



# 미래통신 · 전파 지능형 네트워크



# 목차

## 지능형 네트워크

### I

#### 표준화 개요

1.1. 기술 개요 .....	167
1.2. 중점 표준화 항목 .....	169
1.3. 표준화 비전 및 기대효과 .....	177

### II

#### 국내외 현황분석

2.1. 연도별 주요 현황 및 이슈 .....	182
2.2. 정책 현황 및 전망 .....	183
2.3. 기술개발 현황 및 전망 .....	185
2.4. IPR 현황 및 전망 .....	198
2.5. 표준화 현황 및 전망 .....	202
2.6. 오픈소스 현황 및 전망 .....	228

### III

#### 국내외 표준화 추진전략

3.1. 표준화 SWOT 분석 .....	232
3.2. 중점 표준화 항목별 국내외 추진전략 .....	233
3.3. 오픈소스 국내외 추진전략 .....	264
3.4. 중기(3개년) 및 장기(10개년) 표준화 계획 .....	265

작성위원 .....	268
------------	-----

참고문헌 .....	269
------------	-----

약어 .....	271
----------	-----

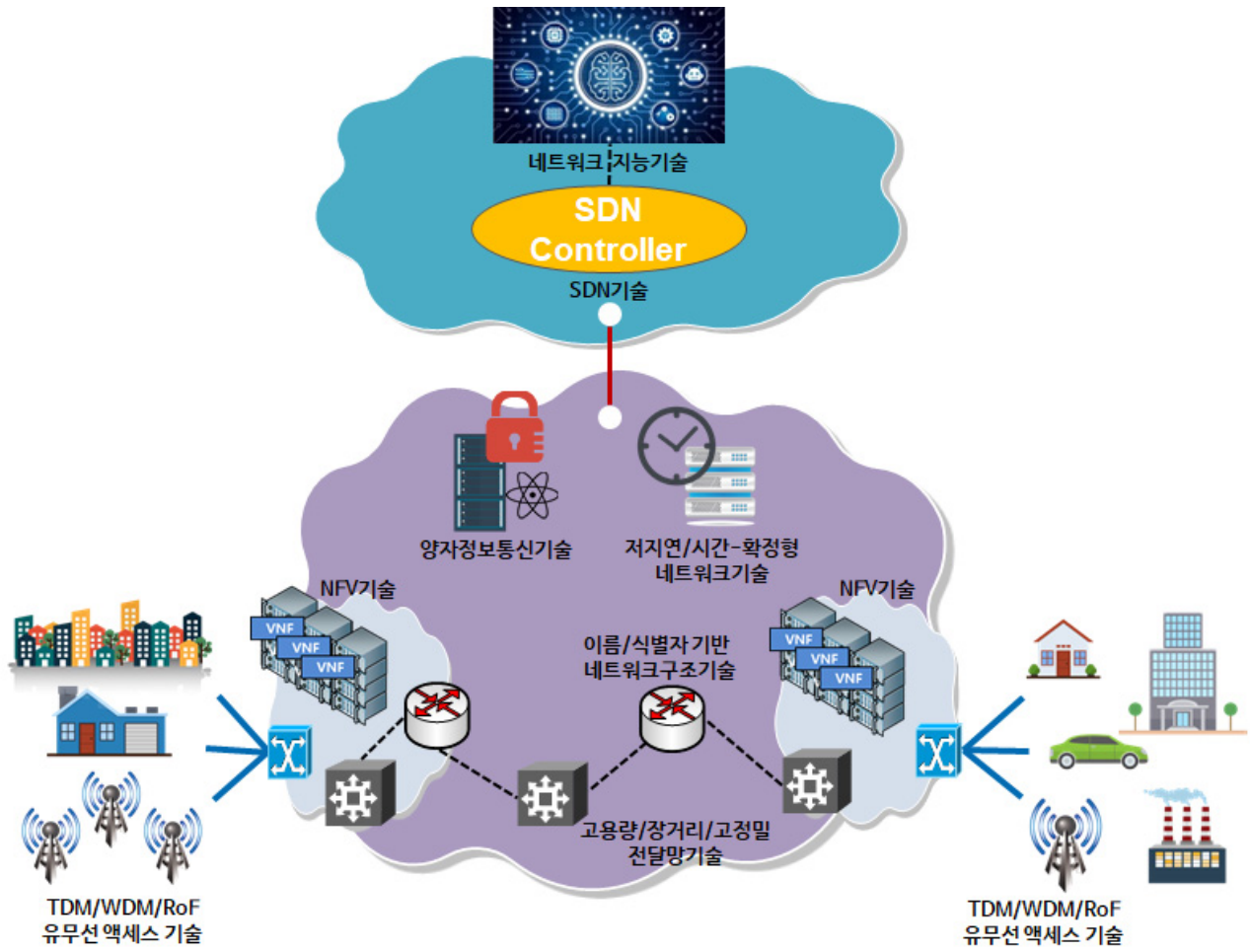


## I. 표준화 개요

### 1.1. 기술 개요

지능형 네트워크 기술은 지능 기반의 4차 산업혁명 및 혁신성장을 위해 공통으로 사용될 네트워크 및 인프라 기술들을 총칭하며, 세부적으로는 SDN(Software-Defined Networking), NFV(Network Functions Virtualization), 네트워크 지능 기술, 저지연/시간-확정형 네트워크 기술, 양자 정보통신 기술, 네트워크 구조 기술, 전달망 기술, 유무선 액세스 기술 등을 포괄적으로 포함

- **(SDN 기술)** 제어 부분과 데이터 전송 부분을 분리하여 스위치, 라우터와 같은 네트워크 장비의 기능을 외부에서 정의할 수 있는 개방형 API를 제공, 소프트웨어적으로 네트워크 경로 및 제어 등을 동적으로 프로그램 할 수 있도록 함으로써 다양한 융복합 서비스를 위한 최적화된 네트워킹 환경을 구현할 수 있도록 하는 기술
- **(NFV 기술)** 통신 사업자들이 사용하고 있는 네트워크 장비내의 네트워크 서비스 기능들을 하드웨어 전용 장비로 부터 범용 서버 등으로 분리시켜 소프트웨어적으로 유연하게 제어 및 관리가 가능하도록 가상화시키는 기술
- **(네트워크 지능 기술)** 기계학습과 같은 인공지능 기술을 활용한 자율 의사 결정 방식을 통해 네트워크를 자동적으로 중단 간(재)설정, 제어, 관리 및 오케스트레이션 등이 가능하도록 하는 기술
- **(저지연/시간-확정형 네트워크 기술)** 범용 패킷 네트워크를 통해 실시간 원격 제어제측, 스트리밍, 데이터 동기화 등 다양한 시간-민감형 및 임무-중요형 서비스를 일반 트래픽이 혼재된 상태에서도 확정된 지연 시간 내에 전달하고 네트워크 장애 시에도 중요 트래픽을 손실 없이 전달할 수 있도록 하는 기술
- **(양자 정보통신 기술)** 안전한 통신을 위해 양자 역학적 특성을 이용한 양자 암호의 양자 암호 키 분배(QKD: Quantum Key Distribution) 기술로 물리적 입자의 전달이 아닌 큐비트를 전송하는 기술
- **(네트워크 구조 기술)** 기존 TCP/IP 네트워킹 기술과는 차별화된 새로운 네트워킹 구조에 관한 기술로 기존 호스트기반 네트워킹과 차별화 된 정보중심 네트워킹 기술과 새로운 식별자를 정의하고 식별자에 따른 패킷 전달 기술을 포함한 네트워킹 기술
- **(전달망 기술)** 메트로 및 장거리 통신망에서 L0에서 L2까지의 전송 및 스위칭 기술로써 기간 통신망 요구 수준의 고용량 장거리 광전송 및 망 관리/유지/보수, 장애 시 50ms 이내 트래픽 복구, 고정밀 망동기 등이 지원되는 네트워크 기술
- **(유무선 액세스 기술)** 모바일 광액세스 기술과 아날로그 광액세스 기술을 사용하여 저지연 모바일 5G 서비스와 광대역 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 기술



<지능형 네트워크 기술 개요도>

## 1.2. 중점 표준화 항목

### ○ 중점 표준화 항목 범위의 설정

- (중분류 범위 설정) 지능형 네트워크 기술은 SDN 기술, NFV 기술, 네트워크 지능 기술, 저지연/시간-확정형 네트워크 기술, 양자 정보통신 기술, 네트워크 구조 기술, 전달망 기술, 유무선 액세스 기술 요소로 포괄적으로 나눌 수 있음
- (SDN 기술) 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술, SDN 응용을 프로그래밍하기 위한 인터페이스 및 서비스 추상화 기술, 다중 계층·다중 도메인 SDN 네트워크의 연계 확장을 위한 SDN 광역망 및 종단간 하이브리드 연동/전송계층 기술로 범위를 설정
- (NFV 기술) 멀티 VNF 및 네트워크 서비스 지원을 위한 NFV 플랫폼에 해당하는 MANO 인터페이스기술, 멀티 도메인 간 서비스나 자원 가상화 지원을 위한 분산 NFV 운용 및 서비스 기술, 멀티 벤더 제품 간 상호운용성 확보를 위한 NFV 시험 기술로 설정
- (네트워크 지능 기술) 네트워크 지능화를 위한 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조와 이를 구체적으로 실현하기 위한 인공지능 연동 인터페이스 및 정보모델링 기술로 설정
- (저지연/시간-확정형 네트워크 기술) 네트워크 특성 중 지연, 손실 등에 영향을 받는 범용 및 산업용 시간-민감형 서비스를 지원하기 위한 L2~L4 기반 네트워킹 기술들로 설정
- (양자 정보통신 기술) 양자 암호망 기술, 양자 정보통신 시험 및 인증 기술, 양자 기반의 정보통신 소자 기술로 설정
- (네트워크 구조 기술) 기존 TCP/IP 네트워크와는 차별화된 새로운 정보중심 네트워킹 기술, 통신지연을 감내하는 네트워킹 기술, 식별자 로케이터분리기술과 식별자기반 패킷 전달 기술들로 설정
- (전달망 기술) 메트로 및 장거리 통신망에서 L0에서 L2까지의 전송 및 스위칭 기술로써 고용량 장거리 광전송과 고정밀 망동기 및 시각 정보 분배, 높은 수준의 망가용성을 위한 보호 및 복원 등을 지원하기 위한 네트워크 기술로 설정
- (유무선 액세스 기술) 맥내에 고속 인터넷을 제공하기 기술과 대용량 비즈니스 및 모바일 서비스를 제공하기 위한 액세스 기술로 구분하여 이를 위해 광가입자망 기술과 모바일 광액세스 기술 그리고 Converged PON 기술 및 5G 서비스를 위한 아날로그 모바일 광액세스 기술과 아날로그 광송수신 기술 등으로 설정
- (중점 표준화 항목 선정 이유) SDN 기술은 현 시점에서 표준화 및 기술 개발이 중점적으로 이루어지고 있는 제어/장치 추상화 인터페이스 기술과 다중계층·다중도메인 확장 기술을 중심으로 중점 표준화 항목을 선정. NFV 기술은 실질적 NFV 상용화를 위해 요구되는 멀티 도메인/사이트간 NFV 운용 및 서비스 기술 그리고 NFV 시험 기술을 선정. 네트워크 지능 기술은 현 시점에 표준화가 시급히 요구되는 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조 중심으로 중점 표준화 항목을 선정. 저지연/시간-확정형 네트워크 기술은 전통적인 네트워크 및 다양한 산업융합네트워크 적용을 목표로 관련 표준 개발이 활발히 진행 중인 Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹(TSN) 기술과 IP 또는 MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹(DetNet) 기술을 중점 표준화 항목으로 선정. 양자 정보통신 기술은 국내에서 연구가 활발히 진행되고 있으나 국제표준화 체계 수립이 미약한 양자 기반의 정보통신 소자 기술을 제외하고, 양자 암호망, 양자 정보통신 시험 및 인증 등 상업화에 필수불가결한 기술을 중점 표준화 항목으로 선정. 네트워크 구조 기술은 혁신적 네트워킹 구조 기술 가운데 중·단기적 기술 활용도가 높아

지속적인 기술개발 및 표준화가 지속될 수 있는 정보중심네트워킹기술과 식별자기반 패킷 전달 기술을 중점 표준화 항목으로 선정. 전달망 기술은 국제 표준화 기구 및 단체에서 회의 참석 인원과 개발 표준 초안 개수 측면에서 가장 활발한 활동을 보이는 고용량 장거리 광전송 기술, 망동기 및 시각 정보 분배 기술을 중점 표준화 항목으로 선정. 유무선 액세스 기술은 모바일 서비스 및 광대역 서비스 지원에 대한 요구 및 필요성이 높아짐에 따라 모바일 광액세스 기술과 아날로그 모바일 광액세스 기술을 중점 표준화 항목으로 선정

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
SDN 기술	SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술	<p>네트워크 장비의 기능을 정의할 수 있는 인터페이스를 제공, 소프트웨어적으로 네트워크 기능을 동적으로 프로그램 할 수 있는 제어 인터페이스(SBAPI: Southbound API)와 SDN 장치에서의 데이터 전송 및 이와 관련된 네트워크 기능 추상화 표준/시험 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오픈플로우 표준 (ONF)</li> <li>- NetConf, gNMI/gNOI, OpenConfig, RESTConf 등 동적설정 표준 (IETF, ONF, ODL, ONOS)</li> <li>- L4-L7 네트워크 기능 추상화 표준 (ONF)</li> <li>- P4, Stratum 등 프로그래머블 데이터전송 표준 (ONF, ONOS)</li> <li>- SDN Switch/ Controller 성능 시험 기술 (IETF, ONF, ONOS)</li> <li>- CORD/ONOS 적합성 시험 기술 (ONF, ONOS)</li> </ul>	ONF, ONOS, ODL, IETF NetConf, IETF BM	⑤	O
	SDN 광역망 및 End-to-end 하이브리드 연동/전송계층 기술	<p>다중 계층/다중 도메인 SDN 네트워크의 확장성을 지원하기 위한 SDN 광역망 및 이종/레거시 네트워크 간 하이브리드 연동기술, 트랜스포트 SDN의 구조/모델링/인터페이스 기술과 제어/관리 기술 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SDN/오픈플로우/End-to-End 하이브리드 기술 및 구조 표준 (ONF, ONOS)</li> <li>- SDN 다중네트워크 연결 및 오버레이/마이그레이션 표준 (ONF, IETF, ODL, ONOS)</li> <li>- SDN 광역망 프로바이더 상호연동 기술 표준 (MEF/TM Forum)</li> <li>- T-SDN 구조 및 서비스 기술 (IETF, ITU-T, ONF)</li> <li>- T-SDN 네트워크 제어 및 관리 기술 (IETF, ITU-T, ONF)</li> <li>- ODTN 등 개방/분리형 전송망 기술 표준 (ONF)</li> </ul>	ONF, IETF TEAS, IETF CAMP, IETF POE, ITU-T SG15 WP3 Q12/Q14, MEF, ONOS, ODL	⑤	O
	SDN 응용 인터페이스 및 서비스 추상화 기술	<p>SDN 응용을 소프트웨어 적으로 프로그래밍하기 위한 인터페이스(NBAPI: Northbound API) 및 이와 관련한 언어, 검증 도구 관련 기술 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SDN 응용 인터페이스 표준 (ONF, ODL, ONOS)</li> <li>- UML/OpenAPI/Core Model 등 정보/데이터모델링 기술 및 Yang 표준 (IETF, ONF)</li> <li>- SDN Intent/언어 및 명세 표준 (IETF, ODL, ONOS)</li> </ul>	ONF, ONOS, ODL, IETF NetMod	⑤	X



표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
NFV 기술	분산 NFV 운용 및 서비스 기술	<p>멀티 NFV 도메인간 서비스/가상화 자원 운용, 네트워크 슬라이싱 지원, 엣지 컴퓨팅, 가상화 효율을 위한 클라우드 네이티브(Cloud Native) 가상화, 과금/빌링/라이센싱 등에 대한 운용 기술 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 멀티 사이트 서비스 지원 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 과금/빌링/라이센싱 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 클라우드 네이티브 기반 가상화 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- NFV에서의 엣지 컴퓨팅 지원 표준 (ETSI NFV, ETSI MEC)</li> <li>- 서비스 및 네트워크 슬라이싱 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 초저지연 오케스트레이션 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- MANO, VNF, 가상 스위치 기능 가속화 (acceleration) 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 가상화 Enabler for 5G 지원 표준 (ETSI NFV)</li> </ul>	ETSI NFV, ETSI MEC, ONAP, OSM, OPNFV	③	O
	NFV 시험 기술	<p>멀티 벤더들의 네트워크 기능 가상화 장비 및 소프트웨어 간 상호 운용성 및 적합성 확보에 요구되는 시험 기술 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MANO 상호운용성 시험 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- MANO 오픈 API 적합성 시험 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- MANO 성능 시험 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- NFV 인프라의 벤치마킹 및 성능지표 측정방법 표준 (ETSI NFV)</li> </ul>	ETSI NFV, OSM, OPNFV	⑤	O
	MANO 인터페이스 및 오픈 API 기술	<p>네트워크 기능 가상화 프레임워크에서 운용 관리 시스템(OSS/BSS), 오케스트레이터(NFVO), 가상 네트워크 기능(VNF), 가상 네트워크 기능 관리자(VNFM), 가상 인프라 자원(NFVI)간 인터페이스 확장 및 관련 오픈 API 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MANO 인터페이스 확장 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- MANO API 확장 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- MANO 기능블럭 자동 분산 인터페이스 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 서비스 운용 및 서술자 기술 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- NFV 보안 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 네트워크 서비스 및 VNF 재사용/공유 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 네트워크 서비스 및 VNF 소프트웨어 자동 업데이트 및 업그레이드 표준 (ETSI NFV)</li> <li>- 서비스/가상자원 관리 정책 자동 설정, 배포, 오류 발견기능 표준 (ETSI NFV)</li> </ul>	ETSI NFV, ONAP, OSM, OPNFV	⑤	X
네트워크 지능 기술	네트워크 지능화를 위한 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조	<p>네트워크 기능의 E2E 자동화 및 지능화를 위한 요구사항 및 유즈케이스 표준과 인공지능 기반의 네트워크 데이터 분석 기능 구조 및 데이터 기반 정책(Policy), closed-loop 제어 기능 등을 포함하는 네트워크 지능 기술을 위한 참조 구조 표준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 네트워크 E2E 자동화 요구사항 표준 (ETSI ENI, ETSI ZSM, ITU-T FG ML5G)</li> <li>- 네트워크 지능화 유즈케이스 표준 (ETSI ENI, ITU-T FG ML5G)</li> <li>- 네트워크 지능기술 프레임워크 및 참조 구조 표준 (ETSI ENI, ETSI ZSM, ITU-T FG ML5G)</li> <li>- 네트워크 정책 기반 모델링 표준 (ETSI ENI, ITU-T FG ML5G)</li> <li>- 네트워크 정형/비정형 데이터 수집 및 분석, 학습 구조 표준 (ETSI ENI, ITU-T FG ML5G)</li> </ul>	ETSI ENI, ETSI ZSM, ITU-T FG ML5G	②	O

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
	네트워크 데이터 분석/인공지능 연동 인터페이스 및 정보모델링	인공지능 기반의 네트워크 데이터 분석 기능 및 네트워크 지능 기술 제공을 위한 하부 인터페이스 규격 및 정보모델링 표준 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 네트워크 지능엔진/ 운용관리시스템/ MANO간 연동 인터페이스 표준 (ETSI ENI, ETSI ZSM)</li> <li>- 네트워크 지능 기능 정보/데이터 모델링 표준 (ETSI ENI, ETSI ZSM)</li> <li>- 네트워크 데이터 분석 기능 (NWDAF) 표준 (3GPP SA2)</li> </ul>	ETSI ENI, ETSI ZSM, 3GPP SA2	④	X
저지연/ 시간-민감형 네트워크 기술	Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹 기술	LAN/MAN 규모의 브리지망에서 저지연 또는 제한된 지연 특성을 요구하는 범용 및 산업 네트워크 분야 (5G 프론트홀, 스마트공장, 자동차 등)에서의 시간-민감형 서비스 제공을 위한 L2 Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹(TSN) 기술 표준 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시각 동기 표준 (IEEE 802.1)</li> <li>- 시간-인식 스케줄링 표준 (IEEE 802.1)</li> <li>- 사이클릭 큐잉 및 포워딩 표준 (IEEE 802.1)</li> <li>- 필터링 및 폴리싱 표준 (IEEE 802.1)</li> <li>- 프레임 프리엠션 표준 (IEEE 802.1, IEEE 802.3)</li> <li>- 무손실 프레임 전달 표준 (IEEE 802.1)</li> <li>- TSN 제어/관리 표준 (IEEE 802.1)</li> <li>- TSN 프로파일 표준 (IEEE 802.1)</li> </ul>	IEEE 802.1, IEEE 802.3, IEC TC65, AVnu, OPEN	④	O
	IP/MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹 기술	TSN 도메인 연동을 통해 시간-민감형 네트워크를 확장하거나 IP 단말을 포함한 IP 라우터 망에서의 광역화된 시간-민감형 서비스 제공을 위한 L3 IP 또는 MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹(DetNet) 기술 표준 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문제정의 및 유즈케이스 표준 (IETF)</li> <li>- 아키텍처 표준 (IETF)</li> <li>- 데이터평면 인캡슐레이션 표준 (IETF)</li> <li>- MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹 표준 (IETF)</li> <li>- IP 기반 시간-확정형 네트워킹 표준 (IETF)</li> <li>- 링 토폴로지 적용 시간-확정형 네트워킹 표준 (IETF)</li> <li>- DetNet 제어/관리 표준 (IETF)</li> <li>- DetNet 보안 고려사항 표준 (IETF)</li> </ul>	IETF DetNet, IETF CCAMP, IETF TEAS	②	O
	UDP 기반 종단간 저지연 데이터 통신 기술	네트워크 종단(서버/단말)간 저지연/고신뢰/다중 스트림 데이터 송수신을 위한 L4 UDP 기반 종단간 저지연 데이터 통신 기술 표준 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저지연 및 고신뢰 연결 설정 표준 (IETF)</li> <li>- HoL 블로킹 없는 다중 스트림 지원 표준 (IETF)</li> <li>- 오류 검출 및 혼잡 제어 표준 (IETF)</li> </ul>	IETF QUIC	④	X
양자 정보 통신 기술	양자 암호망 기술	양자 정보통신의 양자 암호망에서 암호키에 대한 양자 키 분배 QKD에 대한 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- QKD의 구성요소 구현 기술</li> <li>- QKD의 인터페이스 기술</li> <li>- QKD의 프로토콜과 요구사항</li> <li>- 양자 통신망에서의 신호처리 기술</li> </ul>	ETSI QKD, ETSI QSC, JTC1 SC27	⑤	O
	양자 정보통신 시험 및 인증 기술	양자 정보통신에 대한 시험, 실증 기술 및 보안성 검증에 대한 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 양자 통신망 시험, 실증 등 구체적 검증 기술</li> <li>- 보안 요구사항과 안전성 검증</li> <li>- 보안 인증체계 규정</li> <li>- 양자 소자 및 양자망 구성 요소 시험 및 규격</li> </ul>	ETSI QKD, JTC1 SC27	①	O

