려, 인터넷 트래픽의 급격한 증가로, 백본 망의 증설뿐만 아니라 가입자 망의 대역폭도 폭발적으로 증가가 요구되면서, 국내외적으로 FTTH에 대한 보급이 활발하게 이루어지고 있다. 기존의 동선으로 제공되던 방식의 한계를 극복하고자 FTTH 방식이 요구되었으나, 막대한 투자비를 해결하지 못해서 도입이 미뤄지다가 점 대 다점 방식의 수동 광 네트워크 기술인 PON(Passive Optical Network) 방식의 기술이 개발되면서 가입자 단까지도 광섬유가 들어가는 FTTH의 도입이 실현되었다. 이러한 PON 방식을 근간으로 TDM과 WDM 방식을 각각 채용한 EPON, GPON, WDM-PON 등에 대한 개발과 상용화가 이루어져서, 현재 국내외적으로 EPON을 중심으로 GPON, WDM-PON 등의 다양한 방식의 FTTH 장비가 상용화가 이루어지고 보급이 되고 있다. 이와 같이 PON방식의 FTTH 장비들은 광으로 집까지 간다는 점에서, 거리의 제약을 극복할 수 있는 기술이라는 장점을 가지고 있다. 각, 회사와 연구소들은 이러한 장점에 기반해서 현재의 FTTH 장비가 도입되어서 커버하고 있는 액세스 구간의 길이를 늘이고, 장비의 수용 능력을 높이는 기술의 개발에 주력하고 있으며, 기존의 장비를 수용하면서 차세대 PON을 수용하기 위한 Next Generation Access(NGA)에 대한 관심이 FSAN을 비롯해서 표준화 시도와 함께 많은 단체들로부터 관심 속에 많은 연구가 계속되고 있다.

본고에서는, 이러한 차세대 액세스 망의 진화에 대해서 연구되고 있는 기술들에 대해 간단히 조명하고, 국사의 효율화와 통합 서비스 액세스 망으로서의 NGA의 개념을 정립하겠다. 또한, 액세스 망의 확장을 바탕으로 한 서비스 통합 망으로 진화하기 위한 망구조 및 망 현황, 앞으로 요구될 NGA에 필요한 장비들이 갖춰야 할 요구사항들에 대해 기술하겠다.

#### II. 차세대 액세스 망 기술 및 표준화 동향

차세대 액세스 망 (Next Generation Access) 은 현재 20km 이하의 first mile에 집중되어 있는 액세스 망 기술을 고분기 광역 PON 기술을 근간으로 통합 서비스를 제공할 수 있는 simple network 형태의 진화된 액세스 망이라고 정의할 수 있다. 시스템 구조 측면에서는 그림. 1과 같이 액티브 다단 구조로 되어 있는 현재 구조의 개선을 통한 망의 단순화와 장비의 수동화와 단순화를 통한 운용 효율화의 의미가 있고, 서비스 제공의 측면에서는 Triple Play Services (TPS) 제공을 위한 대역폭 증가 측면과, 현재 제공되고 있는 다양한 서비스의 통합 제공을 통한 망 단순화 측면에서의 의미를 찾을 수 있다.