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
	양자 기반의 정보통신 소자 기술	양자 기반의 정보통신 소자의 구현 및 보안성과 특성화에 대한 기술 - 양자 기반의 광중계기 기술 - 양자 난수발생기 기술 - 양자 센서 기술 - 양자 송수신기 기술	ETSI QKD, JTC1 SC27	①	X
네트워크 구조 기술	정보 중심 네트워킹 (ICN) 기반 통신 기술	정보 중심의 네트워킹을 가능하게 하는 Name 라우팅과 포워딩에 해당하는 구조 기술로, 네트워킹 프로토콜 표준과 정보 중심의 네트워킹 서비스를 위한 적용 기술에 대한 표준 - Name 라우팅 기술 (IETF) - IP망과 ICN 결합 기술 (IETF) - 미디어 서비스를 위한 ICN 적용 기술 (ITU-T) - 지능형 네트워크를 위한 ICN 응용 기술 (IETF)	ITU-T SG13, ITU-T SG11, IETF BIER, IETF ICN	⑤	O
	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술	IP 주소 대신 세그먼트 식별자를 이용하는 소스 라우팅 기반의 세그먼트 라우팅 기술과 인캡슐레이션을 사용하지 않는 네트워크 오버레이 기반의 식별자/로케이터 어드레싱 기술 - 세그먼트 식별자 기반의 패킷 전달 기술 (IETF) - 세그먼트 식별자를 플러딩(Flooding)하기 위한 라우팅 프로토콜 확장 (IETF) - 네트워크 가상화 및 이동성을 지원하기 위한 식별자/로케이터 어드레싱 유스케이스의 확장 (IETF)	IETF SPRING, IETF LSR, IETF 6MAN, IETF DMM	⑤	O
	지연 감내 네트워크(DTN) 기반 통신 기술	행성 간 통신 및 빈번한 이동성을 지닌 자동차 간 통신과 같이 긴 전송 지연, 간헐적인 연결성 환경에서 데이터 전송을 가능하게 하는 네트워킹 구조 표준 - DTN 번들 프로토콜 (IETF) - DTN 기반 데이터 전송 및 서비스 식별자 기술 (IETF) - DTN 기반 응용기술 및 보안 기술 (IETF)	IETF DTN	⑤	X
	식별자/로케이터 분리 기술	종단간 변하지 않는 식별자 영역과 네트워크전송을 위한 로케이터를 독립적으로 정의하고 식별자와 로케이터의 관계를 매핑하는 기술 - 식별자/로케이터 분리 기반의 패킷 전달 기술 (IETF) - 식별자/로케이터 분리 및 매핑 기술 (IETF)	IETF LISP, IETF HIP	⑤	X
전달망 기술	고용량 장거리 광전송 기술	100G 이상 수 테라급 OTN 신호와 수백기가급 이더넷 신호를 병렬로 전송하고, 100G급 OTH 신호를 40km 이상 전송하고, 100G 및 200G, 400G 이더넷 신호를 10km 이상 전송하는 등 Ethernet과 OTN 신호를 고용량 장거리로 전송하기 위한 기술과 모바일망에 최적화된 OTN 기술에 관한 표준 - Flexible OTN (ITU-T) - Flexible Ethernet (OIF) - 400G급 단일모드 10km 전송 (IEEE) - 10km 이상 광물리계층 50 Gb/s, 100 Gb/s, 200 Gb/s, 400 Gb/s 이더넷 규격 (IEEE) - OTU4-Long Reach (ITU-T) - Mobile-optimized OTN (ITU-T) - IMT2020/5G 지원 전달망 요구사항 및 특성 (ITU-T)	ITU-T SG15 WP3 Q11, IEEE 802.3, OIF PLL	②	O

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
	망동기 및 시각 정보 분배 기술	디지털 전송망의 안정적인 동작과 이동 통신, 시간-인식 패킷 전달 등 고정밀 시각 동기를 필요로 하는 응용들을 위한 광 전달망 또는 패킷 전달망 기반의 기준 주파수 및 시각 정보 분배 기술 관련 표준 - 시각 및 주파수 전달을 위한 동기 계층 기능 표준 (ITU-T) - eEEEC 타이밍 특성 표준 (ITU-T) - T-GM 타이밍 특성 표준 (ITU-T) - T-BC-P 및 T-TSC-P/A 타이밍 특성 표준 (ITU-T) - 동기 OAM 요구사항 표준 (ITU-T) - PTP 버전 3 표준 (IEEE 1588) - gPTP 표준 (IEEE 802.1) - PTP 엔터프라이즈 프로파일 표준 (IETF TICTOC)	ITU-T SG15 WP3 Q13, IEEE 1588, IEEE 802.1, IETF TICTOC	③	O
	전달망 보호 및 복원 기술	OTN, MPLS-TP, Transport Ethernet, WTN 등의 전달망에서 망 장애 시 50ms 이내의 트래픽 복구 기술에 관한 표준 - MPLS-TP 듀얼 호밍 (IETF, ITU-T) - Transport Ethernet 복구 기능 통합 (ITU-T) - 미디어 계층 보호절체 기술 (ITU-T) - 일반 링보호절체 구조 (ITU-T)	ITU-T SG15 WP3 Q9/Q10/Q14, IETF MPLS, IETF CCAMP	⑤	X
	개방형 WDM 전달망 기술	WDM/ROADM 장비의 광 트랜스폰더, 플러거블 광 모듈, 파장 스위치에 대한 상호 운용성을 보장하고 광 레벨의 호환성을 포함하는 WDM 기반의 개방형 광 전달망 기술에 관한 표준 - Open WTN (ITU-T) - Open ROADM (ITU-T, Open ROADM MSA)	ITU-T SG15 WP2 Q6, ITU-T SG15 WP3 Q12, Open ROADM MSA	②	X
유무선 액세스 기술	모바일 광액세스 기술	저지연 모바일 5G 서비스 및 광대역 서비스를 위한 고속 유무선 광액세스 기술(HSP) - 10G 파장가변 TWDM-PON 기술 표준 (ITU-T NG-PON2) - 파장당 25G급 WDM/TDM-PON 기술 표준 (IEEE NG-EPON, ITU-T NG-PON2+) - 파장당 50G급 PON 기술 표준 (ITU-T HSP) - 저지연 5G 수용을 위한 P-t-P 광액세스 기술 (ITU-T, IEEE)	IEEE 802.3, ITU-T SG15	③	O
	아날로그 모바일 광액세스 기술(RoF)	인도어 환경에서 5G 서비스의 원활한 제공을 위한 아날로그 기반 분산형 안테나 (DAS) 기술 - 아날로그 광송수신 기술 규격 표준 (ITU-T) - 아날로그 광송수신 기술 및 응용 (ITU-T)	ITU-T SG15	③	O
	광가입자망 기술	덕내에 고속 인터넷을 제공하기 위한 수동형 광가입자망 기술 - 하향10G/상향2.5G PON 기술 표준 (ITU-T XG-PON) - 양방향 10G PON 기술 표준 (ITU-T XGS-PON, IEEE 10G-EPON)	ITU-T SG15, IEEE 802.3,	③	X
	Converged PON 기술	G-PON과 E-PON을 단일화하기 위한 광액세스 기술 - 전송수령계층 규격 (ITU-T, IEEE) - 물리계층 규격 (ITU-T, IEEE)	ITU-T SG15, IEEE 802.3,	①	X
	아날로그 광송수신 기술	아날로그 기반 광신호 전송을 위한 광 트랜시버 기술 표준화 - 아날로그 광트랜시버 광규격 표준 (IEC)	IEC TC86	③	X

## &lt;표준화 특성&gt;

① : 개념, 정의 표준

② : 유즈케이스 및 요구사항 표준

③ : 기능 도출 및 참조구조 표준

④ : 데이터포맷, 스키마 표준

⑤ : 프로토콜, 인터페이스 표준

## ○ 추진경과

- Ver.2017(2016년)에서는 SDN/NFV 분과와 미래네트워크 분과로 나눠 작업이 진행되었으며, SDN/NFV 분과에서는 Ver.2016과 비교하여 크게 변동 없이 SDN, NFV 기술 및 관련 플랫폼 및 인프라 적용 기술 중심으로 기술되었으며, 미래네트워크 분과에서 에너지 절감 네트워킹 기술은 관련 표준 제정이 완료되어 삭제하였고, 신규로 추가된 항목은 없으며 기존 항목에 대한 현행화 및 표준화 전략을 작성
- Ver.2018(2017년)에서도 SDN/NFV 분과와 미래네트워크 분과로 나눠 작업이 진행되었으며, Ver.2017 분류 내용 중 플랫폼 및 오픈소스 기술을 기존 SDN과 NFV 분류 항목에 포함시켜 중점 표준화 항목들을 SDN과 NFV로 간결하게 기술되었으며, 미래네트워크 분과에서는 광통신 분과에서 이관된 Transport SDN 기술, 시간 통제 네트워크(TCN) 기술, 그리고 유무선 광액세스망 기술이 네트워크 구조 혁신 기술 분야에 추가됨. 특히 유무선 광액세스망 기술은 광통신 분과에서 다루었던 유무선 광링크 기술과 PON 기술을 하나로 통합. DTN/ID-Locator 분리 기술은 지연 감내 네트워크(DTN) 기술과 식별자-위치자(ID-Locator) 분리 기술로 세분화하여 서술
- Ver.2019(2018년)에서는 그간 SDN/NFV 분과와 미래네트워크 분과로 나눠 진행되어 오던 네트워크 기술 관련한 기술들을 지능형 네트워크란 새로운 이름으로 통합하여 추진하기로 하고 SDN/NFV 분과에서는 SDN, NFV 기술 외에 네트워크 지능 기술이 새롭게 추가되었으며, 미래네트워크 분과에서는 저지연/시간-확정형 기술, 양자 정보통신 기술, 네트워크 구조 기술, 유무선 액세스 기술이 재분류 되었고, 종래의 광통신 분과에서 주로 논의되어 왔었던 전달망 기술이 새롭게 분류되어 함께 서술

&lt;버전별 중점 표준화 항목 비교표&gt;

\* Ver.2019 신규항목

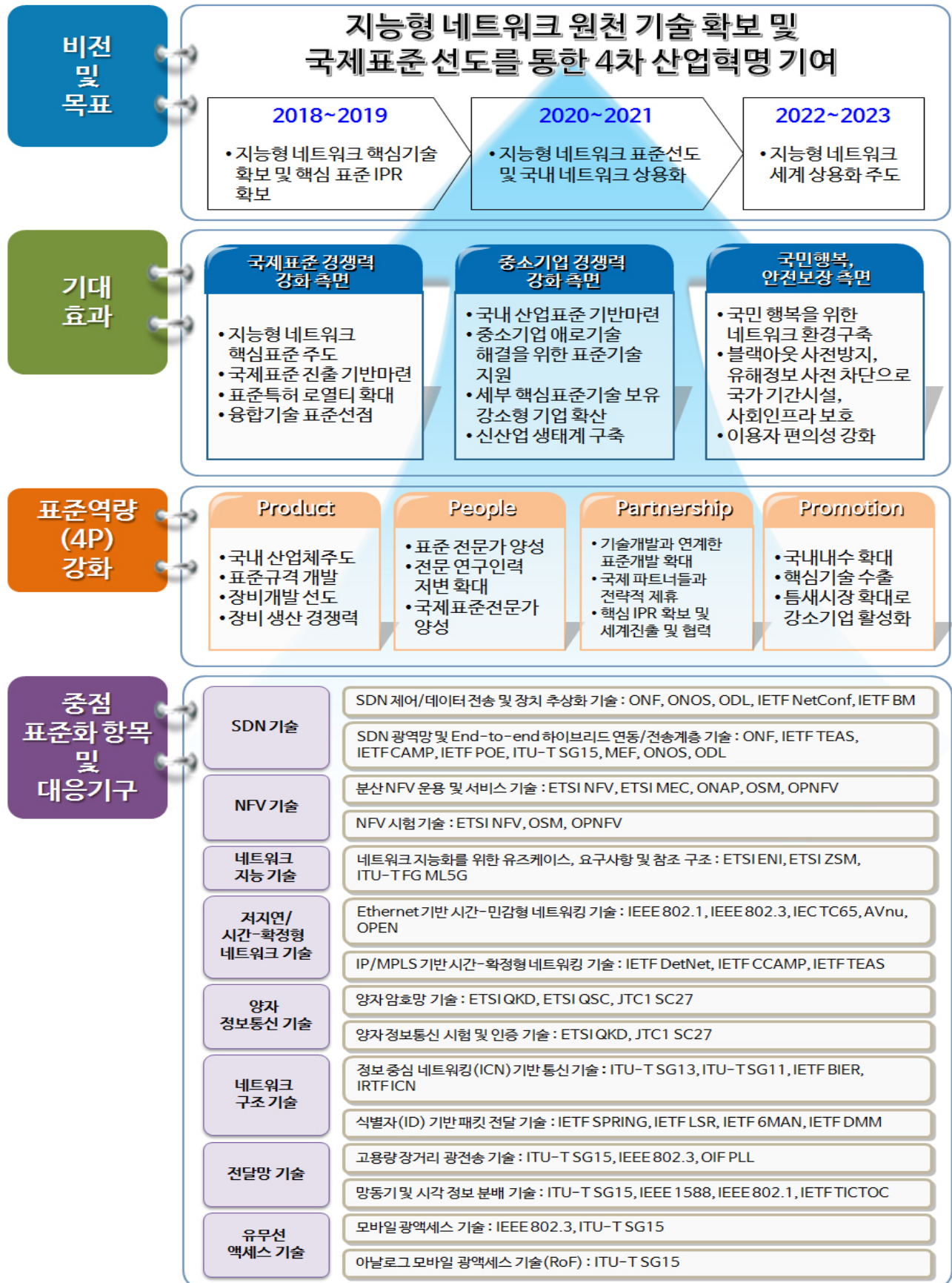
구분	Ver.2017	Ver.2018	Ver.2019
SDN 기술	SDN 제어 및 관리기술	SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술 SDN 시험 기술	SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술
	SDN 데이터 전송 및 장치 추상화 기술		
	-	SDN 시험 기술	
	SDN End-to-end 연동 및 하이브리드 연동기술	SDN 광역망 및 SDN End-to-end 연동/하이브리드 기술	SDN 광역망 및 End-to-end 하이브리드 연동/전송계층 기술
	SDN 응용 인터페이스 및 서비스 추상화 기술	SDN 응용 인터페이스 및 서비스 추상화 기술	-
NFV 기술	NFV 관리 및 오케스트레이션 기술	NFV 운용 및 서비스 기술	분산 NFV 운용 및 서비스 기술
	NFV 인프라 기술		
	-	NFV 시험 기술	NFV 시험 기술
	NFV 구조 및 인터페이스 기술	NFV 인터페이스 및 MANO 기술	-
네트워크 지능 기술	-	-	네트워크 지능화를 위한 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조*

구분	Ver.2017	Ver.2018	Ver.2019
저지연/ 시간-확정형 네트워크 기술	시간 통제 네트워크(TCN) 기술	시간 통제 네트워크(TCN) 기술	Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹 기술
			IP/MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹 기술
양자 정보통신 기술	양자암호통신 기술	양자암호통신기술	양자 암호망 기술
	-	-	양자 정보통신 시험 및 인증 기술*
네트워크 구조 기술	ICN/ID기반통신 기술	정보 중심 네트워크(ICN) 기반 통신 기술	정보 중심 네트워킹 (ICN)기반 통신 기술
	-	-	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술*
	DTN/ID-Locator 분리 기술	지연 감내 네트워크(DTN) 기술	-
		식별자-위치자(ID-Locator) 분리 기술	-
	T-SDN 기술	T-SDN 기술	*SDN 중분류 기술내로 통합
	스마트그리드 통신 기술	스마트그리드 통신 기술	-
	분산 서비스 네트워킹 및 응용서비스 기술	분산서비스 네트워킹 및 응용 서비스 기술	-
	신뢰 네트워킹 기술	신뢰 네트워킹 기술	-
전달망 기술	*광통신분과에서 별도 기술	-	고용량 장거리 광전송 기술*
			망동기 및 시각 정보 분배 기술*
유무선 액세스 기술	유무선 광링크 기술	유무선 광액세스망 기술	모바일 광액세스 기술
	PON 기술		아날로그 모바일 광액세스 기술(RoF)



### 1.3. 표준화 비전 및 기대효과

#### ○ 표준화 비전



## ○ 표준화 목표

- 지능형 네트워크 기술 육성으로 4차 산업혁명을 대비한 새로운 인프라 구축에 기여한다는 비전을 가지고 국내 경쟁력 있는 기술 중심으로 2018년부터 2023년까지 중단기 표준화를 목표로 추진
- (2019년경까지), SDN, NFV, 네트워크 지능 기술 분야는 관련 핵심 표준의 IPR를 확보함과 동시에 ONF, IETF, ETSI ISG NFV, ENI, ZSM, MEF 등 표준 선도 그룹과 ONOS, ODL, ONAP 등의 오픈소스 프로젝트 그룹 등에서 지속적인 주도권 확보를 추진. 저지연/시간-확정형 네트워크 기술은 링 토폴로지 등 망 시나리오를 고려한 IETF DetNet 데이터 평면 기술과 TSN 기술 확산을 위한 적용 분야별 IEEE 802.1 TSN 프로파일 정의에 대한 국내외 표준화 주도권 확보를 추진. 양자 정보통신 기술은 양자 암호통신을 위한 양자 키 분배망의 구현, 프로토콜 및 절차, 연동에 대한 표준 이슈를 개발, 문제점을 해결하는 등 양자정보통신 시장의 개척을 위한 표준화를 ETSI 등에서 추진. 네트워크 구조 기술은 정보 중심 네트워킹 기술과 관련하여 ITU-T SG13/SG11을 통해 정보 중심 네트워킹 기반 엣지 컴퓨팅, 네임변환 표준, 그리고 IETF BIER WG에서 멀티캐스트 네트워킹 기술을 개발하고, 식별자 기반 패킷 전달 기술은 IETF DMM WG, SPRING WG에서 식별자/로케이터 어드레싱 표준 등을 개발하고 주도권 확보를 추진. 전달망 기술은 고용량 장거리 광전송 기술 및 망동기 및 시간정보 분배 기술에 대한 핵심기술 및 IPR을 확보하고, 유무선 액세스 기술은 모바일 광액세스 및 아날로그 모바일 광액세스 기술을 중심으로 IEEE 및 ITU-T 등 표준 선도그룹에서 주도권 확보를 추진
- (2021년경까지), SDN, NFV, 네트워크 지능 기술 분야는 개방형 프로그래머블 스위칭 플랫폼 기술, 데이터 전송 추상화 및 지능화 기술, 망 사업자 및 도메인 간 SDN 자동화·지능화 연동 표준, NFV 멀티사이트 및 클라우드 네이티브 환경 지원 표준, 인공지능 기반 SDN, NFV 연계 통합 오케스트레이션 표준 기술 개발을 집중 추진하며, 이를 통해 종단간 SDN/NFV 서비스 제공과 국내 지능정보 기반 네트워크 상용화를 추진. 저지연/시간-확정형 네트워크 기술은 IETF DetNet 분산 프로토콜 기반 또는 중앙 집중 기반 제어/관리 평면 기술, 무손실 패킷 전달 기술에 관한 IPR을 확보함과 동시에 국제 표준에 반영토록 함. 양자 정보통신 기술은 완벽한 보안성이 보장되는 양자암호통신 기술과 그 인증 시스템에 대해 ETSI 등에서 표준화를 추진. 네트워크 구조 기술은 정보 중심 네트워킹 기술과 식별자 기반 패킷 전달기술과 관련하여 AR/VR 등의 저지연 고용량 미디어 서비스를 위해 5G와 같은 미래 네트워킹 기술로써 개발될 예정이므로, 국내 기술 개발 프로젝트를 수행하는 동시에 핵심 기술에 대한 표준 기술을 확보. 전달망 기술은 고용량 장거리 광전송 기술에 대한 표준 선도와 함께 고정밀 시간 동기를 보장하도록 IEEE에서는 1588 PTP를 V3로 개선하고, ITU-T SG15에서는 5G 전달망 요구사항에 따른 표준안을 개선시켜 동기 분배 및 관리를 위한 동기 계층 모델과 동기 정보 모델 표준화를 추진. 유무선 액세스 기술은 모바일 광액세스 기술관련 파장 당 50G급 PON 기술 표준 개발, 저지연 5G 수용을 위한 P-t-P 광액세스 기술 표준 개발을 집중 추진하여 ITU-T 표준에 반영토록 추진
- (2023년경까지), SDN, NFV, 네트워크 지능 기술을 통한 4차 산업혁명 중심의 다양한 융복합 산업을 지원하는 자동화·지능화 네트워크 기반 융합 서비스 상용화를 추진함. 저지연/시간-확정형 네트워크 기술은 TSN/DetNet 표준 기반의 시간-민감형 서비스 제공