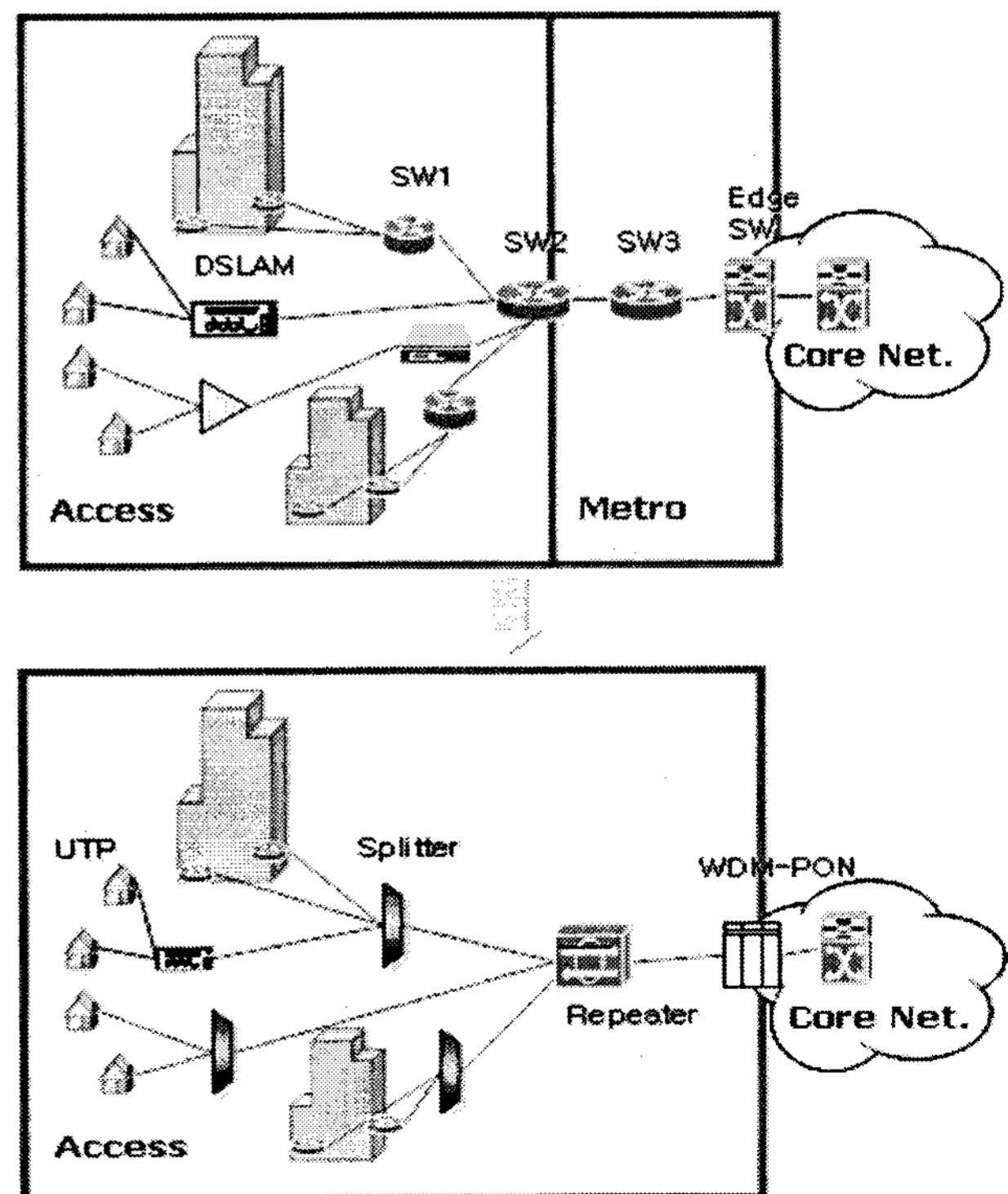


그림. 1. 액세스 망구조 진화 방향  
Fig. 1. Evolution trend of access network

\* 책임저자 (Corresponding Author)

박재형\*, 김근영, 박근열, 김진희 :KT 인프라연구소

(ihpark76@kt.co.kr, gykim@kt.co.kr, quasar2@kt.co.kr, kimjhl@kt.co.kr)