중 도출될 수 있는 TSN/DetNet 확장 및 고도화 기술의 표준화 이슈를 발굴하여 국제 표준화를 추진함. 네트워크 구조 기술은 정보 중심 네트워킹 기술과 식별자 기반 패킷 전달기술이 고도화 되어 B5G 코어 및 인터넷 코어 네트워킹의 부하를 감소하는 요소 기술로써 활용 가치가 크므로, 기 개발된 선행 기술 및 표준 기술 기반의 네트워킹을 고도화 하는 핵심 표준으로써 개발을 목표로 함. 전달망 기술은 고용량 장거리 광전송 기술과 망동기 및 시간 정보분배 기술을 관련업체 기술 전수 및 상용화를 추진함. 유무선 액세스 기술은 다양한 서비스를 유연하게 지원할 수 있도록 가상화 기술 표준 개발 및 IEEE, ITU-T 표준에 반영토록 추진

## ○ 표준화 기대효과

### - 국제표준 경쟁력 강화 측면

- 4차 산업혁명을 위한 지능형 네트워크 인프라 구축에 기여하고, SDN, NFV, 네트워크 지능 기능 구조를 바탕으로 ONE, IETF, ETSI, ITU-T 등의 핵심 기술 표준화에 주도적으로 참여 및 대응함으로써 국제 경쟁력 고도화 추진
- 4차 산업혁명의 산업융합 인프라 구축을 위한 저지연 및 시간-확정형 네트워크 기술의 표준 기술 확보하여 다양한 산업 분야(예, 공장, 방송, 가전, 자동차 등) 적용
- 양자 정보통신 기술은 4차 산업 혁명을 실현하는 미래 기반 기술로서 신산업을 창조하고 기존의 패러다임을 변혁하는 기술 분야 창조로 신기술을 선점하고 미래의 새로운 시장을 창출하고 유럽에서 태동되고 있는 표준화에 적극 대응하여 표준을 선도
- 정보 중심 네트워킹 기술과 식별자 기반 패킷 전달기술에 대한 표준 기술은 미래의 산업 혁명을 위한 통신 인프라의 핵심 요소로 부각되어 네트워킹 장비 뿐 아니라 통신 인프라의 융복합 신시장을 선도할 수 있는 기회 제공
- 국내 산업체 및 연구소가 보유한 초고속 광통신 기술을 기반으로 고용량 장거리 광전송기술의 핵심기술에 대한 국제표준 경쟁력을 강화 할 수 있을 것으로 판단
- 5G 모바일 망과 시간 민감형 서비스를 위한 엄격한 요구사항에 따른 망동기 기술의 표준 기술의 조기 확보와 함께 국제 표준 선도 기대
- 유무선 액세스 기술은 초고속 저지연 광액세스 표준 핵심 기술을 바탕으로 가입자 서비스, 비즈니스 서비스 및 모바일 서비스를 제공하는 인프라 기술의 표준화를 선도하여 다양한 융합 서비스의 enabler로 작용

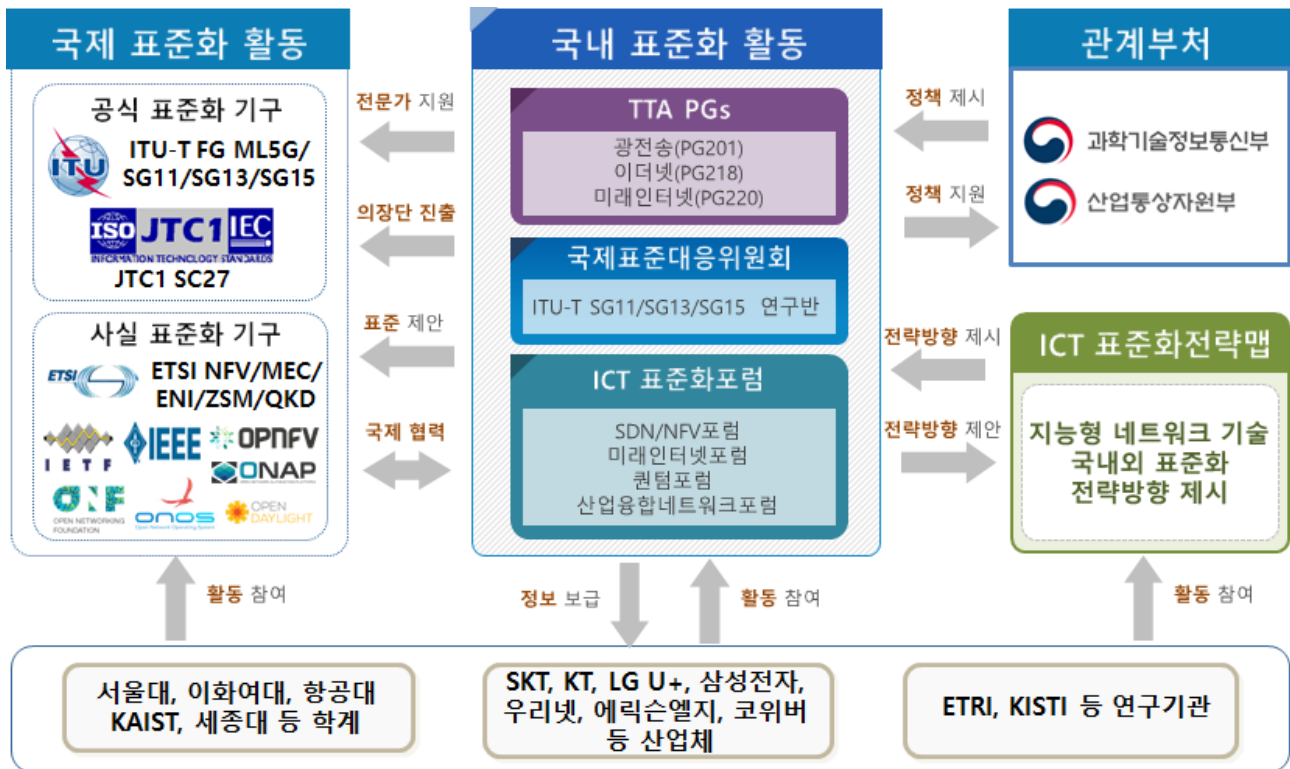
### - 중소기업 경쟁력 강화 측면

- 중소기업의 SDN, NFV 제조 산업 기반과 네트워크 지능화 관련 소프트웨어 기술 개발 및 표준 경쟁력을 강화할 수 있는 맞춤형 표준화 지원 사업을 통해 관련 시장의 활성화, 응용/활용의 저변 확대, 신규 첨단 IT 서비스의 창출 기대
- 중소기업의 틈새시장 창출 가능 분야 도출 및 IPR 선점형 표준화 추진 등을 통해 세계 시장에서 경쟁 가능한 강소 기업 육성
- 양자 정보통신 기술을 통해 양자 소자, 양자 센서, 양자 암호 통신 소자 및 보안 시스템 등 4차 산업혁명의 기반 신산업을 선점하고 글로벌 신시장을 개척할 수 있으며 미래 신 분야의 일자리 창출에 기여
- 정보 중심 네트워킹 표준기술과 식별자 기반 패킷 전달기술은 중소기업이 개발하는 스마트 엣지 기술에 바로 적용 가능하기 때문에 선행 기술 개발과 표준 IPR 등을 통해 국내 중소

규모의 네트워킹 장비 업체의 국제 경쟁력 확보를 통한 산업 활성화에 기여

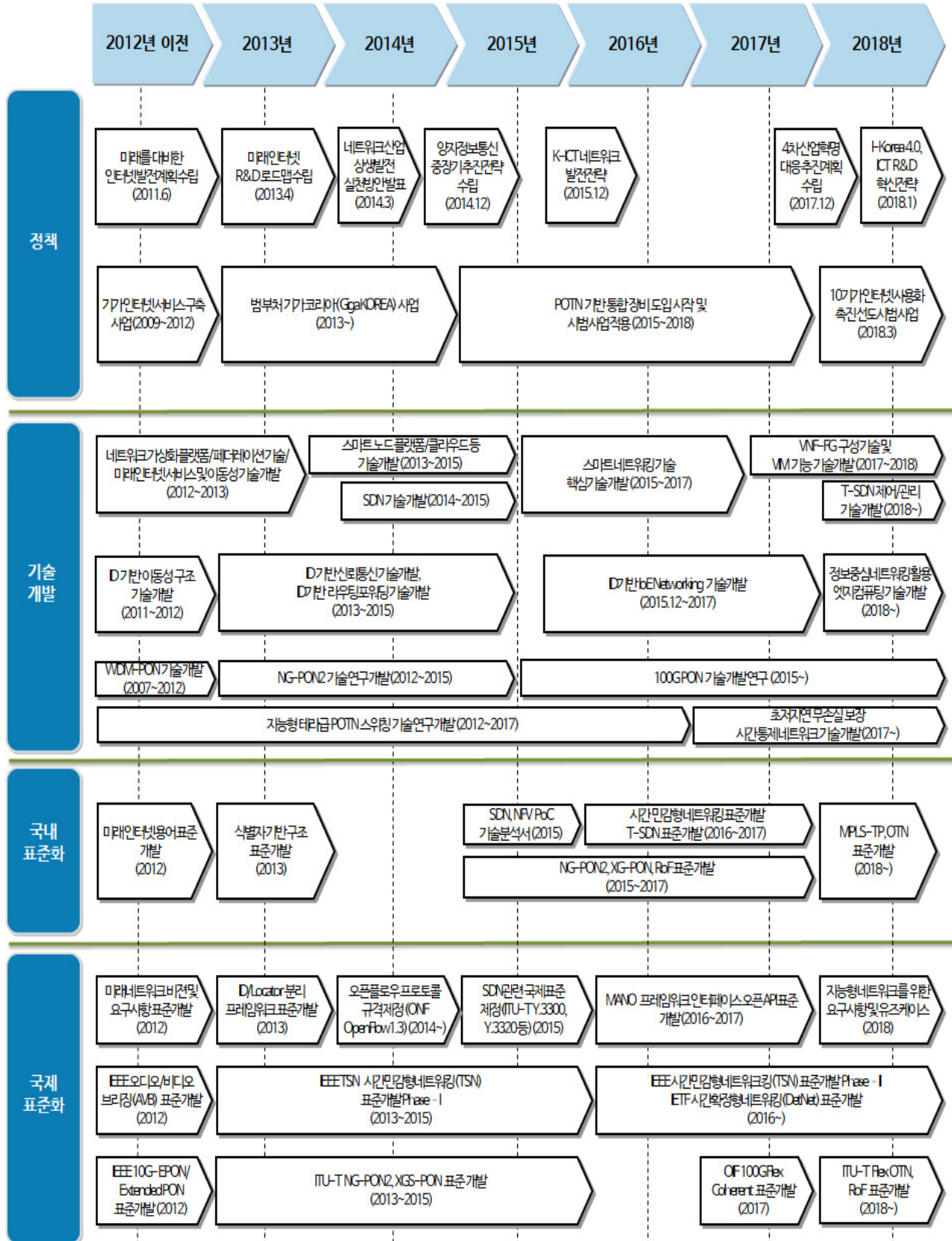
- 국내 중소기업은 광패킷 전달망(POTN) 장비 개발을 포함하여 광전송 장비를 수년 동안 개발하여 국내 시장에 공급해오고 있으며, 향후 고용량 장거리 광전송 관련 국제 표준 기술의 장비 적용으로 중소기업 경쟁력을 강화 시킬 수 있을 것으로 판단
- 기존 전기통신망에서 주파수 동기가 주류이었으나 최근 패킷망에서의 시간동기의 필요성에 따라 새로운 시간동기 분배 기술 보급을 통해 중소기업 경쟁력 강화 기대
- 유무선 액세스 관련 중소기업이 표준기술을 선도적으로 구현하고 국내 적용을 통한 기술력 축적으로 글로벌 경쟁력 강화 및 시장 진출 가속화 기대
- 국민행복·안전보장 측면
  - SDN/NFV 기반의 새로운 이용자 기반 네트워킹 환경을 토대로 높은 편의성과 고성능·효율성·고보안성을 지원하는 차세대 통신환경을 제공함으로써 사용자 만족도의 향상과 안전보장사회 실현 기대
  - 저지연/시간-민감형 네트워크를 통해 물리적 또는 공간적 제약 없는 지능형 네트워크 기반 미래 초실감 서비스 및 신산업 창출 기여
  - 양자정보통신기술을 이용하여 국가 보안 및 절대적 보안을 구현하고 양자 소자 및 양자 컴퓨터를 통한 고신뢰도, 초정밀 측정 계산 시스템을 구현하여 국민의 안전을 보장하고 초정밀하고 고신뢰적인 안전사회를 실현
  - 고용량 장거리 광전송 기술은 광매체를 이용하는 네트워크 인프라 기술로서 다량의 정보를 고속으로 전송하여 국민의 정보 획득 및 교환 욕구를 충족시키며, 국민 안전도모를 위해서 필요한 빠르고 원활한 정보 교환 환경을 조성할 것으로 기대
  - 망동기 및 시각 정보 분배 기술을 활용하여 정확한 재난 발생 시간 등 정보 전달을 통해 국민의 안전을 보장하고 국민 사생활을 보호하는 안전사회 실현 기대
  - 정보중심네트워킹 표준기술과 식별자기반 패킷 전달기술을 통해 사용자가 원하는 저지연 고품질 미디어 서비스와 지능형 디바이스 등을 통한 다양한 서비스를 제공함으로써 국민의 편의성을 지원
  - 유무선 액세스 기술이 적용된 5G 및 10기가 인터넷 인프라를 구축하고 이를 활용한 ICT 융합 서비스 발굴과 확산으로 풍요로운 라이프 스타일 제공

## ○ 표준화 추진체계



## II. 국내외 현황분석

### 2.1. 연도별 주요 현황 및 이슈



## 2.2. 정책 현황 및 전망

구분	주요 현황
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과기정통부는 4차 산업 혁명 시대에 선제적으로 대응하고 국내 네트워크 장비산업의 발전을 도모하기 위해 ‘10기가 인터넷 상용화 촉진 선도시범 사업’ 진행 [2018.3]</li> <li>- ‘I-Korea 4.0: ICT R&amp;D 혁신전략’, 네트워크 분야를 미래통신·전파 기술 분야에 통합하여 기술·산업간 융합이 용이하도록 조정 [2018.1]</li> <li>- 범부처 합동 4차 산업혁명위원회, 4차 산업혁명 대비 초연결 지능형 네트워크 구축 전략 발표 [2017.12]</li> <li>- ‘ICT R&amp;D 중장기 전략’, 절대 보안성을 제공하는 양자암호통신 유무선 네트워크 및 양자 원천기술, 양자센서 등 실용화를 위해 초신뢰 양자정보통신을 선정 [2017.3]</li> <li>- 미래창조과학부는 ‘K-ICT 네트워크 발전전략’ 발표, 2020년까지 세계최고 수준의 초연결망 구축을 통한 네트워크 신기술 선도와 네트워크 기반 서비스 및 산업 활성화 추진 [2015.12] <ul style="list-style-type: none"> <li>· 고도화되는 유·무선 가입자망을 충분히 지원할 수 있도록 기간망의 속도와 용량 고도화</li> <li>· 미래 실시간 대용량 트래픽 수용을 위해 채널당 전송속도(수백Gbps급)와 장비용량(수십Tbps급) 고도화</li> <li>· 세계 최고수준의 네트워크 인프라를 지속 발전시켜 혁신을 선도하여 네트워크 혁신 일등 국가 실현 전망</li> </ul> </li> <li>- 미래부, 양자정보통신 중장기 추진전략을 발표하였으며, 2015년부터 산학연 컨소시엄을 구성하여 실용화를 대비한 시험통신망 구축 및 안정검증기술 확보를 본격적으로 추진 [2014.12]</li> <li>- ‘네트워크산업 상생발전 실천방안’, 미래창조과학부는 고사상태의 네트워크 산업의 활성화를 위해 네트워크 장비 산업 상생발전 기본 계획을 수립하고 특히 개방형 네트워크 장비 산업의 활성화를 위한 지원 및 실천 전략을 수립 [2014.3]</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미 국방성 주도로 2020년까지 주요 정부망에 대하여 고신뢰 네트워크 기술 기반의 글로벌 정보격자망 구축 추진 [2013.7]</li> <li>- 2015년까지 50개 주마다 1개 이상 기가비트시티를 도입하고, 2020년까지 1억 가구(전체 85%)에 100M급 네트워크를 구축하는 계획 발표(FCC) [2013.1]</li> <li>- DARPA는 보안성이 요구되는 국방분야 적용을 위해 유무선 융합 시스템의 일종인 FSO/RF 하이브리드 망에 대한 투자를 시작 [2013.1]</li> <li>- 오바마 대통령은 지역 간 정보격차를 줄이고, 보편적 서비스 실현을 위해 브로드밴드 미보급 지역의 인프라 구축을 위한 행정명령 발령 [2012.6]</li> <li>- 국가양자정보과학비전(A Federal Vision for Quantum Information Science)을 근거로 국립과학재단(NSF), 고등정보계획국(IARPA), 방위고등연구계획국(DARPA) 등을 통해 연 1조원 이상 지원 중 [2009.3]</li> <li>- 과학재단이 향후 10~15년 이후에 필요한 미래인터넷 기술 연구를 위해 대학 및 연구기관을 지원하는 GENI 프로젝트 진행 [2005.8]</li> </ul>



구분	주요 현황
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 문부과학성에서 “양자과학기술의 새로운 전개 추진방안“ 설립 [2017.2]</li> <li>- 2005년 NAIST 양자기술센터를 설립하고 양자정보통신 개발을 주도하고 있으며, 2014년 기준 지난 10년 동안 주요 양자기술 연구 프로젝트에 1억 7,950만 달러를 투자했으며, 향후 5년간 4억 2,150만 달러를 투자 [2005, 2014]</li> <li>- ‘Active ICT Japan 전략’, 2020년까지 견고하고 유연하며 보안이 확보된 ICT 인프라 구축 등 액티브 일본 실현 추진 [2012.12]</li> <li>- 총무성은 2015년까지 모든 가구가 초고속 통신망을 이용하는 ‘빛의 길 전략’ 추진 [2010.8]</li> <li>- ‘I-Japan 2015 전략’, 2015년까지 일본 내의 모든 장소에서 유선 기가인터넷, 무선 100Mbps급 서비스로 고도화 추진 [2009.7]</li> <li>- 정부 지원 ‘Akari 프로젝트’에서는 2016년까지 광 네트워킹을 이용하여 지금보다 10배 빠른 인터넷 혁신 네트워크 구축 [2006.8]</li> <li>- 일본의 네트워크 정책은 관련부처를 아우르는 국가 전체 정책과 주무 부처인 총무성의 정책으로 구분 [2004.4]</li> </ul>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantum Manifesto를 발표하여 유럽이 세계적인 양자정보통신 주도권을 확보하기 위해 양자통신, 양자 시뮬레이션, 양자 센서 및 양자컴퓨터 분야 단기, 중기, 장기 기술 로드맵 수립 [2016.3]</li> <li>- 영국, ‘초고속 브로드밴드 미래’ 2017년까지 광대역 서비스의 커버리지를 95%로 확대하고, 22개 Super- Connected-Cities 추진 [2011.12]</li> <li>- ‘디지털어젠다’, 유럽위원회가 발표한 DAE(Digital Agenda for Europe)는 유럽 경제성장에 기여하고, 사회 전반에 편익 제공을 위한 7개의 실행계획을 발표. 이중 30Mbps 이상의 속도로 보편적인 브로드밴드 커버리지를 확보하고, 100Mbps 이상의 속도로 차세대 네트워크를 발전시킬 계획이 포함 [2010.5]</li> <li>- FP7의 ICT 지원부문의 일환으로 추진되는 미래인터넷 관련 중점 프로젝트 수행 [2007.4]</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ‘Chinese Efforts in Quantum Information Science: Drivers, Milestones, and Strategic Implications’ 정책 수립 [2017.3]</li> <li>- 13차 5개년 국가 과학기술혁신 계획에서 양자 정보 과학에 대한 우선순위를 강화함 [2016.8]</li> <li>- ‘중국제조 2025’는 독일의 ‘Industry 4.0’을 표방한 정책으로 제조업의 고도화 및 스마트화를 목표로 향후 30년간 3단계에 걸쳐 추진하는 전략으로 ‘차세대정보 기술’을 포함하고 있으며 초고속 대용량 스마트 광전송 기술을 세부 기술로 포함 [2015.3]</li> <li>- ‘브로드밴드 차이나 전략’, 2015년까지 주요 대도시에 100M 인터넷 보급 및 2020년까지 기가인터넷 서비스 제공 추진 [2013.8]</li> </ul>

## 2.3. 기술개발 현황 및 전망

기술개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구 → <input type="checkbox"/> 실험 → <input checked="" type="checkbox"/> 시작품 → <input type="checkbox"/> 제품화 → <input type="checkbox"/> 사업화	기술 수준	90% (선도국가 대비)
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구 → <input type="checkbox"/> 실험 → <input type="checkbox"/> 시작품 → <input checked="" type="checkbox"/> 제품화 → <input type="checkbox"/> 사업화		

### 2.3.1. 국내 기술개발 현황 및 전망

○ (SDN 기술) 출연연 및 국내 SDN 스타트업들을 중심으로 오픈소스 기반 및 국내 고유의 SDN 제어 기술을 보유하고, 연구망과 통신사를 중심으로 종단간 광역망(WAN)과 T-SDN 서비스를 위한 SDN 가상화/자동화/지능화 기술을 개발 및 적용 추진