### Evolution scenario v2.4

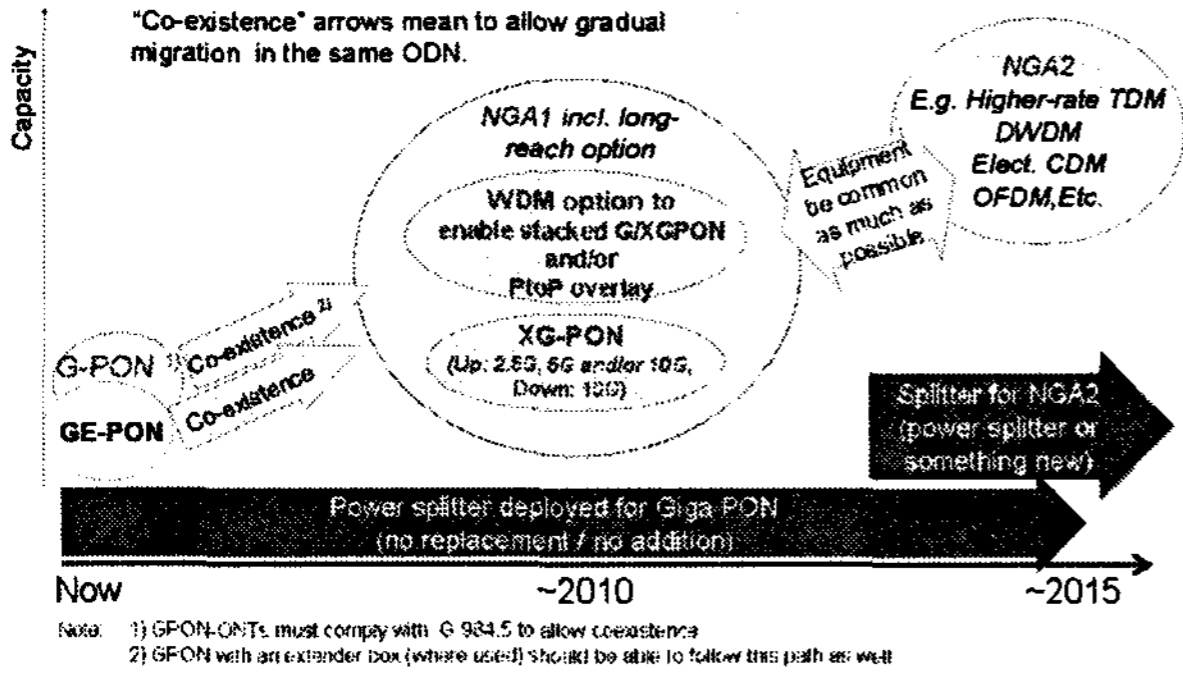


그림 2. FSAN의 NGA 로드맵  
Fig. 2. NGA Roadmap of FSAN

이러한 차세대 액세스 망의 기술에 대한 개발 및 논의는 10G EPON을 중심으로 하는 IEEE 진형과, GPON을 기반으로 한 WDM-TDM과 10G GPON 등을 생각하고 있는 FSAN의 두 진영에서 각각 표준화가 진행되고 있으며, 기술 개발도 이와 발맞추어 이루어져 가고 있다. 10G EPON의 경우 현재 IEEE에서 물리 계층의 10Gb/s 10-12이하의 BER 구현을 목표로 하고 있으며, 하향은 10Gb/s, 상향은 1Gb/s와 10Gb/s의 dual rate를 목표로 표준화가 진행되고 있다. 현재는 ONU 수신 측에 PIN PD를 쓰고, OLT 송신 측에 증폭기를 포함한 높은 파워의 광원을 사용하는 진영과, ONU 수신 측에 APD를 쓰고, OLT 송신 측에 상용의 낮은 파워의 광원을 사용하는 진영의 대립 구도가 해결이 안되어서 진행이 지체되고 있는 상태이다. 거리는 10km, 20km, 30km에 대해서 규격을 제안하고 있다 [1].

FSAN 쪽은 GPON을 수용하는 것을 기본으로, 차세대 액세스 기술이 GPON과 공존할 수 있는 방향으로 다양한 방법들에 대해서 전망하고 있다. 10G GPON인 XG-PON과 WDM-TDM 기술을 모두 고려하고 있으며, 거리 측면에서는

IEEE의 10G EPON과 다르게, 40km~100km까지 확장시키는 것도 차세대 액세스 기술의 한 방향으로 전망하고 있다. 구체적인 방향은 아직 정해지지 않고, 다양한 가능성을 다 놓고, 논의하고 있으며, 계속 수정되고 있지만, 작년 11월에 발표된 로드맵은 그림 2와 같다 [2]. 이 그림에서 볼 수 있는 것처럼, 현재 FTTH 기술로 포설되고 있는 GPON과 GE-PON을 수용하는 것을 바탕으로 해서 1차 NGA 로드맵은 액세스의 전송 거리를 늘이는 방향으로 하향 10Gb/s에 상향은 2.5Gb/s, 5Gb/s와 10Gb/s까지 다양한 bit rate에 대한 XG-PON을 고려하고 있는 방향 하나와, 기존에 깔려있는 TDM PON을 모아서 WDM으로 수용하는 두 가지 방향으로 로드맵을 잡고 있다. 그 후에 약 2015년 정도에 고속의 TDM-DWDM과 CDM (Code Division Multiplexing)과 OFDM등에 대해서도 고려를 하고 있다.

표준화와 병행하여 세계의 여러 나라에서 연합체를 결성하여, 차세대 액세스 솔루션에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 높은 bit-rate의 colorless 광원을 이용한 WDM-TDM PON에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. BT에서는 OEO 방식의 WDM-TDM Long-reach PON에 대해서 2.5Gb/s, 64분기로 논리적 / 물리적 거리를 135km까지 확장하였고 [3], NTT에서는 Carrier 분배 방식의 광원을 편광 무의존 SOA로 변조하여 사용하는 방식을 사용해서 1.25Gb/s의 전송 속도에 대해 80km의 시스템을 보여주었다 [4]. 이러한 많은 그룹 중에서 BT, SIMENS, Alcatel, CIP, IMEC, Tyndall이 연합체가 되어 결성된 PIEMAN project는 그 규모나 연구성과에서도 빠른 행보를 보이고 있다. 이 연합체는 BT 주도로 유럽의 시스템 및 소자 업체가 개발 컨소시엄을 구성한 것으로, 100km의 거리, 광증폭기를 사용하고, 상하향 10Gb/s, 32파장에 파장당 512가입자까지 수용하는 것을 목표로 연구하고 있다. 이 컨소시엄에서 개발 중인 시스템 하나에 대해 살펴보면, 그림 3처럼 Reflective ONU type으로 feeder fiber를 2코어로 사용하고, 스펙트럼 확장 / offset filtering으로 반사의 영향을 감소 시키고, 위상변조기를 추가로 사용하여, 256분기까지 구현을 하였다 [5].