#### - (ETRI)

- 벤더(모비젠, 우리넷 등) 및 통신사업자(SK텔레콤, KT, LGU+)와 공동으로 PTN Yang 인터페이스를 포함한 3개의 T-SDN 국내 표준 규격을 개정하였음 [2017]
- 2016년 종단간(end-to-end)의 다양한 네트워크 장비 간의 연동 제어하기 위한 오픈소스 기반의 T-SDN 컨트롤러 기술을 개발한 이후, 오픈소스(ODL) 업그레이드, 신규 기능 추가, 테스트벤치 기능 기술 개발을 추진 중 [2018]
- SDN 시험기술과 관련된 국내 기술은 유일하게 ETRI에서 ONF와 OF 1.3 기반의 상호운용성 시험을 진행하고 있으며, CORD 기반의 시험 표준 및 인증을 확대 추진 중 [2018]

#### - (KISTI)

- 한-미 간 국제 SDN 광역망을 구축하고 2016년 12월 SDN 가상전용네트워크(VDN) 애플리케이션의 1.0 베타 버전을 릴리즈 [2016]
- 오픈플로우 1.3 기반의 언더레이 SDN 광역망인 KREONET-S를 6개 지역(대전, 서울, 부산, 광주, 창원, 시카고(미국))에 구축 완료하고 주요 R&E 기관을 위한 시범 서비스 추진 [2017]
- SDN 광역망(KREONET-S)을 위한 가상전용망 및 슬라이싱 기술(VDN)의 공식 버전(v1.1)을 개발하고 정식 서비스 시작했으며 주요 국제연구망 사이트인 중국(홍콩), 미국(시애틀) 등에 글로벌 SDN 인프라의 확장 구축과 고도화 진행 중 [2018]

#### - (삼성전자) ONOS 기반으로 자체 SDN 컨트롤러 및 SDN 오케스트레이터를 개발/시연하였으며 [2017년] 현재 국내외 사업자들과 상용화 협의 중 [2018]

#### - (아토리서치) 오벨 2.0 컨트롤러에 분산저장소와 분산제어기능을 구현하여 안정성과 가용성 등을 제공하기 시작하였으며 [2015년], 오벨 패브릭 3.0을 개발하여 SDN 보안적합성 검증을 받았고, 자체 Open SDN/OpenFlow 스위치를 출시 [2017]

#### - (쿨클라우드) 네트워크 트래픽 분배 기능의 SDN 기반 탭 솔루션 [2016]을 개발하였으며, SDN과 오픈플로우 기반의 Linux 네트워크 환경 프로비저닝 소프트웨어인 프리즘이 TTA 보안적합성 검증을 통과했고, SDN 기반 탭 솔루션을 통한 네트워크 트래픽 가시성 제공 제품(쿨탭)을 출시 [2017]

#### - (K-ONE 콘소시엄) GIST, 고려대, 숭실대, 포항공대, KAIST 연구진으로 구성된 K-ONE 콘소시엄에서는 국내 5개 사이트에 융합형 자원 박스들로 구성된 K-Cluster를 배포하고 멀티 사이트 실증환경을 구축, K-ONE 공용개발환경을 구성 및 개발 중이며 OF@TEIN 환경 등 글로벌 개발자 생태계 연계/구성을 계획 중 [2018]

- (KT) 종단간(end-to-end) WAN 서비스의 온디맨드 프로비저닝을 위해 T-SDN 기술을 기반으로 IP 네트워크와 트랜스포트 네트워크를 통합 제어하는 오케스트레이션 상용화 추진 중 [2018]
  - (SKT)
    - 2016년 국내 T-SDN 고유 표준을 기반으로 SK텔레콤이 초기 상용화를 추진한 이후, SK 브로드밴드의 트랜스포트 네트워크를 T-SDN으로 제어/관리하기 위한 기술 개발 및 상용화 추진 중 [2018]
    - 클라우드 기반의 데이터센터를 위한 SDN/ONOS 기반 패브릭 및 네트워크 가상화 서비스인 SONA의 상용화 개발 및 적용을 추진 중 [2018]
  - (LGU+) 국내 T-SDN 고유 표준(TTAK.KO-01.0095, TTAK.KO-01.0096) 규격을 기반으로 5G 네트워크 자동제어 소프트웨어 플랫폼을 개발하여 IoT, 클라우드, 빅데이터 처리 등을 관리하기 위한 SDN 망 구축을 추진 중 [2018]
- (NFV 기술) 국내 통신사업자들은 가상화 기술이 지원되는 네트워크 구축을 통해 상용 서비스를 출시하고 있으며, vEPC 등 주요 VNF 제품과 MANO 플랫폼 기술을 보유하고 있음
- (삼성전자) ETSI NFV 규격에 기반한 자체적인 NFV 플랫폼 개발하여 SKT과 상용화함 [2015]. 이후 KT [2016], LGU+ [2017]와 상용화하였으며, 현재 글로벌 시장 확대 위해 기능 고도화된 Release 3 개발 중
  - (아토리서치) 오픈스택 서밋 2016에서 NFV플랫폼인 '아테네(ATHENE)'를 공개 [2016]
  - (ETRI) NFV 기술과 클라우드 기술을 접목하여 가상 CDN 서비스 오케스트레이션 기술을 개발 [2016]
  - (콘텔라, 유엔젤, 이루온) VNF 로서 vEPC 및 NFV MANO 플랫폼을 개발하여 상용 제품을 보유 [2016]
  - (파이오링크) SKT 등과 함께 NFV기반에 멀티서비스 맞춤형 스위칭 시스템 및 운영체제 개발 과제를 통하여 데이터센터 미들박스 및 보안 기능을 개발 [2015]
  - (텔코웨어) 데이터 트래픽을 유형별로 분류해 네트워크 상에서 효율적으로 전달해주는 다이나믹 서비스 체이닝 기술 및 가상화 기술을 SKT와 공동 개발하였음 [2013]. 또한, SKT LTE 코어네트워크망에 가상화가 지원되는 NFV MANO 솔루션(vIMS 솔루션, VoLTE, 미디어 서버 등)을 개발 [2016]
  - (K-ONE 컨소시엄) K-ONE 컨소시엄에서 OpenStack 기반 환경에서의 VNF-FG(Virtual Network Function Forwarding Group) 구성 기술과 Tacker 기반의 VIM(Virtual Infrastructure Manager) 기능 고도화에 대한 기술 개발을 진행 [2017]
  - (KT) 클라우드를 활용한 NFV 인프라 구축을 위한 새로운 아키텍처 및 관련 기술을 개발함. 또한 NFV를 적용하여 원박스 서비스를 출시하였으며, 이는 기업 대상 IT 장비를 통합 운영 지원하는 서비스에 해당함. 기업 전용 LTE 서비스 및 5G 의 확장 개발 [2017]
  - (SKT) NFV 도입을 위한 다양한 PoC를 실시하여, VoLTE 서비스에 NFV 기술을 시범 적용하였고 [2014], NFV MANO 플랫폼에 해당하는 T-MANO를 출시하여 vEPC 및 vIMS 시스템을 제어하며, T-MANO를 기반한 차량형 5G 이동형 인프라 제어와, 고성능 5G User Plane 가속기술 PoC를 실시 [2017-2018]



- (LGU+) LTE 코어망의 핵심인 EPC와 HD보이스(VoLTE) 서비스 등, IP기반 서비스를 위한 IMS를 가상화하기 위한 'V-EPC', 'V-IMS' 프로젝트를 추진 [2017]
- (네트워크 지능 기술) 국내 통신사업자 및 출연연을 중심으로 인공지능 기술을 이용하여 네트워크 자동 관리 및 가상망 자원의 오케스트레이션 기술을 개발 및 적용 추진. 특히 머신러닝은 지나간 결과뿐 아니라 앞으로의 행동을 예측하고 스스로 판단하도록 하는 점에서 빅데이터 기술에서 한 단계 진화한 기술로 평가받고 있으며, 국외 기술력과의 격차를 줄이기 위해 국내 다양한 분야에서 연구개발 중
  - (KT) 인공지능 기반 음성인식 기기인 Giga Genie와 연동한 인공지능 기반의 망관리 시연을 평창 올림픽과 연계하여 진행하였으며, 5G 네트워크와 관련한 인공지능 기반 가상망 오케스트레이션 기능 개발을 진행 중 [2018]
  - (SKT) 네트워크의 유연성을 높이고 5G 서비스를 위한 망 최적화 구성이 용이하도록 하기 위한 인공지능 기반의 안전한 망 관리 운용 및 다양한 서비스 기반의 액세스 및 코어망 기술들의 개발과 시연을 활발히 진행 중 [2018]
  - (ETRI)
    - 클라우드 기반 및 빅데이터 연동 플랫폼 관련하여 임베디드 플랫폼 환경에서 영상 빅데이터 실시간 학습/추론 시스템 프로젝트 개발 중 [2016]
    - ETSI ENI, ETSI ZSM의 공식 회원기관으로 가입하여 표준화 활동을 진행 중이며, 특히 네트워크 슬라이싱 기술 기반한 가상 네트워크 관리와 관련한 지능화 기술 개발 추진을 계획 중 [2018]
- (저지연/시간-확정형 네트워크 기술) 출연연 및 국내 관련 산업체를 중심으로 자율 주행차, 스마트 공장, 5G 영역 중 특정한(specific) 지연, 손실 특성을 요구하는 부분에서 TSN/DetNet 기술을 적용하기 위한 관련 제품 개발이 주로 추진될 것으로 전망
  - (ETRI) 안전한 무인이동체를 위한 ICT 기반기술 개발 과제의 일환으로, 무인이동체와 지상제어국 또는 서버 간 실시간·고신뢰 정보 교환을 위한 TSN 및 DetNet 기반의 초저지연·무손실 보장 시간 통제 네트워크(Time-Controlled Network) 핵심 기술 개발 중 [2017]
  - (코위버/솔리드/다산네트웍스) SK텔레콤의 5G 전달망(Transport Network) 적용을 목표로 TSN 기반 LS(Low latency Seamless redundancy) 스위치 개발 진행 중 [2017-2018]
  - (기타) 인터엠, 해성옵틱스, 전자부품연구원(KETI), 한국항공대 등은 TSN 전신 기술인 AVB 칩셋, 모듈, 시스템, 프로토콜 등을 개발 및 출시 [2016]
- (양자 정보통신 기술) 산학연 협력 사업으로 '양자암호통신망 구축을 통한 신뢰성 검증 기술 및 QKD 고도화를 위한 핵심요소기술 개발(2015년 6월~2019년 5월)' 사업을 수행하면서 국내 시범망 구축 사업 진행 중이며 양자정보통신 예비타당성 사업 진행을 위한 기획 진행 중
  - (SKT) 2011년 이후 양자암호통신 상용 장비 개발을 진행하고 있으며, 초소형 양자난수칩 개발 중. 2018년 2월 양자암호통신 세계 주요 기업인 스위스의 IDQ를 700억 원에 인수한다고 발표 [2018]
  - (KT) 2017년 6월, KIST와 협력하여 KT-KIST 양자통신 응용연구센터를 개소하였으며,

2018년 2월, KIST와 공동으로 10km 거리에서 다자간(1:4) 양자암호통신 시범 테스트 구축을 발표 [2017]

- ((주)우리로) InGaAs/InP APD 기반 단일광자검출기 칩 및 모듈 기술을 개발을 진행 중 [2017]
- (고려대) 인력 양성을 위한 대학 컨소시엄 ICT 연구센터 사업으로 고려대 주관의 ITRC 스마트 양자통신연구센터 진행 중 [2015]
- (ETRI) 2005년부터 유무선 양자통신연구 기술을 진행하고 있으며 2017년 12월 무선 양자통신 세계 최초 집적화 핵심 부품 결과 및 2018년 4월 무선양자암호통신 주야간 전송 성공 결과를 발표 [2015]

○ (네트워크 구조 기술) 출연연과 학계를 중심으로 AR/VR의 신규 미디어 서비스 및 5G 등과 같은 새로운 서비스 및 네트워킹 요구에 따른 실제 적용을 위한 기술로써 개발 및 적용 추진

- (ETRI)
  - SDN과 Openflow 등을 활용한 식별자 기반 라우팅 및 네트워킹 구조 기술을 개발함 [2015]
  - 5G의 전달망 기술로 세그먼트 라우팅 기술과 식별자/로케이터 어드레싱 기술 등 식별자 기반의 패킷 전달 기술을 개발 중 [2019]
  - 정보중심네트워킹 기술을 활용한 IoT 센서데이터 수집 및 분석을 가능케 하는 엣지컴퓨팅 기술을 개발 중 [2019]
- (삼성전자) 콘텐츠 전송 기술과 콘텐츠를 AP 등에 캐싱할 수 있는 정보중심네트워킹 기술 개발 [2012]
- (KT) OpenFlow/SDN과 같은 프로그래머블한 제어 기능을 활용한 정보중심네트워킹 기술 등을 개발 [2012]

○ (전달망 기술) 출연연 및 국내 중소 전송 장비 업체들은 광패킷전달망(POTN)장비 개발을 포함하여 광전송장비를 수년 동안 개발하여 국내시장에 공급해오고 있으며, 향후 고용량 장거리 광전송 기술과 망동기 및 시각정보 분배 기술 개발 및 적용 추진

- (ETRI) 2012년도부터 2017년까지 L0/L1/L2의 3 계층을 통합한 대용량 레이어 통합 장비인 3.2테라급 광-회선-패킷 통합 스위칭시스템 개발을 국내 장비업체인 코위버, 우리넷, 텔레필드와 공동으로 개발 완료하였으며, 현재 고용량 광-회선-패킷 통합 스위칭 시스템 관련 핵심 기술 개발 중 [2018]
- (코위버) ROADM에 플렉시블 그리드(flexible grid) 기술을 접목하여 광 네트워크 상황에 따라 데이터 전송량 조절이 가능한 '플렉시블 ROADM 장치'를 개발하여 통신 3사로 부터 인증을 획득하였으며, 400Gbps급 광 송수신 기술을 추가 적용하여 상용화할 예정 [2018]
- (우리넷) PTN에 이어서 국내 최초로 중소형 POTN장치 개발완료 하여 NIA KOREN에 공급을 통한 사업화를 시작으로 본격적인 국산 POTN의 공급을 확대 추진. DCI용 전송장치 개발 및 상용화와 5G 모바일망 등에서 검토되고 있는 초저지연 패킷 전송장치의 선행연구개발 및 사업화 추진 [2018]
- (스프링웨이브) 시각동기화 기술을 기반으로 클럭 분야의 기술인 SyncE가 접목된 1588 동기 장치와 기타 관련 동기 장치 개발 추진 [2018]

- (유무선 액세스 기술) 출연연 및 국내 중소기업들 중심으로 파장당 25기가급 광액세스 기술 및 액세스 가상화 기술을 개발 중이며 국내 통신사와 모바일 서비스에 적용하기 위한 차세대 광액세스 기술 개발 및 적용 추진
- (ETRI)
    - 채널당 25G급 기반으로 NG-EPON 기술 개발 중이며, 핵심 기술로써 MAC, 광트랜시버, 광모듈, SDN을 통한 광액세스망 오픈 인터페이스 제어기술을 개발 중 [2015]
    - 유무선 광액세스망 기술을 indoor 환경의 커버리지 확대와 밀리미터파 기반 5G 신호 음영지역을 해소에 적용하기 위해 RoF 기반의 DAS(distributed antenna system) 기술 개발 중 [2016]
  - (KT) 기 포설된 액세스 인프라의 전송용량 증가를 위해 파장당 10기가급 다파장 광액세스 기술을 개발 및 시연 [2017]
  - (SKT) CWDM 기반 무선 프론트홀의 전송속도를 증가시키기 위하여 파장당 10기가급으로 업그레이드를 추진 [2017]
  - (에이알텍) 초고속 인터넷 및 모바일 신호 전송용 25기가급 광트랜시버 및 아날로그 광트랜시버 연구 개발 중 [2016]
  - (다산) 10기가급 수동형 광통신 네트워크 장비 개발 및 국내 통신사업자 적용시험 중 [2016]

<국내 주요 사업자 서비스 동향>

사업자	주요 현황
KT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년, IP 네트워크와 트랜스포트 네트워크를 통합 제어하는 오케스트레이션 기술 상용화 추진 중</li> <li>- 2018년, 차세대 프론트홀 전달망 구축을 위한 본격적인 연구개발 추진 중</li> <li>- 2018년, 10기가 인터넷 상용 서비스 실시 예정</li> <li>- 2018년, 10km의 거리에서 1:4 양자암호통신 테스트 현황 발표</li> <li>- 2017년, LTE와 IoT 통신 장비 여러 개를 단일 플랫폼에 수용하는 NFV 기술 상용망 적용</li> <li>- 2017년, NFV/SDN 기반으로 기업 IT 장비를 통합 관리/운영하는 원박스(One Box) 출시</li> <li>- 2017년, MWC2017에 국내 중소기업인 에프알텍과 공동으로 5G 신호를 인빌딩에 전송할 수 있는 5G DAS 서비스를 시연</li> <li>- 2017년, 국내 최초로 10기가 인터넷 장비를 서울, 경기, 평창에 적용하여 시범서비스</li> <li>- 2017년부터 본격적으로 5G 서비스를 위한 백홀망의 고도화를 추진</li> <li>- 2016년, IETF 국제표준 인터페이스 기반의 T-SDN 제어 기술에 대해서 IETF Bits-N-Bytes 행사에서 ETRI와 우리넷과 합동으로 PoC 시연</li> <li>- 2016년, 기존 EMS 기반의 전송 시스템을 SDN으로 제어하여 전용선 서비스 개시</li> <li>- 2016년, 전송망 구성 자동화(T-SDN) 전국 상용화</li> </ul>
SKT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년, XGS-PON 기반의 10기가 인터넷 네트워크 장비개발</li> <li>- 2018년, SK 브로드밴드의 트랜스포트 네트워크를 T-SDN으로 제어/관리하기 위한 기술 개발 및 상용화 추진 중</li> <li>- 2018년, TSN 기반 LS 스위치를 5G 파일럿 망 현장 시범 적용 예정</li> <li>- 2018년, SK 브로드밴드는 전송 인프라 고도화로 1테라급 PTN 장비 도입을 추진</li> <li>- 2018년, 5G 서비스를 위한 프론트홀망의 고도화를 위해 5G-PON의 공급을 확대</li> <li>- 2017년, 5G 차세대 프론트홀망의 기술적 검토를 위한 TSN 개발과제 추진하고, 2018년에 시범서비스를 위한 추가 개발을 추진</li> <li>- 2017년부터 본격적으로 5G 서비스를 위한 백홀망의 고도화를 추진</li> <li>- 2017년, NFV MANO 플랫폼에 해당하는 T-MANO를 출시하고 vEPC, vIMS 시스템 개발이 포함되어 VoLTE 서비스를 지원</li> </ul>

사업자	주요 현황
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017년, 양자 난수 발생기 QRNG 개발</li> <li>- 2016년, 국가 시범망으로 양자암호 통신망 상업망에 적용</li> <li>- 2016년, SKT에서 G-PON, XGS-PON, NG-PON2 기술을 함께 적용하여 하나의 광섬유를 통해 최대 52.5Gbps를 제공할 수 있는 FTTB 서비스를 시연</li> <li>- 2015년, 차세대 통신 기술 기반의 분산 LTE 교환기(SDN based Evolved Packet Core)를 국내 최초로 개발하고 시연에 성공</li> <li>- 2014년, HD보이스(VoLTE) 서비스에 NFV 기술을 시범 적용</li> </ul>
LGU+	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년, 국내 T-SDN 고유 표준(TTAK.KO-01.0095, TTAK.KO-01.0096) 규격을 기반으로 5G 네트워크 자동제어 소프트웨어 플랫폼 상용화 추진 중</li> <li>- 2018년, 5G 서비스 조기 출시를 위해서 포트홀망과 백홀망의 고도화를 추진</li> <li>- 2017년, LTE 코어망의 핵심인 EPC와 HD보이스(VoLTE) 서비스 등, IP기반 서비스를 위한 IMS를 가상화하기 위한 'V-EPC', 'V-IMS' 프로젝트를 추진 중</li> </ul>

### 2.3.2. 국외 기술개발 현황 및 전망

- (SDN 기술) 오픈소스 기반의 다양한 SDN 제어, 응용/플랫폼, 프로그래머블 실리콘 기술 등을 개발 진행중이며, 오픈데이라이트와 ONOS 오픈소스 프로젝트를 중심으로 다양한 외부 서비스 응용을 활용할 수 있도록 인터페이스와 관련 기술 개발 추진
- (브로드컴) 자사의 칩셋 기반 SDN 스위치에 프로그래머블 기능 탑재 추진 [2017], 프로그래머블 스위칭을 위한 토마호크 실리콘 기반의 오픈소스 SDK 출시 및 AT&T DANOS 프로젝트에 탑재 예정, 프로그래머블 이더넷 스위치 칩 Jericho2 출시, ONF의 SDN 개방형 스위치 플랫폼 프로젝트인 Stratum에 실리콘/ASIC 개발 벤더로 합류 [2018]
  - (베어풋네트웍스) 프로그래머블한 스위칭을 위해 P4를 처음으로 상용화한 칩인 토피노(Tofino) 개발 [2016], 구글 클라우드, ONF, P4.org와 공동으로 P4 런타임 기반의 네트워크 스위치 제어 시연(SDN/NFV World Congress), 시스코와 함께 프로그래머블 데이터전달 환경 및 IOAM(In-situ Operation, Administration and Management) 기술 시연(IETF100) [2017], 5G 네트워크, OCP/SONiC 프로젝트, 데이터센터 네트워크 솔루션을 위한 P4 기반 기술 개발/협력 추진 [2018]
  - (시스코) 오픈플로우에 대응하는 새로운 SDN 전략으로 기존 IETF 표준들을 적극 활용하는 SDN-ONE(Open Network Environment) 플랫폼 및 API를 발표함 [2013] 자사의 SDN 기반 자동화 솔루션을 텔레콤 이탈리아의 광전송 네트워크 서비스에 적용 [2017], SevOne이 ACI(Application Centric Infrastructure) 제어환경 기반의 성능 모니터링 기술 개발(2.0), 알리바바 클라우드가 ACI 기반으로 Morpheus Data의 멀티 클라우드 환경에 통합 추진 [2018]
  - (화웨이) SD-WAN과 IoT를 주요 서비스 대상으로 하는 SDN 컨트롤러인 Agile Controller 3.0을 개발 [2016], Agile Controller를 통한 분산제어, 토폴로지/디바이스/터널 관리, 운영관리 시스템 연계 등의 제어 기술을 제공하고, PCEP, BGP, OVSDb, NetConf, 오픈플로우 등의 데이터 전송/장치 추상화 기술을 구현함으로써 SDN 상용 프로젝트를 추진함 [2017], 스페인의 통신망 제공자인 텔레포니카의 광전송 네트워크를 기반으로 T-SDN 관리, 모니터링, 진단 기능 등을 공동 시험 추진 [2018]