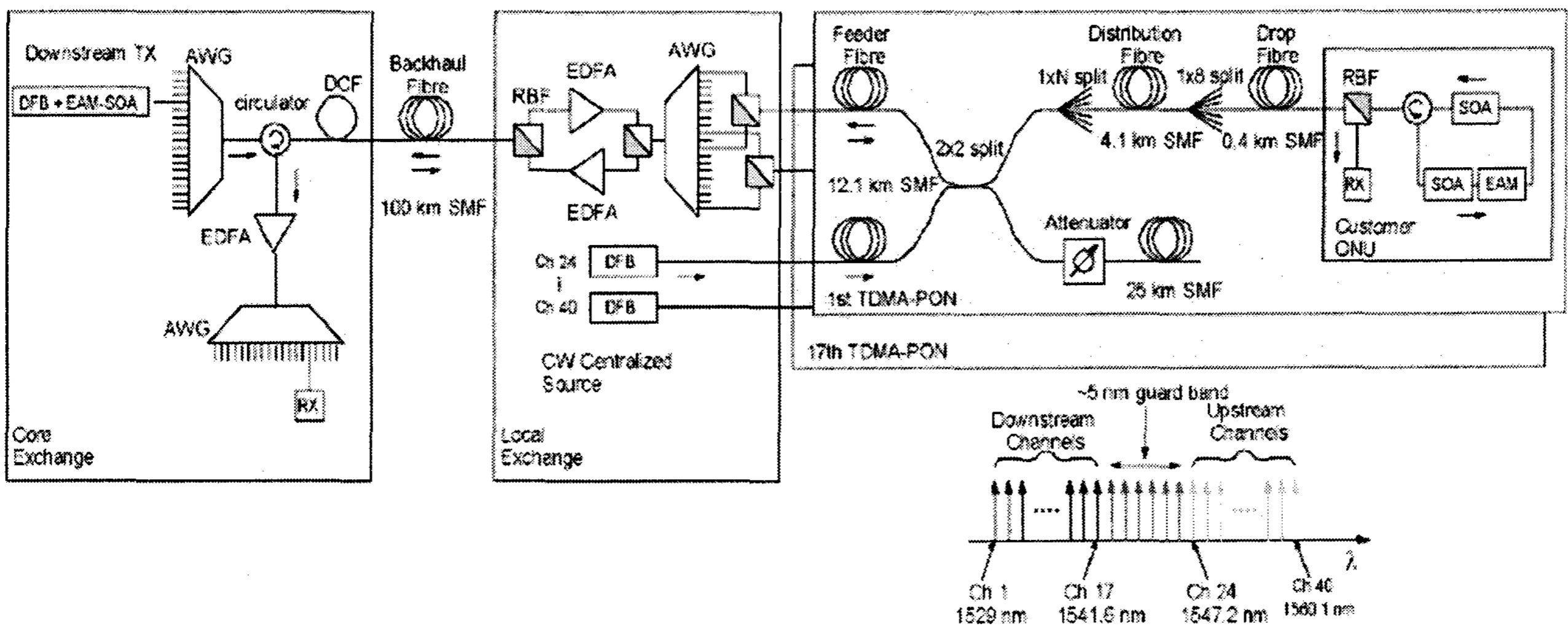


그림 3. PIEMAN project에서 개발한 EAM-SOA colorless 광원의 NGA PON 시스템  
Fig. 3. NGA PON System using EAM-SOA colorless source in PIEMAN project

III. 국내 망 구조에 기반한 차세대 액세스 망 요구사항

국내 액세스 망은 현재 많은 가입자를 수용하기 위한 다단 집선 구조로 이루어져 있다. 그림. 4에서는 엔토피아 등의 액티브 광 네트워크 (Active Optical Network)의 평균 집선비와 링크당 가입자수를 볼 수 있다. 이러한 고집선비의 결과로, 가입자당 평균 보장 속도는 170kb/s ~ 230kb/s로 가입자당 제공해주는 최대 대역폭에 비해서 현저히 작은 대역폭을 보장하는 아주 고밀도의 집선이 이루어져 있는 구조이다. 이러한 다단 집선 구조는 앞으로 제공될 IPTV나 가입자 제공 콘텐츠 (User Created Contents) 등의 신규 미디어 트래픽을 수용하기에는 부적합한 망 구조이다. 또한, DSL에서 FTTH까지 기술별 단계적인 도입 및 업그레이드로 인해서 서비스 별로 집중국까지의 망이 따로 구축되어 있어서, 운용상의 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 차세대 액세스 망이 필요하게 되고, 이의 적합한 한 형태로, 현재의 액세스망을 광역 PON 기술을 근간으로 액세스와 메트로가 융합된 simple network 형태의 진화된 액세스 망을 구축하는 것이 좋은 대안으로 제시되고 있다. 이러한 메트로-액세스 통합망을 구축하기 위해서는 고분기, 장거리, 광대역 PON 기술이 필요하고, 운용의 효율화를 위해 수동소자를 이용한 분기수를 늘리고, L3 스위치 등의 능동장비를 통한 분기 수를 줄이는 방향으로 나아가야 한다.

서비스 수용 측면에서도 PSTN(전화) 서비스의 VoIP화가 진행되고 있고, 인터넷 접속서비스와 방송 서비스의 수용 등에서 기업 사설 전용망을 제외한 대부분의 서비스가 인터넷 접속 서비스로 통합될 수 있다. 그러므로, NGA는 All-IP 서비스의 수용을 위한 네트워크가 되어야 하고, 서비스별 네트워크의 통합이 이루어져야 한다. 이처럼 인터넷 장비와 서비스 장비의 집중 관리를 통해 투자비의 절감과 더불어 유지보수 등의 운용 비용 절감 효과도 거둘 수 있다. 또한 그림 4와 같이 다단 구조의 홉 수를 줄여 망 계위를 단순화하고, 서비스의 품질을 향상시킬 수 있다. 이러한 현재 망의 상황과 차세대 서비스를 수용하기 위해서는 NGA에 대한 네트워크의 구조, 전송 거리, 시스템 수용 용량, 옥외 기반 시설 (Outside Plant) 구조 별, 또한 생존성 확보 측면에서의 망의 구조 등에 대해서 각각 요구조건을 도출하는 것이 필요하다.

1. 네트워크 구조 측면

가입자와 수용국 사이의 망 구조는 다양한 사업자간의 경

쟁으로 인하여, 수용과 철거를 반복적으로 필요하기 때문에 링 구조의 형태의 완성된 망 구조는 적합하지 않으며, 기존의 FTTH가 포설되는 것과 같이 스타형 PON 망의 구조가 적합하다. 반면, 현재 수용국과 집중국 사이의 구간의 경우는 시내와 대도시는 점대점 구조로 구성되는 것이 효율적이지만, 시외망의 경우 이중 WDM 환형망으로의 구성도 적합하다고 할 수 있다.

2. NGA를 위한 국사 광역화의 전송 거리

현재의 first 1 mile에 집중되어 있는 액세스 망의 구조에서 수용국과 집중국까지의 거리는 해외의 경우 100km까지의 거리를 수용하는 것으로 NGA에 대한 조건을 잡고 있지만, 국내의 경우 시내인 경우 20km, 시외 지역을 포함하는 경우에는 40km 정도의 coverage만으로도 꽤 많은 비율의 지역을 NGA 망을 통해 수용할 수 있다.

3. 시스템 수용 용량 측면

메트로-액세스 통합을 통해서 장비의 집중 관리를 위해서는 기존의 수용국들에서 수용하고 있는 가입자들의 수만큼 집중국에 있는 장비로 수용을 해야 한다. 이러한 측면에서 새로운 NGA 장비는 상면적을 최소화하기 위한 시스템의 설계가 필요하고, 고밀도의 OLT가 필요하게 된다. 기존의 백본망으로 수용되고 있는 포트의 증설이 없이 NGA 장비가 집중국에서 수용이 되기 위해서는 기존 집중국에 있는 L3 스위치가 수용하고 있는 약 3,000~4,000 명 정도의 가입자 수용 능력을 보유해야 함을 알 수 있다. 또한 수용국과 집중국 간의 광코아를 절감하기 위해서 WDM의 다중화는 반드시 필요한 조건이다.

4. OSP 구조 별로 필요한 요구 조건

국내의 거주 별 형태를 보면, 수용 가입자 측면에서는 아파트 등의 집단 거주지역이 약 70% 정도를 차지할 정도로 많지만, 실제 가입자를 수용해야 하는 면적으로 보면, 일반 주택 가입자도 고려하지 않을 수 없다. 이 때, 아파트 같은 집단 거주 지역은 다단분기 능력은 떨어지더라도, 고분기 능력을 가진 장비가 적절하고, 일반 주택 지역은 현재의 OSP를 활용 가능한 구조가 적합하며, RN에서 단자함까지의 광케이블 투자비를 줄일 수 있는 아닌 다단 분기형태의 고분기 구조가 필요하므로, TDM 구조가 적합하다.

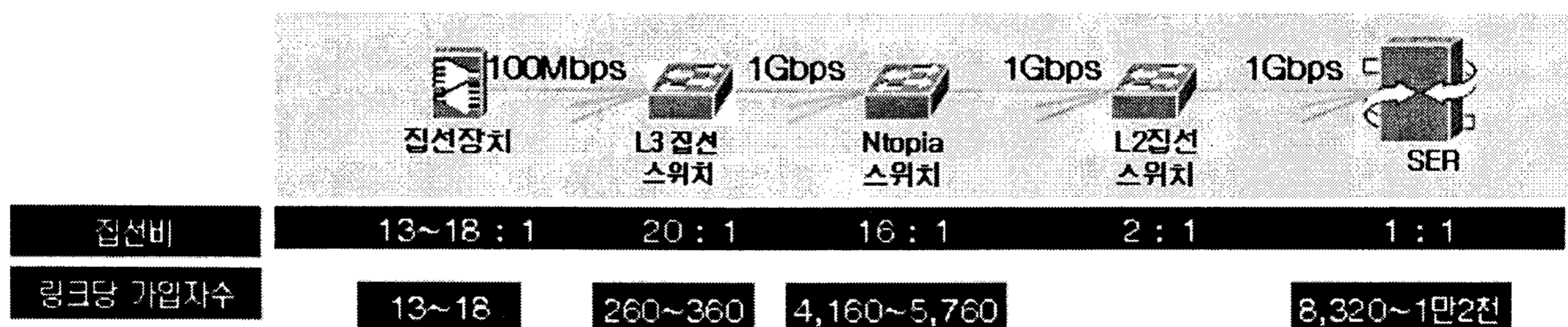


그림. 4. 능동 광 네트워크 기반 광랜의 집선 구조 및 링크당 평균 가입자 수  
 Fig. 4. Concentration structures and average users per a link in Active Optical Network based optical LAN