- (NEC) 오픈플로우와 레거시 기능을 혼합한 ProgrammableFlow 상품 출시하고 Trema 컨트롤러 출시, 오피스 LAN 최적화 솔루션/캐리어 SDN 솔루션/자동화 및 정보보호 솔루션 등 세 가지 라인업을 통한 기술/제품 개발, 출시 [2013]
- (Spirent) SDN 컨트롤러 및 스위치 성능시험을 위해서 오픈플로우 v1.0/v1.3/v1.4를 지원하는 컨트롤러/스위치 에뮬레이션 솔루션 개발 [2016]
- (IXIA) 오픈플로우 v1.0/v1.3을 지원하는 적합성 시험 솔루션 및 컨트롤러/스위치 에뮬레이션 솔루션을 기반으로 한 SDN 적합성 시험 상용솔루션을 개발 [2016]
- (구글)
  - 세계 최초의 SDN 광역망 인프라인 B4 WAN에 더하여 BGP 기반의 공용 인터넷을 연계할 수 있는 SDN 기술인 “에스프레소”를 개발, 일반 IP 사용자의 데이터센터 접근을 위해 동적으로 최적의 성능을 제공할 수 있는 SDN 에지/하이브리드 환경을 구축함 [2017]
  - 오픈플로우 제어 및 관리 기술 기반의 5세대 데이터센터 네트워크인 주피터를 발표하였고, 글로벌 IDC 연결에 활용되는 모든 원거리 데이터 네트워크에 SD-WAN 오픈플로우 제어 기술을 적용 [2015]
- (AT&T) 구글, 주니퍼 등과 함께 망 공급자(프로바이더) 측면의 언더레이 기반 기술과 Velocloud, Viptela, Citrix 등 기업(엔터프라이즈) 측면의 오버레이 기반 기술을 중심으로 개발 진행 중이며 인텔, 브로드컴, Barefoot Networks의 칩을 기반으로 개방형/프로그래머블 화이트박스 스위치를 제작 및 테스트 시작 [2017], 5G 네트워크를 지원하기 위하여 오픈소스 및 소프트웨어 기반 화이트박스 스위치 구축 계획 수립(60,000대) 및 이를 위한 SDN/프로그래머블 OS인 DANOS 개발/탑재 추진 [2018]
- (NTT) 세계 최초 SDN 기반 멀티 가상 데이터센터 서비스를 상용화하고, 자사가 개발한 SDN 컨트롤러 “가상 네트워크 컨트롤러” Ver 2.0 판매를 시작 [2012], 전 세계 75개 클라우드 기반 망센터(PoP)를 대상으로 SD-WAN 플랫폼 탑재 및 서비스 [2017]
- (ONF)
  - Atrium distribution을 발표하고 SDN 스택/애플리케이션의 수직적 통합과 다양한 벤더 스위치 간 수평적 상호운용성을 보장할 수 있는 환경을 제공하는 한편, SDN과 non-SDN (레거시 IP 네트워크) 간(하이브리드) BGP 연동 기능을 제공 [2015]
  - 2016년 ONF는 Open Transport WG에서 전송 네트워크를 위한 SDN 구조 연구를 진행하고 있으며 Transport API를 위한 기능적 요구사항을 정의하였음. 그리고 Migration WG에서는 SDN 마이그레이션을 위한 RFI(Request for Information)를 통해 다양한 공급자, 벤더, 서비스 프로바이더들로부터 관련 정보를 수집하기 시작 [2016]
  - Open SDN 소프트웨어 배포판인 Atrium 2016/A 릴리즈를 발표하고 ODL 기반의 BGP 대등접속 애플리케이션과 새로운 YANG 모델을 포함함으로써, ONOS와 ODL을 통한 SDN-BGP 상호운용 환경을 제공 [2016]
  - AT&T Lab과 공동으로 VOLTHA 1.0(Virtual Optical Line Termination Hardware Abstraction)을 릴리즈하여 클라우드 네트워크를 위한 액세스 기술(XGS-PON) 기반의 프레임 워크를 제공 [2017]
  - 구글의 지원을 바탕으로 새로운 오픈소스 SDN 스위칭 플랫폼인 Stratum 프로젝트를 시작 하여 P4 기반의 파이프라인 정의, 파이프라인 제어, 네트워크 디바이스 설정, 디바이스 운영 등 데이터전달부분(Data Plane) 제어와 관리 기술을 개발 추진 [2018]



- (ONOS)
  - ONS2015에서 SDN-IP 응용을 시연하고 대륙 간 SDN 네트워크의 BGP 연동을 실현 [2015]
  - SDN이 NBAPI로 Intent 개념의 정책 언어 및 API 개발을 추진 중 [2016]
  - 실시간 설정 정보 반영 및 다중 VLAN 지원 등의 기능을 개발하여 SDN-IP 애플리케이션을 지속적으로 업데이트 중이며, 인터도메인 SDN 연동 기술인 ICONA(Inter Cluster ONOS Network Application)가 ONOS feature로 제안·개발 중 [2016]
  - E-CORD(Enterprise Central Office Rearchitected as Datacenter) 애플리케이션을 통해 패킷-옵티컬 기술을 다중 계층에 적용하고 ONS2016에서 시연하였으며, 화웨이, 후지쯔, 시에나, 노키아/Bell Lab 등과 추가적인 기술 개발을 진행 [2016]
  - ONOS는 Intent 2.0 프레임워크를 활용한 SDN 응용 인터페이스 기술의 개발을 시작하여 망 대역폭 예약 및 할당, OFDPA 파이프라인, 새로운 멀티포인트 Intent 생성 등을 목표로 하며, 보다 쉽고 추상화된 SDN 서비스 개발을 촉진할 전망 [2017]
  - ONOS 1.14(owl 릴리스) 개발 추진 중으로 ODTN(Open Disaggregated Transport Network)을 지원하는 네트워크 동적 설정, ISSU(In-Service Software Upgrades) 프로세스 최적화, 최대 150K 라우팅 엔트리/150만개 플로우 지원을 위한 컨트롤러 확장성 향상, UI 개선, P4 패브릭 기능 향상 및 Startum API의 초기 버전 개발 등 진행 중 [2018]

○ (NFV 기술) NFV기술은 x86 기반 하드웨어 및 하이퍼바이저 위에 기존의 물리적 네트워크 기능을 가상화하여 VNF를 만들고 운영하는 1세대 기술(phase 1)에서 나아가 VNF들을 개별 하드웨어 박스가 아닌 클라우드 인프라에서 동작시키는 2세대 기술(phase 2)로 진화하고 있음. 또한 NFV의 궁극적인 목표인 컨테이너 위에서 동작하고 마이크로서비스로부터 구성 가능한 VNF 디자인을 추구하는 클라우드 네이티브 기술(phase 3)에 대한 논의도 시작되고 있음. 화웨이, 노키아, 에릭슨, 주니퍼 등 네트워크 가상화 장비 상용화 제품들이 출시되었으며, 이를 적용한 상용 서비스가 지원 중

- (인텔) SDN 및 NFV 솔루션을 구축할 수 있도록 DPDK R6를 포함하는 오픈 네트워크 플랫폼(ONP)을 공급하고 있으며, 제온 E5-2600 v4 프로세서 제품군은 27종에서 최대 코어수 22개, 최대 스레드수 44개, 최대 LLC 55MB, 최고 메모리 속도 DDR4 2400MHz를 지원하고, 보안 기능 처리 시 RSA, ECC, SHA 기반 세션 개시 프로토콜 가속을 수행하고 AES-NI를 사용한 데이터 보호 기술로 암호화 속도를 높였으며 보안 키 등을 처리하는 난수 생성 기능 등을 제공 [2014]
- (시스코) NFV 기술을 도입하여 firewall, WANoptimization, 라우팅 기능이 포함된 데이터센터 및 서버를 공급하는 UCS 솔루션 개발함. 또한 Insime, Meraki 및 Embrane 기업을 인수하여 본격적인 NFV 솔루션 개발 [2015]. 클라우드 native 솔루션으로 시스코 VMS(Virtual Managed Services) 플랫폼과 vRAN, vCPE, vIMS 등 VNF 제품을 개발 [2016]
- (에릭슨) 가상화 환경과 매니지먼트(Cloud Execution Environment : CEE, Ericsson Cloud Manager : ECM)와 vEPC, vIMS등의 NFV 솔루션을 출시하고 있으며, OPNFV Lab 및 certification program을 운영하고 있음. 또한 SDN 및 NFV 기술이 사용되는 5G core network과 distributed cloud 솔루션을 보유하고 있음 [2014 - 2018]
- (윈드리버) NFV 소프트웨어 플랫폼인 윈드리버 티타늄 서버 CPE를 개발하여 케리어급 안정성을 제공하는 상용 NFV 인프라 솔루션 제공 [2016]

- (화웨이)
    - 세계 주요 통신사업자들과의 PoC 프로젝트 시행을 통해 핵심 네트워크 가상화 공급업체로 자리매김하고 있으며, 유럽에 최초의 상업용 NFV 기반 VoLTE 서비스를 성공시킴. vIMS, vMSE 솔루션 등 주요 네트워크 가상화 장비를 보유 중
    - Telefonica와 협력하여 Huawei의 vEPC를 Telefonica의 UNICA cloud infrastructure에 운영할 계획을 하고 있으며, NFV를 Network Function Cloudification으로 이름을 변경하고 Cloud화를 강조 [2017]
  - (IBM) White Paper를 통하여 Cloud infrastructure 하에서 design 단계와 runtime 단계가 분리되는 service lifecycle management와 DevOps 접근을 통해 cloud-native network 하에서 상위 수준의 자동화의 비전을 제시 [2017]
  - (알카텔-루슨트) 2012년부터 코어 망의 네트워크 기능을 가상화하는 NFV를 강력하게 추진해 오고 있으며, CloudBand라는 프로젝트를 시작해서 NFV 프레임워크를 최초로 구현
  - (Spirent) 네트워크 시험 장비 개발업체로 ETSI NFV 산업규격에 따른 다양한 시험 테스터 솔루션을 지원함. VCPE, VNF 라이프 사이클 관리를 포함하여 성능 및 스케일링에 따른 시험 기능들을 포함 [2016]
  - (Veryx) NFV 서비스 및 네트워크 성능을 모니터링 할 수 있는 “SAMTEST for NFV”를 제공함. 3rd party가 서비스 라이프 사이클에 대한 오케스트레이션 기능을 모니터링 할 수 있으며, 다양한 성능 측정이 가능한 솔루션 제공 [2016]
  - (ONAP) AT&T와 Amdocs가 이끌던 ECOMP와 China mobile이 이끌던 Open-O 두가지 Open source 기반 기술 그룹이 통일화된 MANO 및 OSS/BSS 관련 구조와 인터페이스 규격을 구현한 Amsterdam Release 1을 배포 [2017]
  - (AT&T) Domain2.0을 통해 SDN/NFV 상용화를 주도하고 있으며 Network Function on Demand이란 이름으로 vCPE 서비스 개시 [2016]
  - (Telefonica) UNICA 프로젝트를 통해 새로운 장비의 30%이상 가상화를 실현할 계획이고 이를 위해 에릭슨, HP, Huawei등 글로벌 벤더들을 참여시켜 상호연동 및 안정화를 꾀하고 있음 [2016]
  - (NTT-Docomo) 각각 운영되던 솔루션(시스코: 데이터 센터 네트워킹, NEC: vEPC, 에릭슨: 클라우드 매니지먼트)을 통합하여 상용화에 성공하여 본격적인 SDN/NFV/클라우드가 융합된 서비스를 제공 [2016]
- (네트워크 지능 기술) 네트워크에서의 지능화 기술은 통신사업자 관점에서는 그동안 운용 관리자들의 수동적인 설정 및 제어 등을 통해 매뉴얼하게 관리되던 네트워크 운용/관리 기술을 인공지능 기술을 기반으로 자율 의사 결정 방법에 따라 완전 자동화 방식으로 변화시킴으로서 4차 산업혁명 시대에 매우 활용 가능성이 높은 표준 기술로서 화웨이 등 중국 제조사 중심으로 빠르게 기술개발이 진행되고 있음
- (화웨이) 인공지능 및 빅데이터 분석 기술을 5G 네트워크에서 활용할 수 있도록 하는 네트워크 데이터 분석 기능(NWDAF)를 5G 시스템 내에 새롭게 정의하여 기술 개발을 진행 중 [2018]
  - (5G-PPP CogNet) SDN/NFV 형태의 망에서 수집한 다양한 형태의 정보(예, 망의 상태 변화, 사용자/사업자/트래픽 프로파일, QoS/SLA 설정 변화 등)에 인공지능 및 기계학습적

분석을 적용하고 이를 바탕으로 망 운영의 효율성, 응답성, 자율성 등을 향상시키는 소프트웨어 기술개발 진행 [2018]

- (5G-PPP SELFNET) SDN/NFV 기술에 인공지능/기계학습을 결합한 지능형 자율네트워크를 구성을 목적으로 SDN/NFV 인프라와 지능형 엔진이 결합된 소프트웨어 개발 진행 [2018]

○ (저지연/시간-확정형 네트워크) 각 적용 영역별 컨소시엄 및 얼라이언스 산업체 주도로 기술 개발 및 시험이 진행 중이며 현재 AVB의 확장판인 TSN 기술 개발이 주를 이루고 있으나 TSN 커버리지 확장을 위한 DetNet 기술 개발도 향후 본격 추진될 것으로 전망

- (IIC) GE, IBM, Intel, Cisco, AT&T, SAM 등이 주도하는 산업 인터넷 컨소시엄(IIC)에서는 Bosch, Cisco, Intel, KUKA, National Instruments 등을 참여기관으로 Industrial IoT 및 Industry 4.0을 위한 네트워크 인프라 적용을 목표로 TSN 테스트베드(미국 National Instrument, 독일 Bosch Rexroth) 구축 및 시험 중 [2017]
- (AVnu) Cisco, Broadcom, Intel, Harman 등이 주도하는 AVnu 얼라이언스에서는 TSN을 AVB Gen2로 명명하고, 상호운용성 및 적합성 시험, 제품 인증 등 활동 수행 중 [2014]
- (OPEN) BMW, GM, 폭스바겐, 도요타, 현대자동차, Bosh, Broadcom, Harman, NXP, Realtek 등이 주도하는 OPEN 얼라이언스에서는 멀티미디어 및 자동차 네트워크 백본에 AVB/TSN 적용을 위한 공동 개발 프로모션 추진 중 [2011]
- (TTTech) 자동차, 항공기, 스마트 공장 적용을 목표로 Deterministic Ethernet이라는 기술 명칭으로 IPCore를 포함한 IEEE TSN 기반 제품군(OPC-UA Pub/Sub over TSN) 제품 출시 [2017]
- (브로드컴) TSN 표준을 모두 준용하는 TSN 스위치(BCM56170/53570) 칩셋을 업계 최초로 출시하고 관련 업체의 기술 개발 지원 [2017]
- (지멘스) 산업자동화 분야의 글로벌 선두 기업인 지멘스는 차세대 스마트공장을 위한 저지연 통신 기술로서 OPC-UA Pub/Sub over TSN 시제품을 Hannover Messe 2018에서 전시하였으며 상용 플랫폼 출시를 목표로 개발 중 [2018]
- (시스코) 산업용 이더넷 스위치로서 TSN을 지원하는 IE4000 모델 출시 [2017]
- (화웨이) Schneider Electric, HollySys, National Instruments, B&R Automation, TTTech, Spirent 등 글로벌 산업용 장치 벤더들과 공동으로 TSN+OPC UA 스마트 제조 테스트베드 구축에 참여하고 Hannover Messe 2018에서 전시 [2018]
- (기타) DetNet은 표준화 중간단계로 기술 개발은 미비하나 기존 IP/MPLS 장비군을 업그레이드하여 출시할 것으로 예상

○ (양자 정보통신 기술) 전 세계적으로 국가별 연 수천억 이상을 투자하여 양자암호통신, 양자 센서, 양자 컴퓨터 기술을 포함하는 양자정보통신 분야에서 세계 주도권 확보 기술 개발을 위한 노력을 하고 있음

- (중국 USTC) 2016년 12월 세계 최대 거리인 베이징과 상하이 사이의 2,000km 양자 백본망 구축을 완료하였으며, 2016년 7월 양자통신 전용 위성 ‘묵자’호 발사 성공 후 2017년 위성 지상 간 양자키분배 기술 발표, 2018년 2월 위성을 이용한 지상간의 양자키분배 기술 결과를 발표 [2018]



- (Battelle) 2017년 미국 최초 상업망 내 양자 암호망을 구축하였고, 미국 오하이오~워싱턴 DC를 연결하는 700km 구간의 양자암호통신 시험망 구축 중 [2018]
  - (캐나다 워털루 대학) IQC(The Institute of Quantum Computing) 센터를 운영 중이며 물리학, 수학, 공학의 실험적·이론적 측면을 이용하여 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자 측정 연구기관으로 활동 중 [2018]
  - (이탈리아 INRIM) IDQ, Geneva 대학 등과 공동으로 양자암호통신을 위한 2017년 12월을 목표로 Turin-Florence간 650km 광섬유 링크를 구성 중 [2018]
  - (영국 York 대학) UK 국가 양자 기술 프로그램의 일환으로 양자통신허브를 구성하여 4개의 작업 패키지를 구성하여 대규모 양자 통신 연구를 수행 중 [2018]
  - (영국 BT) BT연구소(Adastral Park에 위치)와 26km떨어진 Ipswich 사이트를 실험실용 광섬유로 연결하여 QKD에 의해 보안성이 확보된 전송(10Gbps) 실험 성공 [2017]
- (네트워크 구조 기술) 글로벌 벤더 및 국가 기반의 연구프로젝트를 중심으로 미래 네트워킹 기술에 대한 기술 개발이 이루어지고 있으며, 실제 상용단계를 위한 테스트베드와 실증 단계로 기술 개발이 진행되고 있어 2020년 상용화 가능한 기술로 개발될 것으로 예상
- (PARC, 시스코)
    - 시스코는 IP 주소를 이용한 식별자와 로케이터 분리 기술인 LISP을 개발하고 시스코 라우터에 탑재하여 터널링 라우터 등으로 상용화 함 [2013]
    - PARC는 정보중심네트워킹 기술인 CCNx의 오픈소스 개발을 수행하였고, CISCO는 CCNx의 모든 권한을 획득하여 Community ICN(CICN)이라는 오픈소스 기술로 개발을 진행 중 [2017]
  - (인터디지탈)
    - 유럽의 H2020 POINT/RIFE 프로젝트를 통해 ICN 기반 네트워킹 플랫폼을 개발함 [2017]
    - 현재 유럽의 H2020 FLAME 프로젝트를 통해 ICN 기반 네트워킹 플랫폼의 테스트베드 구축과 시범서비스 개발 중 [2018]
    - InterDigital은 Huawei, Cisco와 함께 5G 네트워크에 ICN 기술의 적용방안을 제안 준비 중 [2018]
  - (인텔) 미국의 NSF와 함께 정보중심네트워킹 기술과 무선 네트워킹을 위한 엣지 컴퓨팅 기술을 융합한 기술 개발을 시작하였고, AR/VR 등을 위한 Name 기반 네트워킹 기술을 활용한 엣지 기술을 개발 중 [2017]
  - (NICT) 5G 등의 미래 네트워킹 기술에 적용할 수 있는 정보중심네트워킹 기술 개발과 통합된 테스트베드 구축 등을 위해 유럽의 H2020의 일환으로 ICN2020 등의 프로젝트를 대표적으로 수행 [2016]
  - (시스코, 에릭슨) 패킷 고속 전달, 경로 및 링크 보호를 위해 세그먼트 라우팅 기반의 대용량 라우터 개발 [2016]
- (전달망 기술) 화웨이, 시에나, 노키아, 에릭슨을 비롯한 글로벌 전달망 장비 제조업체들은 5G 서비스를 위한 유선솔루션과 공공망에 패킷-광 전달망(POTN) 및 패킷전달망(PTN) 기반 솔루션을 공급 확대하고 있으며, 현재보다 높은 전송용량을 가지는 시스템 개발 중
- (시에나) 100G급(OTU4, 100GbE)인터페이스를 갖는 12Tera급 OTN/DWDM 패킷 광전달망장치 개발완료. 전송거리가 수백km인 메트로망에서 데이터센터 간 연결 혹은

OTN망 간 연결을 위해 Flexible OTN 광전달망 장치 개발 중 [2018]

- (후지쓰) 100G급(OTU4)인터페이스를 갖는 Flexible OTN 패킷 광전달망장치 개발완료. 전송거리가 수백 km인 메트로망에서 데이터센터간 연결 혹은 OTN망간 연결을 위해 Flexible OTN 광전달망 장치 개발 중 [2018]
- (Calnex) 모바일 백홀, TSN 등 동기화에 민감한 영역에 적용하기 위한 랩 테스트 솔루션으로 PTP(1588), NTP, SyncE, TDM 등 동기 클럭 측정 장비 개발 추진 [2018]
- (EndRun) IT 네트워크의 정밀한 동기화를 위한 시간 & 주파수 표준, 시간 서버, PTP/IEEE-588 그랜드마스터, 텔레콤용 기준클럭원(PRS) 등 동기 관련 제품 개발 추진 [2018]

○ (유무선 액세스 기술) 10기가급 PON 기술의 개발이 완료되었으며 파장당 25G 기반의 광액세스 기술을 개발 진행 중. 100G, 200G급 광액세스 기술을 위해 파장당 50G 광액세스 기술 연구과 더불어 액세스 가상화에 대한 연구도 진행 중

- (NTT) PON기술을 활용하여 모바일 신호를 수용하는 기술 개발이 활발히 이루어지고 있으며, NTT에서는 폭넓게 포설된 10G-EPON기반의 인프라를 이용하여 4G/5G 신호를 수용하기 위한 신호 처리 기술을 개발 중. 특히 2016년부터 FASA 프로젝트를 통해 액세스 가상화에 대한 연구를 활발히 진행 중 [2016]
- (화웨이) 채널당 10G급 기반으로 채널수를 확장하여 40G급 서비스를 제공 가능한 NG-PON2를 2013년에 개발 완료하였고, 상용화를 위한 시험을 지속하고 있음. P-t-P 액세스용으로 양방향 25G 기술 연구 개발 [2013]
- (ZTE) 채널당 50G급 광액세스 망에 필요한 광송수신 기술에 대한 연구를 진행 중이며 특히 신호처리에 대한 연구가 활발히 진행 [2018]
- (노키아) 저비용으로 파장당 25G급 광액세스망을 구축하기 위하여 10기가급 광소자를 이용한 25G 광송수신 기술 개발 진행 중 [2017]
- (브로드컴) 채널 본딩 기술이 적용된 파장당 25G급 광액세스 시스템용 MAC 칩 개발 [2017]

#### <국외 주요 사업자 서비스 동향>

사업자	주요 현황
버라이즌	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017년 하반기, 5G 상용화를 선언한 상태로 망고도화 추진 중이며, 2016년 7월부터 미국 11개 도시에 5G FWA 시범 서비스 진행 중</li> <li>- 2017년, 광링크의 전송용량이 10G x 4채널 동작하는 NG-PON2기술을 Calix사와 함께 시연하였으며 2018년 포설예정</li> <li>- 2015년, Managed SD-WAN 서비스 출시</li> </ul>
AT&T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년 내 5G 상용화를 목표로 5G FWA(고정형 초고속 인터넷) 등 서비스 및 망고도화 투자를 본격 추진</li> <li>- 2016년, Network Function on Demand란 이름으로 vCPE 서비스 개시</li> <li>- 2015년, Domain2.0을 통해 SDN/NFV 상용화 주도</li> </ul>
NTT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017년, 데이터 센터 간 연결을 위해 400Gbit/s 광전송장치 포설 발표. 광섬유 1가닥 당 19Tera급 신호 전달하여 현재보다 전송용량을 배로 증가</li> <li>- 2017년, 전 세계 70여개 PoP을 대상으로 SD-WAN 플랫폼 탑재 및 서비스</li> <li>- 2012년, 세계 최초 SDN 기반 멀티 가상 데이터센터 서비스를 상용화하고, 가상 네트워크 컨트롤러 Ver 2.0 판매 시작</li> </ul>
Telefonica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년, 화웨이와 공동으로 T-SDN 적용 및 시험, 서비스 계획</li> <li>- 2016년, UNICA 프로젝트를 통해 새로운 장비의 30% 이상 가상화를 실현</li> </ul>

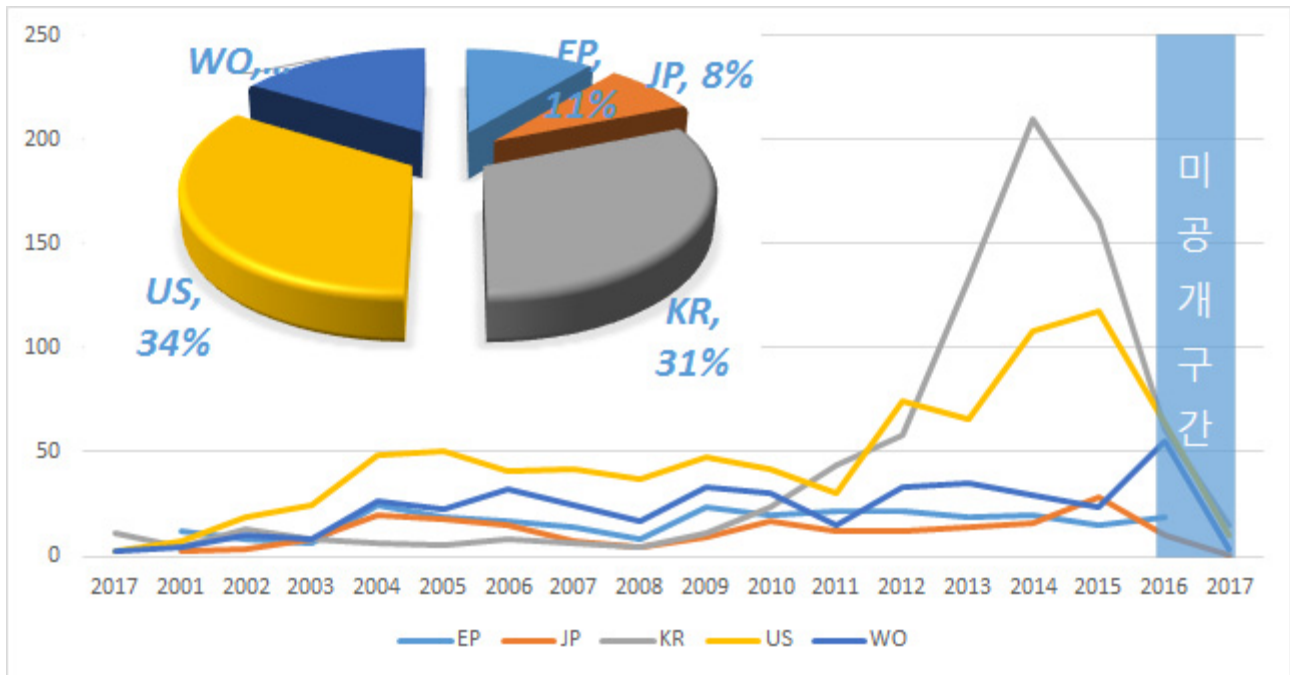
사업자	주요 현황
구글	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017년, BGP 기반의 공용 인터넷을 연계할 수 있는 SDN 기술인 에스프레소를 개발, 일반 IP 사용자의 데이터센터 접근을 위해 동적으로 최적의 성능을 제공할 수 있는 SDN 에지/하이브리드 환경 구축</li> <li>- 2015년, 글로벌 IDC 연결에 활용되는 모든 원거리 데이터 네트워크에 SDWAN-오픈플로우 제어기술을 적용</li> </ul>
Sprint	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017년, 오버레이 기반 “Sprint SD-WAN” 서비스 시작</li> </ul>
T모바일	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2019년 상반기까지 5G 이동통신 등을 위해 스프린트와 합병을 통해 미국 내 3강 체제 형성하기 위해 합병을 목표로 하고 이후 3년간 5G 구축 등에 400억 달러(약 42조8,200억 원)를 투입 예정</li> </ul>
차이나 모바일	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2018년, 데이터센터 간 연결 4G backhaul, 차세대 5G의 backbone으로 새로운 OTN 망구축</li> </ul>
신화통신	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2017년, 양자통신망을 이용한 금융 정보를 전송</li> </ul>

## 2.4. IPR 현황 및 전망

### ○ 특허분석 개요

- 지능형네트워크 분야에 있어서, 2018년 6월 현재까지 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제 공개 (등록)된 특허들을 대상으로 앞서 제시된 표준화 항목에 따라 검색/추출된 총 2,482건의 특허를 대상으로 분석을 수행

### ○ 특허 출원년도별 특허공보별 동향



- 지능형네트워크 표준화 항목기술 분야의 특허 발행국(한국, 미국, 일본, 유럽, 국제)별 특허 출원은 한국특허(공개 및 등록특허 포함) 31%, 미국특허 34.1%, 국제특허 16%, 유럽특허 11%, 일본특허 8% 순으로 출원량이 많은 것으로 나타남
- 미국(US) 및 한국(KR) 특허의 경우, 2000년대 이후부터 출원이 지속적으로 증가하고 있는데, 특히 미국의 경우 2010년을 기점으로 가파른 성장세를 보이고 있다는 점에서 영향력을 가지는 주요 시장이라 볼 수 있음
- 국제(WO) 특허의 경우, 2000년대 중반 이후 다수의 특허 출원이 계속해서 발생하고 있다는 점에서 해외 시장 진출이 활발한 분야임을 알 수 있음
- 2017년 이후 데이터는 미공개 특허가 다수 포함되어 있어 유효한 정보는 아니며 최근의 증가 추세를 고려할 때 추후 변동가능성이 큼

## ○ 각 표준화 항목에 대한 연도별 출원 동향

표준화 항목 출원 년도	SDN기술	NFV기술	네트워크 지능기술	저지연/시간 -확정형 네트워크 기술	양자정보 통신기술	네트워크 구조기술	전달망기술	유무선 액세스기술
2001	-	-	-	1	16	-	12	-
2002	-	1	-	3	31	-	10	8
2003	-	-	-	8	33	-	6	8
2004	-	-	-	19	96	-	4	7
2005	-	1	-	5	105	-	1	3
2006	-	-	-	8	97	-	1	7
2007	-	-	-	3	72	3	1	15
2008	-	1	-	2	43	5	-	19
2009	-	5	1	17	63	7	4	29
2010	2	8	5	13	50	15	8	32
2011	7	9	3	14	35	34	3	18
2012	22	7	3	26	50	68	1	22
2013	74	16	5	12	47	102	-	11
2014	143	27	8	19	56	113	1	16
2015	122	4	1	15	72	124	2	7
2016	47	2	-	27	48	80	-	9
2017	11	2	-	8	6	8	-	1
합계	428	83	26	200	920	559	54	212

- 지능형네트워크 표준화 항목기술 분야의 특허 출원은 양자정보통신기술, 네트워크구조기술, SDN기술, 유무선액세스기술 등의 순으로 나타남
- 연도별 동향을 살펴보면, 양자정보통신기술과 저지연/시간-확정형 네트워크기술은 2000년대 이후 부터 다수의 특허 출원이 이어져오고 있고, 네트워크지능 및 구조 기술은 2000년대 중반부터 출원이 시작되어 지속적으로 증가하는 것으로 나타남
- 특허 출원 증가율 측면에서는 SDN, NFV 및 네트워크구조기술이 지속적인 증가세를 유지하고 있음

## ○ 각 표준화 항목에 대한 특허정보별 출원 동향

표준화 항목 출원 국가	SDN기술	NFV기술	네트워크 지능기술	저지연/시간- 확정형 네트워크 기술	양자정보 통신기술	네트워크 구조기술	전달망기술	유무선 액세스기술
한국특허	364	65	21	20	75	161	25	33
미국특허	37	11	1	126	538	342	22	145
일본특허	12	-	-	35	201	20	5	20
유럽특허 (국제특허포함)	15	7	4	19	106	36	2	14

- 미국은 저지연/시간-확정형 네트워크기술, 양자정보통신기술, 네트워크구조기술, 유무선 액세스기술 분야가 전체 대비 높은 점유율을 보이고 있으며, 네트워크지능기술이나 전달망 기술은 상대적으로 전체 대비 낮은 점유율을 보이고 있음
- 한국은 SDN기술, NFV기술 및 네트워크구조기술 분야에 출원을 집중하고 있으며, 일본 및 유럽은 양자정보통신기술 및 네트워크구조기술 분야에 출원 비중이 높은 것으로 나타남

## ○ 한국특허에서의 주요 출원인별 출원 현황

표준화 항목 출원인	SDN기술	NFV기술	네트워크 지능기술	저지연/시간- 확정형 네트워크 기술	양자정보 통신기술	네트워크 구조기술	전달망기술	유무선 액세스기술
KT	101	14	4	-	1	2	-	3
한국전자통신 연구원	73	20	7	1	6	5	4	3
삼성전자	4	16	-	1	-	34	5	2
SKT	15	1	1	-	13	3	-	-
화웨이	16	2	-	1	12	-	-	4
알카텔루슨트	8	6	3	1	-	1	-	-
아토리서치	32	1	-	-	-	-	-	-

- 한국은 KT, 한국전자통신연구원, 아토리서치 등이 다출원 순위에 랭크되어 있음
- 기술 분야별로는 ETRI, 삼성전자, KT는 여러 기술 분야에 걸쳐 고른 출원을 나타내고 있으며, SDN기술과 NFV기술은 다수의 출원인이 고른 출원을 보이며, 저지연/시간-확정형 네트워크 기술, 전달망기술은 상대적으로 출원 건수가 적은 편임

## ○ 해외특허에서의 주요 출원인별 출원 현황

표준화 항목 출원인	SDN기술	NFV기술	네트워크 지능기술	저지연/시간 -확정형 네트워크기 술	양자정보 통신기술	네트워크 구조기술	전달망기술	유무선 액세스기술
HUAWEI	290	43	41	15	1	40	-	-
NEC	213	25	-	1	20	1	-	1
ALCATEL LUCENT	69	21	-	2	8	13	-	22
MAGIQ TECHNOLO GIES	23	4	2	-	167	-	-	2
Palo Alto Research Center	15	3	8	2	-	134	-	1
HP	87	20	-	1	-	27	-	-
NTT	50	28	-	1	20	4	-	1

- 한국을 제외한 해외의 경우, Huawei, NEC, Alcatel Lucent, Magic Technologies가 다출원 상위에 랭크되어 있으며, 다음으로 Palo Alto Research Center, HP, NTT 등이 상위에 분포되어 있음
- 기술 분야별로는 Huawei, NEC, HP는 SDN, NFC, 양자정보통신기술 등 다양한 분야에 고른 출원을 보이고 있고, Magic Technologies는 양자정보통신기술, Palo Alto Research Center는 네트워크구조기술 분야에 다수의 특허를 출원한 것으로 나타남

## 2.5. 표준화 현황 및 전망

표준화 특성	□개념/정의, □유즈케이스/요구사항, ■기능/참조구조, □데이터포맷/스키마, □프로토콜/인터페이스	표준 수준	90% (선도국가 대비)
-----------	---	----------	---------------------

구분	표준화 기구		표준화 현황
국제 (공적)	ITU-T	SG11	(Signalling requirements, protocols, test specifications and combating counterfeit products) 정보중심네트워킹 기술을 활용한 엣지 컴퓨팅과 지능형 네트워킹 기술로 활용을 위한 표준 개발 중
		SG13	(Future networks, with focus on IMT-2020, cloud computing and trusted network infrastructures) - 2017년에 5G 네트워크에서의 기계학습 방법을 적용하기 위한 포커스 그룹이 신설되어(FG ML5G) 요구사항 및 유즈케이스, 프레임워크 등을 표준초안 개발 작업을 추진 중 - 정보중심네트워킹 기술을 이용하여 5G의 전송 메커니즘 뿐 아니라 Core 네트워킹 기술에 적용하기 위한 표준 아이템 개발 중
		SG15	(Transport, Access and Home) - OTN, MPLS-TP, Carrier Ethernet, WDM 등을 제어하기 위한 T-SDN 컨트롤러 구조 표준화를 추진 중 - T-SDN 컨트롤러를 기반으로 5G 트랜스포트 네트워크를 지원하기 위한 요구 사항 및 표준 항목 도출을 추진 중 - ONF, TMF, OIF 등과 협업하여 T-SDN 정보 모델 표준화를 추진하고 있음 - 시각 및 주파수 전달을 위한 동기 계층 모델 표준화 진행 중 - eEEEC 타이밍 특성 규격 표준화 진행 중 - 텔레콤 그랜드 마스트(T-GM) 타이밍 기능을 위한 최소한의 요구사항 정의 진행 중 - T-BC-P 및 T-TSC-P/A 타이밍 특성 요구사항 표준화 진행 중 - 동기 OAM 요구사항 및 정보모델 표준화 진행 중 - Flexible OTN long reach 관련 프레임 구조 및 FEC 기술에 대한 표준화 진행 중 - OTU4-Long Reach 표준화 진행 중 - Mobile-optimized OTN 표준화 항목 도출 중 - IMT2020/5G를 지원하기 위한 전달망 기술 표준화 항목 도출 중 - NG-PON2 기술의 TC 계층 및 PMD 계층 규격 개정판 완료 - 양방향 10G를 지원하는 XGS-PON 기술의 표준화 완료 - 50G급 광액세스 기술 표준화 시작 - 아날로그 광통신 표준인 G.RoF와 모바일 백홀/프론트홀용 저가형 메트로 광전송망 표준인 G.metro 표준화가 진행 중 - 모바일 프론트홀용 광액세스 기술 논의 중 - G-PON과 E-PON을 통합하는 구조 표준에 대한 논의 진행 중
	IEC	TC57	(Power systems management and associated information exchange) PTP의 전력 프로파일에 대한 표준화 완료
		TC86	(Fibre optics) 아날로그 광송수신기 규격 표준화 및 파장가변 모듈 규격 표준화 진행 중



구분	표준화 기구	표준화 현황
국제 (사실)	ONF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 오픈플로우 프로토콜 기반의 제어 및 관리 인터페이스/프로토콜과 데이터 전달 기술에 종립적인 정보 모델링(CoreModel) 1.3.1규약 개발</li> <li>- 프로바이더 독립적인 인텐트 중심 SDN 노스바운드 기술의 규약을 개발하여 다양한 벤더/서비스 요구를 쉽게 수용 가능한 환경을 구현</li> <li>- End-to-End 연동 및 하이브리드 기술을 위한 운영, 구조, 서비스 분야의 규약을 개발 중으로 SDN의 중단간 서비스 활성화에 대비</li> <li>- 오픈플로우 표준을 기반으로 한 스위치 적합성 시험 표준화 작업을 완료하였으며, 향후 오픈플로우 컨트롤러의 검증을 위한 시험 표준화가 진행될 것으로 전망</li> <li>- T-SDN 정보 모델(UML)을 기반으로 트랜스포트 네트워크를 제어하기 위한 SBI 인터페이스 표준화 진행 중</li> <li>- MPLS-TP 오픈플로우 프로토콜을 위한 SPTN 확장 규약 개발</li> <li>- UML과 OpenAPI 및 ProtoBuf를 맵핑하는 가이드라인 개발</li> <li>- 개방/분리형 전송 네트워크(ODTN) 표준구조 제안</li> </ul>
	IETF/IRTF	<p>(I2RS WG-Interface to the Routing System, PCE WG-Path Computation Element) 라우터와 스위치에서의 다양한 SDN 사우스바운드 인터페이스 관련 기능 표준화 작업을 진행 중</p> <p>(TEAS WG-Traffic Engineering Architecture and Signaling) SDN 제어 구조 및 정보 모델 표준과 함께 가상 네트워크 서비스를 제공하기 위한 NBI 인터페이스, 트래픽 엔지니어링을 위한 토폴로지, 터널 등의 관리 및 제어를 위한 SBI 인터페이스 표준화 진행 중</p> <p>(CCAMP WG-Common Control and Measurement Plane) WDM, PTN 등의 광네트워크를 SDN으로 제어하기 위한 SBI 인터페이스 표준을 추진 중</p> <p>(BM WG-Benchmarking Methodology)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2015년부터 SDN 컨트롤러 성능 시험 방법론에 대한 표준화 작업을 진행하고 있으며, SDN 컨트롤러 시험관련 기능에 대한 표준화 초안 작업을 진행 중</li> <li>- SDN 컨트롤러 성능 시험 방법론에 대한 표준화 작업 완성 단계</li> <li>- VNF 스위치 성능 시험 방법론에 대한 표준화 개발 작업 중</li> </ul> <p>(DetNet WG-Deterministic Networking) IP/MPLS 기반 DetNet을 위한 네트워크 아키텍처, 데이터 평면 솔루션, 제어/관리, 보안 고려사항 등에 대한 표준화 추진 중</p> <p>(BIER WG-Bit Indexed Explicit Replication) 비트 기반 멀티캐스트를 위한 포워딩 기술에 대한 표준 개발 중</p> <p>(6MAN WG-IPv6 Maintenance) 세그먼트 라우팅 식별자를 전달하기 위한 IPv6 헤더 확장 표준 개발 중</p> <p>(LSR WG-Link State Routing) 세그먼트 식별자의 플로딩을 위한 라우팅 프로토콜 확장 표준 개발 중</p> <p>(DMM WG-Distributed Mobility Management) 인캡슐레이션을 사용하지 않는 네트워크 오버레이 기반의 식별자/로케이터 어드레싱 기술에 대한 표준 개발 중</p> <p>(SPRING WG-Source Packet Routing in Networking) IP 주소 대신 세그먼트 식별자를 이용하는 소스 라우팅 기반의 세그먼트 라우팅 기술 기술에 대한 표준 개발 중</p> <p>(TICTOC WG-Timing over IP Connection and Transfer of Clock) PTPv2 제어/관리를 위한 YANG 모델 표준화 및 대규모 엔터프라이즈 IP 망에서의 정밀 시간 동기를 위한 PTP 엔터프라이즈 프로파일 표준화 진행 중</p> <p>(ICN RG-Information-Centric Networking) ICN scenario, ICN research challenge 등의 기본 표준을 기반으로 ICN semantic 등의 기본 기술에 관한 표준과 IoT, 4G LTE, 5G 코어 기술, 그리고 NRS 등의 적용기술에 대한 표준 논의 중</p>