### 5. 생존성 확보 측면

가입자단의 스타형태의 PON 구조는 생존성 보장이 어렵다는 단점을 가지고 있지만, 비용 효율 측면에서 가입자 단의 이중화는 효율적이지 못하기 때문에 생존성 보장 부분은 포기할 수밖에 없는 것이 현실이다. 반면, 국사 광역화를 통한 액세스 망의 광역화가 이루어질 경우, 현재의 수용국과 집중국 사이의 구간은 많은 가입자를 한 광코어에 수용하고 있기 때문에 생존성 보장이 필요하다. 그러므로, 이 구간의 경우 환형망의 구성을 통한 전송로 이중화가 필요하다. 하지만, 현실적으로 환형망 구성이 어려운 경우도 많이 있기 때문에, 관로의 이중화를 통한 생존성 보장도 고려되어야 할 사항이다.

### VI. 결론

본 논문에서는 차세대 액세스 네트워크를 위한 표준화쪽에서의 진행 상황과, 각 컨소시엄을 통한 각국의 광링크 기술 동향에 대해서 간단히 살펴보고, 차세대 액세스 네트워크의 정의와 차세대 액세스 네트워크의 진화를 위해 필요한 요구조건에 대해 살펴보았다. 단순히 망의 광역화만도 아니고, 통합 서비스의 제공을 통한 망의 단순화를 제공할 수 있는 통합 플랫폼의 제공이 NGA를 위해 필요할 것이고, 이러한 NGA의 보급을 통해 IP 기반의 서비스들의 지속적인 증가와 중앙 집중형 관리를 통한 장비 운용 효율성의 향상을 얻을 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] 윤호성, 강대경, 박형진, 김진희, "FTTH 기술 표준화 동향," KTR&D Zine 표준화 동향 제1호, 2007.7
- [2] Russel Davey and Jun-ichi Kani, "Next-generation Optical Access Networks: Summary and Next Steps," FSAN Operators Meeting, June 2007
- [3] Russell P. Davey, Peter Healey, Ian Hope, Phil Watkinson, Dave B. Payne, Oren Marmur, Jörg Ruhmann, and Yvonne Zuiderveld, "DWDM Reach Extension of a GPON to 135km," *Journ. Of Lightwave Tech.*, vol. 24, no. 1, pp. 29-31, Jan. 2006
- [4] Hirota Nakamura, Hiro Suzuki, Jun-ichi Kani, and Katsumi Iwatsuki, "Reliable Wide-Area Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network Accommodating Gigabit Ethernet and 10-Gb Ethernet Services," *Journ. Of Lightwave Tech.*, vol. 24, no. 5, May 2006.
- [5] Giuseppe Talli, Member, and Paul D. Townsend, "Hybrid DWDM-TDM Long-Reach PON for Next-Generation Optical Access," *Journ. Of Lightwave Tech.*, vol. 24, no. 7, July 2006.

### 박재형

1999년 서울대학교 전기공학부 (공학사)  
2001년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학석사)  
2006년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학박사)  
2006년~현재 KT인프라연구소 FTTH솔루션개발담당 근무.  
관심 분야는 광가입자망, 광전송, 광증폭기

### 박근열

1999년 부산대학교 전자공학과 (공학사)  
2001년 한국과학기술원 전자전산학과 (공학석사)  
2006년 한국과학기술원 전자전산학과 (공학박사)  
2006년~현재 KT인프라연구소 FTTH솔루션개발담당 근무.  
관심 분야는 광가입자망, 레이저다이오드, 광증폭기

### 김근영

1994년 경북대학교 물리학과 (이학사)  
1996년 서울대학교 물리학과 (이학석사)  
1997년~현재 KT인프라연구소 FTTH솔루션개발담당 근무.  
관심 분야 파장분할다중화 전송기술, 광네트워크 및 PON 기술

### 김진희

1987년 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
1991년 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
1991년~현재 KT 인프라연구소 FTTH솔루션개발담당 차세대 액세스솔루션개발팀 부장  
관심 분야는 광가입자망 전송기술, PON기술