구분	표준화 기구	표준화 현황
	OIF	(PLL WG-Physical and Link Layer) Flexible Ethernet IA(Implementation Agreement)1.1 및 Flex Coherent DWDM transmission framework 문서를 2017년 완료하였으며, 200G급 혹은 400G급의 기술에 대한 표준화 논의 중
	ETSI	(Network Functions Virtualisation) - SOL 워킹그룹에서 MANO 인터페이스 규격에 대한 오픈 API 규격을 개발하고, VNF 및 네트워크 서비스 식별자 및 VNF 패키지 정의에 대한 규격 개발 진행 중 - IFA 워킹그룹에서 MANO 기본 인터페이스 규격은 완료한 상태이며, 멀티사이트 NFV, 정책관리, 클라우드 네이티브 지원, 네트워크 슬라이싱, 라이선스 관리 등 새로운 확장 기능에 따른 규격화를 진행 중 - TST 워킹그룹에서 멀티 벤더 제품간 상호운용성, API 적합성 시험, 성능에 대한 벤치마킹 규격을 개발 중
		(Multi-access Edge Computing) 초저지연과 대용량 데이터 전송을 위한 모바일 엣지 컴퓨팅 기술 규격을 개발하고 있으며, 어플리케이션 실행을 위해 가상 네트워킹 플랫폼으로 NFV 기술을 활용하고 있음
		(Experiential Networked Intelligence) - 네트워크 지능화 관련 기술 산업규격 개발을 위해 화웨이, 차이나 텔레콤, 버라이즌, 삼성전자, 인텔, ZTE 등 전 세계 주요 통신사업자 및 제조사들이 주도적으로 참여하는 가운데 '17년 초부터 표준화 활동을 시작하였음 - ENI Rel-1 Stage-1(2017.3~2018.3)은 지능형 네트워크 표준화를 위한 요구사항, 유즈케이스, 갭 분석 등의 산업 규격들이 개발되었으며, ENI Rel-1 Stage-2 (2018.3~)는 지능형 네트워크를 위한 기능구조, 기능 블록간의 인터페이스 및 정보 모델 등에 산업 규격이 개발될 예정임
		(Zero touch network & Service Management) 네트워크 자동화 관련 기술 산업규격 개발을 위해 도이치 텔레콤, 화웨이, 노키아, 차이나 유니콤, NTT 도코모, 스프린트, 텔리포니카 중심으로 2017년 12월 공식 출범하였으며, 기존 SDN/NFV 기술을 바탕으로 AI와 ML기술을 추가하여 네트워크상의 사업자 망관리시스템에 MANO와 통합 연동되는 End-to-end 자동화 기술 개발을 위한 공통 인터페이스 및 데이터 정보모델 개발을 목표로 최근에 활동을 시작
		(Quantum Key Distribution) 현재 표준안인 002, 003, 004, 005, 008은 제정된 상태로 현재 003의 개정과 011의 표준제정이 이루어졌고 타 관련 표준에 대한 개정작업 논의 중. 이밖에 시스템 연동과 보안 인증에 대한 표준이 진행 중
	MEF	- SD-WAN과 관련하여 캐리어 이더넷 프로바이더 간 SDN 연동 API 표준의 개발을 추진 - MEF 3.0 프레임워크를 개발하여 표준화/오케스트레이션된 API를 기반으로 SDN 광역망 등 이기종간 네트워크 자동화 연계 구조를 제안
	IEEE	(WG1-Higher Layer Local Area Network Protocols) - Ethernet 기반 TSN을 위한 시각 동기, 포워딩(필터링, 폴리싱, 큐잉, 스케줄링), 제어/관리, 프로파일 등에 관한 표준화 추진 중 - A/V 브리지망을 위한 시간 동기 프로토콜인 gPTP를 다양한 산업영역에 적용 가능한 수준으로 개선하는 802.1AS-Rev 표준화가 진행 중이며, 2019년 말 표준안 승인 예상 (WG3-Ethernet) 100G EPON 표준화 진행 중이며 2018년 상반기 D.1.0 작성 완료 예정
		(Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems) IEEE 1588-2008(PTPv2)의 시간 동기 성능을 개선하기 위한 PTPv3 표준화 진행 중이며, 2019년 말 표준안 승인 예상

구분	표준화 기구		표준화 현황
국제 (오픈 소스)	ODL		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 오픈플로우 표준외에 OVSDb, NETCONF, LISP, BGP 등의 다양한 사우스바운드 인터페이스를 지원하고, SDN과 NFV 기술의 연동을 위해 OpenStack의 Neutron API와 연동을 지원</li> <li>- MD-SAL 추상화 기반의 통일된 모델을 기반으로 API 및 데이터 구조를 정의하여 확장성을 높여주며, 이를 위해 RESTCONF 프로토콜과 YANG 모델링 언어를 사용함</li> <li>- 클러스터링 및 페더레이션 기술의 향상을 통해 이스트웨스트바운드 인터페이스 표준 개발 확대에 기여 전망</li> </ul>
	ONOS		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ODTN 지원 네트워크의 동적 설정 및 ISSU 프로세스 최적화 개발</li> <li>- 최대 지원 플로우 및 라우팅 엔트리 확대를 위한 확장성 향상 추진</li> <li>- CORD 패브릭과 연계한 P4 패브릭 기능 개선 진행</li> <li>- Stratum을 위한 Southbound API의 개발을 통한 초기 버전 릴리스 진행</li> <li>- 오픈플로우 1.5 구현 중이며, LISP, OSPF, ISIS 및 YANG을 위한 NETCONF 어댑터 등 사우스바운드 인터페이스의 확대 개발을 진행 중</li> <li>- YANG/동적설정 API 정의 및 개발, 인텐트 2.0 프레임워크 개발, gRPC 구현 및 적용 등을 추진하여 노스바운드 인터페이스 지원 확대 및 고성능화 수행</li> <li>- 최초 버전부터 클러스터를 바탕으로 분산 컨트롤러를 수행할 수 있는 분산 코어 환경을 탑재하여 SDN 서비스의 안정성, 가용성, 확장성을 제공</li> </ul>
	ONAP		<ul style="list-style-type: none"> <li>- NFV 오케스트레이션, SDN 컨트롤러 외에 Service Design, Analytics, Network Management 등이 포함된 운영, 관리 플랫폼으로, AT&amp;T에서 공개한 ECOMP와 China Mobile, Huawei, ZTE 등이 주도한 Open-O 프로젝트를 통합함</li> <li>- 1차 릴리즈로 VoLTE, vCPE 의 유즈케이스를 대상으로 2017년 발표</li> </ul>
	OSM		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ETSI NFV MANO 표준 기반 상용 수준의 소프트웨어 제공을 목표로 시작되어 서비스 품질보장, 안정성 등을 보강한 3차 릴리즈를 2017년 말 발표</li> </ul>
	OPNFV		<ul style="list-style-type: none"> <li>- NFV 관련 여러 오픈소스 소프트웨어들의 통합, 적용 및 시험을 통한 요구사항 도출 및 신규 기능 개발을 위한 목표로 시작되어 OpenStack, ODL, ONOS, OVS, Ceph 등 관련 Open Source 프로젝트에 반영</li> <li>- 통합 및 시험을 위해 전 세계 16개의 Pharos Community Open Lab을 운영하고 있으며 Lab as a Service를 제공 중</li> </ul>
국내	TTA	PG201	<p><b>(광전송)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ETRI, 통신사업자(KT, SKT, LGU+), 벤더(우리넷, 코워버 등)로 구성된 T-SDN 표준반(WG2016)을 구성하고 트랜스포트 SDN에 대한 국외 표준화 대응 및 국내 고유 표준 재개정을 추진 중</li> <li>- IETF DetNet 관련 국제 표준화 활동을 모니터링하고 관련 대응 방안 모색</li> <li>- 권텀포럼 등과 협력하여 양자 암호통신 시스템에 대한 국내 표준화를 진행 중. 물리계층의 규격과 프로토콜, 인터페이스 등의 표준화를 수행 중</li> <li>- 식별자 기반의 패킷 전달을 위한 국제표준 개발에 대응하기 위해 국내 표준 개발 중</li> <li>- 전달망 관련 국내 표준화 진행 중</li> <li>- ITU-T, IEEE 802.3 등에서 진행중인 NG-PON2/ 100G-EPON 관련 기술의 국내 표준화 진행 중</li> <li>- RoF 실무반을 통해 ITU-T에서 진행 중인 G.RoF 표준화 대응 및 관련 기술의 국내 표준화 진행 중</li> </ul>

구분	표준화 기구	표준화 현황
	PG218	<b>(이더넷)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 네트워크, 제조, 자동차 등의 산학연으로 구성된 AVB/TSN 실무반 (WG2186)을 통해 국내 고유 표준 개발 추진 중</li> <li>- IEEE 802.1WG, 802.3WG에서 진행 중인 TSN 관련 기술의 국내 준용 표준 개발 중</li> <li>- TSN 관련 국제 표준화 활동을 모니터링하여 국내 대응 방안 모색</li> <li>- 연관 포럼(산업융합네트워크포럼)과의 TSN 표준 개발 협력, 의견 수렴 및 기술 프로모션 추진</li> </ul>
	PG220	<b>(미래인터넷)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IETF에서 개발된 RFC 표준들에 대해 대응하는 국내준용표준 개발에 초점을 두고 표준화를 추진 중</li> <li>- SD-WAN 혹은 End-to-End 연동 및 하이브리드 기술의 SDN 광역망 기술, SDN 도메인 간 연동기술, 관련 Inter-SDN API 표준은 규격 정의에 대한 논의가 시작되고 있는 단계</li> <li>- SDN 시험기술 등에 대한 표준 기술규격 분석 및 요구사항에 대한 의견 수렴을 진행할 계획</li> <li>- NFV 기반 상용 서비스 출시를 본격화함에 따라 멀티 벤더 제품들간 상호운용성 이슈가 대두되면서 TTA 미래인터넷 PG 중심으로 국내 표준안 개발 및 국내 요구사항을 반영한 국제 표준화를 추진</li> <li>- 2018년부터 인공지능 기술을 이용한 지능형 네트워크 기술에 대한 국내 표준 개발을 추진할 계획을 수립</li> <li>- IoT, 5G 등을 위한 ICN의 국제표준 개발에 대응하기 위해 국내 표준 대응이 필요</li> </ul>
	한국 ITU 연구위원회	<b>(SG11/SG13 연구반)</b> 정보중심네트워킹 기술을 활용하여 엣지컴퓨팅 및 5G 적용을 위한 표준화 논의 및 추진 중 <b>(SG15 연구반)</b> T-SDN, IMT2020/5G 지원 전달망, 전달망 보호절체, 50G급 광액세스, 아날로그 광통신 등의 분야에서 국내 제안 기술의 국제 표준화 추진을 위한 전략 및 계획을 논의 중
	SDN/NFV포럼	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ETRI, 삼성전자, SKT 등이 ONF 포럼에 공식 회원기관으로 가입하여 관련 표준기술의 도입을 적극 추진하고 있어, 국내 관련 시장의 활성화를 위한 대응 포럼인 SDN/NFV포럼의 활동 및 관련 기술개발의 표준화를 추진 중</li> </ul>
	퀀텀포럼	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 양자암호통신기술 표준 관련 2011년 출범하였고, 2012년 출범한 퀀텀 정보통신연구조합과 함께 글로벌 표준화를 위해 실제 표준 개발 및 ETSI와 연계한 표준화를 진행 중</li> </ul>
	산업융합 네트워크포럼	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 산업 융합 네트워크 분야에 기존 네트워크 기술(Ethernet, IP, MPLS)을 적용 및 융합하는 방안을 논의하고, 산업체의 의견을 반영한 포럼 표준을 TTA PG와 연계하여 개발 중</li> <li>- 포럼 내 인프라 분과에서는 전달망 및 유무선 액세스 관련 국제/국내 표준화를 논의하고 산업체의 의견을 반영한 포럼 표준을 TTA PG와 연계하여 개발 중</li> <li>- 미래 융합망으로써 양자 암호통신 관련 시스템과 물리계층 등에 대한 국내 표준화를 진행 중</li> </ul>

### 2.5.1. 국내 표준화 현황 및 전망

- (SDN 기술) TTA 미래인터넷 PG(PG220)와 TTA 광전송 PG(PG201), SDN/NFV포럼 중심으로 표준화가 이루어지고 있으며 특히 SDN 광역망 기술과 관련하여 T-SDN을 위한 데이터모델링 관련 표준 개발 진행 중
  - (TTA 미래인터넷 PG(PG220))
    - SDN 제어기 기능 요구사항 표준을 완료하였으며, 이후로는 IETF에서 개발된 RFC표준들에 대해 대응하는 국내준용표준 개발에 초점을 두고 표준화를 추진 중 [2013]
    - SDN 광역망 중심의 End-to-End 연동 및 하이브리드 기술, SDN 도메인 간 연동기술, 관련 Inter-SDN API 표준은 규격 정의에 대한 논의가 시작되고 있는 단계이며, T-SDN을 위한 데이터모델링 관련 표준의 개발은 완료 혹은 진행 중 [2017]
    - 국내 SDN시험 표준은 ONF 및 IETF를 중심으로 하는 국제 SDN시험표준 개발 등에 비하여 초기 단계에 머물고 있으며, 이와 관련하여 TTA 미래인터넷 PG를 중심으로 국내에 필요한 SDN 시험기술 등에 대한 표준 기술규격 분석 및 요구사항에 대한 의견수렴을 진행할 계획 [2017]
  - (SDN/NFV포럼)
    - ETRI, 삼성전자, SKT 등이 ONF포럼에 공식 회원기관으로 가입하여 관련 표준기술의 도입을 적극 추진하고 있어, 국내 관련 시장의 활성화를 위한 대응 포럼인 SDN/NFV포럼의 활동 및 관련 기술개발의 표준화 추진이 적극적으로 이뤄질 전망 [2017]
    - SDN/NFV 포럼의 표준화 워킹그룹은 ETRI, KT, SKT, 우리넷, 코위버 등으로 구성된 회원기관을 중심으로 통신 사업자에게 요구되는 T-SDN 국내 표준화를 추진하고 있음 [2018]
  - (TTA 광전송 PG(PG201)) 광전송 PG는 ETRI, 통신사업자(KT, SKT, LGU+), 벤더(우리넷, 코위버 등)로 구성된 T-SDN 실무반(WG2016)을 구성하고 T-SDN에 대해서 3건의 국내 고유 표준화를 추진 중 [2018]

#### <국내 표준화 현황>

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG201	TTAK.KO-01.0095, 전달망 소프트웨어 정의 네트워킹을 위한 기본 YANG 데이터 모델	2017	SDN 광역망 및 End-to-end 하이브리드 연동/전송계층 기술
	TTAK.KO-01.0096, 전달망 소프트웨어 정의 네트워킹을 위한 YANG 데이터 모델: MPLS-TP	2017	
	TTAK.KO-01.0097, 전달망 소프트웨어 정의 네트워킹을 위한 YANG 데이터 모델: OTN	2017	
TTA PG220	TTAK.KO-01.0187, 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN) 제어기 기능 요구사항	2013	SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술

- (NFV 기술) 국내 통신사업자들의 NFV 기반 상용 서비스 출시를 본격화함에 따라 멀티 벤더 제품들간 상호운용성 이슈가 대두되면서 TTA 미래인터넷 PG 중심으로 국내 표준안 개발 및 국내 요구사항을 반영한 국제 표준화를 추진 중

- (TTA 미래인터넷 PG(PG220)) ETSI NFV 산업규격을 기반으로 국내 산업체들의 요구사항을 반영하여 MANO 프레임워크, MANO 플랫폼과 VNF 간의 인터페이스 등 국내 표준안 개발을 매우 활발히 진행 중
  - NFV 기반 기본 프레임워크에 물리적 네트워크 기능(PNF)를 포함하는 국내 MANO 기본 프레임워크 표준안을 개발 [2015]
  - MANO 기본 프레임워크 표준안을 기반으로 하여 VNF와 VNFM간의 인터페이스 그리고 NFVO 및 NFVM간 인터페이스에 대한 국내 표준안을 개발 [2016]
  - ETSI NFV 산업규격의 최종 버전을 기반으로 하여 2016년에 개발한 국내 표준안을 개정하는 작업을 진행 중 [2017]
  - VNF 라이프 사이클 관리를 위한 시험 규격을 개발 [2017]

## &lt;국내 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG220	TTAK.KO-01.0202, 네트워크 기능 가상화(NFV): 가상 네트워크 기능 라이프사이클 관리를 위한 상호 호환성 시험 표준	2017	NFV 시험 기술
	TTAK.KO-01.0100/R1, 네트워크 기능 가상화(NFV): 오케스트레이터와 가상 네트워크 기능 관리자간 인터페이스	2017	-
	TTAK.KO-01.0101/R1, 네트워크 기능 가상화(NFV): 가상 네트워크 기능과 가상 네트워크 기능 관리자간 인터페이스	2017	
	TTAK.KO-01.0100, 네트워크 기능 가상화(NFV): 오케스트레이터와 가상 네트워크 기능 관리자간 인터페이스	2016	
	TTAK.KO-01.0101, 네트워크 기능 가상화(NFV): 가상 네트워크 기능과 가상 네트워크 기능 관리자간 인터페이스	2016	
	TTAR-01.0009, 네트워크 기능 가상화(NFV): SDN 사용	2016	분산 NFV 운용 및 서비스 기술
	TTAR-01.0007, ETSI 네트워크 기능 가상화 PoC 기술분석서	2015	
	TTAS.KO-200, 네트워크 기능 가상화 프레임워크	2015	-

- (네트워크 지능 기술) 국내 통신사업자들의 인공지능 기반 망 관리 및 가상 자원의 오케스트레이션 기술 적용을 본격화함에 따라 TTA 미래인터넷 PG 중심으로 국내 표준안 개발 및 국내 요구사항을 반영한 국제 표준화를 추진할 예정
  - (TTA 미래인터넷 PG(PG220)) 인공지능/기계학습 기술을 이용한 지능형 네트워크 기술에 대한 국내표준 개발을 추진할 계획 수립 [2018]
- (저지연/시간확정형 네트워크) Ethernet, MPLS 기술을 ToR로 하는 TTA 이더넷 PG, 광전송 PG에서는 각각 TSN, DetNet 국내표준화 진행 중이고, 산업융합네트워크 포럼에서는 국내 대응 전략 수립 및 국제 표준화 공동 기고 등을 추진할 것으로 전망



- (TTA 이더넷 PG(PG218))
  - AVB/TSN 실무반(WG2184)을 구성하여 AVB, TSN, 항공 이더넷 관련 국내 표준 개발과 국제 표준화 대응을 위한 제반 활동 수행 중 [2016]
  - 산업체에서 TSN 국제 표준을 용이하게 참조할 수 있도록 국문 표준(TTAK.IE-802.1Qav, 시간-민감형 스트림을 위한 개선된 포워딩 및 큐잉 기능) 포함 7건의 국내 표준 제정 [2017]
  - 각 산업 영역별 요구사항 및 세부 기술을 명시하기 위한 TSN 프로파일 표준 개발을 위한 논의 시작 [2018]
- (TTA 광전송 PG(PG201)) IETF에서 DetNet 문제 정의, 유즈케이스, 아키텍처, 데이터 평면 규격 등에 대한 논의가 구체화됨에 따라 MPLS-TP 등 패킷 전달망 국내표준화를 담당하는 PG201에서 DetNet을 ToR로 추가하였으며 본격적인 논의 시작 [2018]
- (산업융합네트워크포럼) 공장, 전력, 자동차 등의 제어/계측 위한 산업 네트워크와 Ethernet/MPLS 기반의 범용 네트워크의 기술적 융합의 필요성을 인지한 국내 전문가들이 국내 관련 분야 기술력 제고와 표준을 통한 기술 확산을 위해 산업융합네트워크 포럼을 결성하여 관련 표준화 활동 중 [2016]

## &lt;국내 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG218	2018-P1779, 신뢰성을 위한 프레임 복제 및 제거 (IEEE Std 802.1CB-2017)	진행 중 (2018)	Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹 기술
	TTAK.IE-802.1Qav-2009, 가상 브리지 근거리 통신 망- 개정: 12. 시간-민감형 스트림을 위한 포워딩 및 큐잉 향상(IEEE Std 802.1Qav-2009)	2017	
	TTAE.IE-802.1Qbu-2016, 브리지 및 브리지드 네트워크 개정-26: 프레임 프리엠프션(IEEE Std 802.1Qbu-2016)	2017	
	TTAE.IE-802.1Qca-2015, 브리지 및 브리지드 네트워크 개정-25: 경로 제어 및 예약(IEEE Std 802.1Qca-2015)	2017	
	TTAE.IE-802.1Qbv-2015, 브리지 및 브리지드 네트워크 개정-25: 스케줄된 트래픽 포워딩 프로세스 성능 향상(IEEE Std 802.1Qbv-2015)	2017	
	TTAE.IE-802.1Qch-2017, 브리지 및 브리지드 네트워크 개정-29: 사이클릭 큐잉 및 포워딩(IEEE Std 802.1Qch-2017)	2017	
	TTAE.IE-802.3br-2016, IEEE 이더넷 표준 개정 5: 신속 처리가 필요한 프레임의 우선 배치를 위한 규격 및 관리 파라미터(IEEE Std 802.3br-2016)	2017	
	TTAE.IE-802.1AC-2016, 매체 접근 제어(MAC) 서비스 정의(IEEE Std 802.1AC-2016)	2017	
	TTAE.IE-1722-2016, 브리지 LAN 환경에서 시간-민감형 어플리케이션을 위한 전송 프로토콜(IEEE Std 1722-2016)	2017	
	TTAE.IE-802.1BA-2011, 오디오 비디오 브리징(AVB) 시스템	2016	

- (양자 정보통신 기술) TTA에서는 국내 단체표준으로서 양자정보통신에 대한 표준 제정활동을 진행 중. 현재 양자암호통신의 양자키 분배망에 대한 물리적 규격과 인터페이스 등의 표준을 완료하였고, 인증이나 시험 절차 및 물리적 규격 상위 계층의 구조와 연동 표준 개발을 2018년 까지 주력 개발 할 것으로 예상
- (퀀텀포럼) 양자암호통신기술 표준 관련 퀀텀포럼이 2011년 출범하였고, 2012년부터 TTA 표준화 포럼으로 지정되었으며 2012년 출범한 퀀텀정보통신연구조합과 함께 Global 표준화를 위해 실제 표준 개발 및 ETSI QKD 표준화를 진행 중 [2017]
  - (퀀텀정보통신연구조합) 2016년부터 퀀텀정보통신연구조합이 ETSI ISG member로 참여하여 국제 표준화 활동 진행 중. ETSI Quantum Safe Crypto Workshop와 국내외 양자 세미나 등을 유치하는 등 국내외 표준화 및 정책 홍보 확산 진행 중 [2016]
  - (TTA 광전송 PG(PG201)) 양자 암호통신의 양자키 분배망에 대한 물리적 규격과 내부 인터페이스 및 응용 인터페이스 등의 표준 제정 완료. 양자 암호통신의 모듈 보안 요구사항 및 유스케이스 표준 개발을 진행하고 있으며, 양자 키 분배망의 설치와 연동을 위한 표준개발을 진행 중 [2017]

&lt;국내 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG201	2018-1702, 양자키 분배망; 모듈 보안 규격	진행 중 (2018)	양자 암호망 기술
	TTAE.ET-GS QKD 011, 양자 키 분배(QKD); 구성 요소 특성화: QKD 시스템의 광학 구성 요소 특성화	2018	
	TTAE.ET-GS QKD 003, 양자 키 분배: 구성 요소 및 내부 인터페이스	2017	
	TTAE.ET-GS QKD 004, 양자키 분배망: 응용 인터페이스	2017	

- (네트워크 구조 기술) IoT 및 4G LTE 와 5G core를 위한 네트워킹 기술로써 정보중심네트워킹 기술에 대한 기술 개발 및 표준화가 이루어지고 있어, 국제 표준 준용 및 선도적 표준 개발을 위해 관련 표준 개발이 필요 할 것으로 예상. TTA 광전송 PG에서 식별자 기반 패킷전달기술의 표준 개발 중
- (TTA 미래인터넷 PG(PG220))
    - 정보중심네트워킹을 위한 국제 표준에 대한 국내 표준 준용을 위한 표준 개발 필요 [2019]
    - 식별자 로케이터 분리를 위한 프로토콜에 대한 국제 표준을 국내 표준으로 준용 [2013]
  - (TTA 광전송 PG(PG201)) 식별자 기반의 패킷 전달을 위한 표준개발을 진행 중 [2018]

&lt;국내 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG201	TTAE.IF-RFC7855, 세그먼트 라우팅의 문제정의와 요구사항	2016	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술
TTA PG220	TTAE.IF-RFC6830, 위치자/식별자 분리 프로토콜 (LISP)	2013	

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
	TTAE.IT-Y.3031, 미래 네트워크를 위한 식별자 프레임워크	2012	
	TTAE.IT-Y.3001, 미래 네트워크: 원칙 및 설계목표	2011	
	TTAE.KO-01.0174, 미래 인터넷을 위한 이름 및 주소 체계에 관한 요구사항	2011	
	TTAE.IF-RFC6255, 지연 감내 네트워킹(DTN): 번들 프로토콜 IANA 레지스트리	2011	
	TTAE.IF-RFC6256, 지연 감내 네트워킹(DTN): 프로토콜 상에서 자체 범위 수치 값 사용	2011	

○ (전달망 기술) 고용량 장거리 광전송 기술에 관련된 표준 개발은 활발히 진행하고 있으나, 망동기 및 시각정보 분배 기술 관련 국내 표준화 활동은 미미한 현황임. 패킷 전달망을 위한 고정밀 망동기와 시각정보 분배 기술 표준이 요구되는 현실에서 향후 활발한 표준 개발 활동 예상

- (TTA 광전송 PG(PG201))

- 전달망 장비 특성 기술 방법론 및 기반 기능을 정의한 표준을 비롯하여, 광전달망 구조 표준, 광전달망 계위 장치의 기능 블록 표준 등이 2017년 12월에 제정 [2017]
- 이더넷 기반으로 MPLS-TP 연동을 실현하기 위한 네트워크 운영, 관리, 유지에 관한 표준을 비롯하여 주로 MPLS-TP와 OTN 관련 표준이 제안되어 표준화 진행 중 [2018]

- (산업융합네트워크포럼) 인프라 분과에서는 전달망 관련 국제/국내 표준화를 논의하고 산업체의 의견을 반영한 포럼 표준을 TTA 광전송 PG(PG201)와 연계하여 개발 중 [2018]

<국내 표준화 현황>

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG201	2017-462, 이더넷을 기반으로 MPLS-TP 연동을 위한 네트워크 운영, 관리, 유지 방법	진행중 (2018)	고용량 장거리 광전송 기술
	2018-P1786, MPLS 전송 프로파일(MPLS-TP) 계층 네트워크의 인터페이스	진행중 (2018)	
	2018-P1751, MPLS 전송 프로파일(MPLS-TP) 용어 및 정의	진행중 (2018)	
	2018-P1754, 데이터 통신 네트워크 구조와 규격	진행중 (2018)	
	2018-P1741, 광전달망: 망요소 관점에서 프로토콜에 무관한 관리정보모델	진행중 (2018)	
	2018-P1746, MPLS-TP 선형보호절체	진행중 (2018)	
	TTAE.IT-G.806/R1, 전달망 장비 특성 - 기술 방법론 및 기반 기능	2017	
	TTAE.IT-G.798/R2, 광전달망 계위 장치의 기능 블록 특성	2017	
	TTAE.IT-G.872/R1, 광전달망 구조	2017	
	TTAE.IT-G.709/R3, 광 전송 네트워크 신호 인터페이스	2016	
	TTAK.KO-01.0098, MPLS-TP 연동 요구사항 및 데이터 평면 구조	2016	

- (유무선 액세스 기술) 초고속 광대역 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 차세대 액세스 기술 표준화 진행 및 모바일 신호를 전송하기 위한 아날로그 광통신 기술 표준화 및 프론트홀 표준화 진행 중
- (TTA 광전송 PG(PG201))
    - CWDM 실무반에서는 모바일 프론트홀/백홀용 광링크 규격 표준화가 진행 중 [2013]
    - ITU-T 및 IEEE 표준 중 광액세스망 표준의 국내 표준화 대응 중이며 특히, RoF 실무반을 구성하여 G.RoF 표준화 대응 및 관련 기술에 대한 국내 표준화를 진행 중 [2015]
  - (한국 ITU 연구위원회 ITU-T SG15 연구반) ITU-T에서 진행 중인 광액세스망 관련 표준인 NG-PON2, G.hsp 등 차세대 PON 기술 표준화 대응 중 [2015]
  - (국가기술표준원 광섬유표준전문위원회(TC86)) IEC TC86의 표준화에 대응하고 있으며 파장가변 송수신기의 파장 측정방법 및 파장가변 필터표준에 대응하고 있으며 아날로그 광송수신기 표준화 진행 중 [2015]

## &lt;국내 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
TTA PG201	2018-1704, 다수의 서브 채널을 갖는 다채널 CWDM 광인터페이스	진행 중 (2018)	모바일 광액세스 기술
	TTAE.IT-G.9807.1, 10Gb/s급 상하향 대칭형 광가입자망	2017	
	TTAE.IT-G.989.1/R1, 40 기가급 수동형 광통신망 (NG-PON2): 일반 요구 사항	2017	
	TTAE.IT-G.989.3, 40 기가급 수동형 광통신망 (NG-PON2): 전송수렴 계층	2016	
	TTAE.IT-G.9801, OMCI를 수용하는 이더넷 수동형 광통신망	2016	-
	TTAE.IT-G.989.2, 40 기가급 수동형 광통신망 (NG-PON2): 물리계층 규격	2015	모바일 광액세스 기술
	TTAE.IT-G.9802, 다파장 수동형 광 네트워크 (MW-PONs)	2015	
	TTAK.KO-04.0198, 기가 인터넷 제공을 위한 ITU-T 권고 G.996X 기반의 동선 전송기술	2015	-
	TTAE.IE-802.3bk-2013, IEEE 802.3 이더넷 표준-개정1:확장된 이더넷 수동 광가입자망을 위한 물리계층 및 관리 파라미터	2015	
	TTAE.IT-G.987.3/R1, 10 기가비트 수동형 광 통신망(XG-PON): 전송수렴 계층(개정)	2015	
	TTAE.IT-G.987.1/R1, 10 기가비트 수동형 광 통신망(XG-PON): 일반적 요구사항(개정)	2015	
	TTAE.IT-G.988/R1, ONU 관리 및 제어 인터페이스 (OMCI) 규격(개정)	2015	
	TTAE.IT-G.sup.55, 무선-광(RoF) 전송 기술 및 응용	2015	아날로그 모바일 광액세스 기술(RoF)

## 2.5.2. 국제 표준화 현황 및 전망

- (SDN 기술) ODL, ONOS 등 오픈소스 프로젝트를 통하여 사실상 시장 중심의 표준개발이 진행 중이며 ITU-T, MEF, IETF 등도 관련 표준 개발이 진행 중
- (ONF)
  - 오픈플로우 1.5.1 표준 기술의 개발을 완료하고 오픈소스 프로젝트(ONOS 등)를 중심으로 관련 기술을 적용하는 한편 시장 중심 표준 개발을 진행 중 [2015]
  - 제어 및 관리 인터페이스/프로토콜과 데이터 전달 기술에 중립적인 정보 모델링(CoreModel) 규약을 개발하는 한편, 프로바이더 독립적인 인텐트 중심 SDN 노스바운드 기술의 규약을 개발하여 다양한 벤더/서비스 요구를 쉽게 수용 가능한 환경을 구현 중 [2017]
  - End-to-End 연동 및 하이브리드 기술을 위한 운영, 구조, 서비스 분야의 규약을 개발 중으로 SDN의 종단간 서비스 활성화에 대비 [2017]
  - MPLS-TP를 위한 오픈플로우 SPTN 확장 표준 규약 및 오픈플로우 광전송 프로토콜 확장 규약 1.0을 개발 [2017]
  - Testing & Interoperability WG에서는 SDN 오픈플로우 표준을 기반으로 한 SDN 스위치 적합성 시험 표준화 작업을 완료하였으며, 향후 CORD 기반에서의 SDN 기기 간 상호 인증 시험을 진행할 것으로 전망 [2018]
  - 정보모델링을 위한 UML과 OpenAPI 매핑 및 UML과 ProtoBuf 매핑 가이드라인을 제안하고 Core Information Model 1.3.1 개발 [2018]
- (ITU-T) T-SDN 표준화는 현재의 전송 네트워크 제어 구조 표준(G.8080)을 참조하여 SDN 트랜스포트 제어 구조 및 정보 모델을 표준화 진행 중 [2018]
- (IETF)
  - Benchmarking WG에서는 2015년부터 SDN 컨트롤러 성능시험 방법론에 대한 표준화 작업을 진행하고 있으며, SDN 컨트롤러 시험관련 기능에 대한 표준화 초안 작업을 진행 중 [2017]
  - TEAS, CCAMP, PCE, I2RS WG등에서 라우터와 스위치에서의 관련 기능 표준화 작업을 진행 중 [2018]
- (MEF)
  - SD-WAN과 관련하여 캐리어 이더넷 프로바이더 간 SDN 연동 API 표준의 개발을 추진 [2017]
  - MEF 3.0 프레임워크를 개발하고 LSO API의 표준화를 적극적으로 추진 중 [2018]
- (ONOS)
  - 오픈플로우 1.5 개발 및 LISP, OSPF, ISIS 및 YANG을 위한 NETCONF 어댑터 등 사우스바운드 인터페이스의 확대 개발을 진행 중으로 향후 SDN 표준 및 생태계 확산에 기여 전망 [2017]
  - YANG/동적설정 API 정의 및 개발, 인텐트 2.0 프레임워크 개발, gRPC 구현 및 적용 등을 추진하여 노스바운드 인터페이스 지원 확대 및 고성능화 수행 [2017]
  - 멀티계층의 하이브리드 연동을 위해 패킷-옵티컬 기술을 개발 중으로 OpenROADM 네트워크/서비스 지원, 오픈플로우 1.4 지원 등이 진행 [2017]
  - 화이트박스 및 캐리어 코어망 기반 ODTN 구조 및 관련 네트워크 동적 설정 기술 개발

진행, ISSU 프로세스 최적화, 컨트롤러 확장성 개선, P4/CORD 패브릭 기능 향상, Stratum API 개발 진행 중 [2018]

- (오픈데이터이트) 클러스터링 및 페더레이션 기술의 향상을 통해 EWB 인터페이스 표준 개발 확대에 기여 전망 [2017]

<국제 표준화 현황>

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ONF	TR-543 v1.0 info, UML to OpenAPI Mapping Guidelines	2018	SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술
	TR-544 v1.0 info, UML to ProtoBuf Mapping Guidelines	2018	
	TR-512 v1.3.1 info, Core Information Model(Core Model) 1.3.1	2018	
	TS-022, Optical Transport Protocol Extensions Ver 1.0	2017	
	TS-029, SPTN OpenFlow Protocol Extensions	2017	
	TR-540, Orchestration: A More Holistic View	2017	
	TR-538, Use Cases for Carrier Grade SDN	2016	
	TR-534, SDN Carrier Grade Framework	2016	
	TF-524, RFI Template for Migration to SDN	2016	
	TR-528, Mapping Cross Stratum Orchestration(CSO) to the SDN Architecture	2016	
	TR-521, SDN Architecture 1.1	2016	
	TR-527, Functional Requirements for Transport API	2016	
	TR-522, SDN Architecture for Transport Networks	2016	
	TR-512, Core Information Model(CoreModel) 1.2	2016	
	TR-523, Intent Definition Principles	2016	
	TR-529, Security Foundation Requirements for SDN controllers	2016	
	TR-530, Threat Analysis for the SDN Architecture	2016	
	TR-539, OpenFlow Controller Benchmarking Methodologies	2016	
	TS-025, OpenFlow Switch Specification Ver 1.5.1	2015	
	TS-026, Conformance Test Specification for Openflow Switch Specification v1.3.4 Basic Single Table Conformance Test Profile	2015	
ITU-T SG15	G.7701, Common control aspects	진행중 (2018)	SDN 광역망 및 End-to-end 하이브리드 연동/ 전송계층 기술
	G.7702, Architecture for SDN control of transport networks	진행중 (2018)	
	G.7711, Generic protocol-neutral management information model for transport resources	진행중 (2018)	



개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
IETF	I-D, Framework for Abstraction and Control of Traffic Engineered Networks	진행중 (2018)	SDN 광역망 및 End-to-end 하이브리드 연동/ 전송계층 기술
	I-D, Requirements for Abstraction and Control of TE Networks	진행중 (2018)	
	I-D, Information Model for Abstraction and Control of TE Networks(ACTN)	진행중 (2018)	
	I-D, A Yang Data Model for ACTN VN Operation	진행중 (2018)	
	I-D, Routing Information Base Info Model	진행중 (2018)	SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술
	I-D, Benchmarking Methodology for SDN Controller Performance	진행중 (2018)	
	I-D, Terminology for Benchmarking SDN Controller Performance	진행중 (2018)	
	RFC 7921, An Architecture for the Interface to the Routing System	2016	
	RFC 7920, Problem Statement for the Interface to the Routing System	2016	
	RFC 6457, PCC-PCE Communication and PCE Discovery Requirements for Inter-Layer Traffic Engineering	2012	
	RFC 5810, Forwarding and Control Element Separation(ForCES) Protocol Specification	2010	
MEF TM Forum	MEF 3.0 LSO API Standardization/Transformational Global Services Framework	2018	SDN 광역망 및 End-to-end 하이브리드 연동/전송계층 기술
	Inter-provider LSO API Standardization	2017	
	Understanding SD-WAN Managed Services (White paper)	2017	

- (NFV 기술) ESTI NFV 그룹을 중심으로 프로토콜 및 신규 확장 기능에 대한 산업규격이 개발 중이며, OPEN-MANO, ONAP 등 오픈 소스 프로젝트가 활발히 진행 중
- (ETSI NFV) Release-3 표준화가 5G 요구사항에 따른 가상화 확장 기술에 대한 산업규격 개발이 진행되고 있음. 또한, 2016년 5월에 구성된 SOL 워킹그룹에서는 MANO 기본 프레임워크에서의 인터페이스에 대한 오픈 API 규격을 개발하였음. IFA 워킹그룹에서는 멀티사이트 NFV, 정책관리, 네이티브 클라우드 지원, 네트워크 슬라이싱, 라이선스 관리 등 새로운 기능에 따른 규격화를 진행하고 TST 워킹그룹에서는 멀티 벤더 제품간 상호 운용성 시험 규격 개발을 완료하고, SOL 워킹그룹에서 제정한 오픈 API 대상 적합성 시험 규격 개발을 진행 중 [2018]

## &lt;국제 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ETSI NFV	GS NFV-SOL005, Os-Ma-Nfvo RESTful protocols specification	2018	-
	GS NFV-EVE011, Cloud native VNF classification specification	2018	
	GR NFV-EVE012, Network slicing report	2018	
	GR NFV-EVE010, License management report	2018	분산 NFV 운용 및 서비스 기술
	GR NFV-EVE008, Charging and billing report	2017	
	GR NFV-EVE009, E2E Process Descriptions report	2017	
	GR NFV-IFA022, Multi-site Services report	2017	-
	GR NFV-IFA025, Real-time/ultra-low latency aspects report	2017	
	GR NFV-IFA027, Performance Measurement specification	2017	
	GS NFV-SOL001, TOSCA-based NFV descriptors specification	2017	
	GS NFV-SOL002, Ve-Vnfm RESTful protocols specification	2017	
	GS NFV-SOL003, Or-Vnfm RESTful protocols specification	2017	
	GS NFV-SOL004, VNF package specification	2017	
	GS NFV-TST007, MANO lop testing Guidance specification	2017	NFV 시험기술
	GS NFV-TST002, Report on NFV Interoperability Testing Methodology	2016	

○ (네트워크 지능 기술) ETSI ENI와 ZSM 그룹을 중심으로 네트워크 지능화 기능에 대한 산업규격이 개발 중

- (ETSI ENI) 네트워크 지능화 관련 기술 산업규격 개발을 위해 화웨이, 차이나 텔레콤, 버라이즌, 삼성전자, 인텔, ZTE 등 전 세계 주요 통신사업자 및 제조사들이 주도적으로 참여하는 가운데 2017년 초부터 표준화 활동을 시작하였음. ENI Rel-1 Stage-1(2017.3~2018.3)은 지능형 네트워크 표준화를 위한 요구사항, 유즈케이스, 캡 분석 등의 산업 규격들이 개발되었으며, ENI Rel-1 Stage-2(2018.3~)는 지능형 네트워크를 위한 기능구조, 기능 블록간의 인터페이스 및 정보 모델 등에 산업 규격이 개발될 예정 [2018]
- (ETSI ZSM) 네트워크 자동화 관련 기술 산업규격 개발을 위해 도이치 텔레콤, 화웨이, 노키아, 차이나 유니콤, NTT 도코모, 스프린트, 텔리포니카 중심으로 2017년 12월 공식 출범하였으며, 기존 SDN/NFV 기술을 바탕으로 AI와 ML기술을 추가하여 네트워크상의 사업자 망관리시스템에 MANO와 통합 연동되는 End-to-end 자동화 기술 개발을 위한 공통 인터페이스 및 데이터 정보모델 개발을 목표로 최근에 활동을 시작 [2017]
- (ITU-T ML5G) 2017년에 5G 네트워크에서의 기계학습 방법을 적용하기 위한 포커스 그룹이 신설되어(FG ML5G) 요구사항 및 유즈케이스, 프레임워크 등을 표준초안 개발 작업을 추진 중 [2018]

## &lt;국제 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ETSI ENI	ETSI ENI-005, System Architecture	진행 중 (2020)	네트워크 지능화를 위한 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조
	ETSI ENI-001, Use Cases	2018	
	ETSI ENI-002, Requirements	2018	
	ETSI ENI-003, Context Aware Policy Modeling	2018	
	ETSI ENI-004, Terminology	2018	
ETSI ZSM	ETSI ZSM-001, Use Cases & Requirements	2018	
	ETSI ZSM-002, Reference Architecture	2018	
	ETSI ZSM-003, Network Slicing	2018	

○ (저지연/시간-확정형 네트워크) Ethernet 기반 시간 민감형 네트워크는 IEEE 802.1 TSN TG를 통해 표준화 진행 중이고, IP/MPLS 기반 시간 확정형 네트워크는 IETF DetNet WG를 통해 표준화 진행 중. 애플리케이션별 영역별 프로파일 표준이 관련 표준화 기관 협업 하에 별도 진행될 것으로 전망

## - (IEEE 802.1)

- TSN 네트워크 자원을 제어하고 관리하기 위한 프로토콜 및 데이터 모델(802.1Qcc SRP, 802.1Qcp/cw YANG data model) 표준화 진행 중 [2013]
- 이동통신(5G)망의 프론트홀에 TSN을 적용하기 위한 프로파일(802.1CM TSN for fronthaul) 표준화 진행 중 [2015]
- 고정밀 네트워크 시각동기 표준인 IEEE 1588을 IEEE 802 네트워크에 적용하기 위한 프로토콜(802.1AS-Rev TimeSync) 표준화 진행 중 [2015]
- TSN 네트워크에서 전달 지연 시간을 확정적으로 보장하기 위한 고정밀 시각 동기 기반 시간-인식 포워딩 기술(802.1Qbv TAS, 802.1Qci PSFP, 802.1Qch CQF, 802.1Qbu Frame Preemption 등) 표준화가 대부분 완료되었고 [2015~2017], 비동기 트래픽 셰이핑(P802.1Qcr ATS)에 대한 표준화 진행 중 [2016]
- TSN 프레임 복제 및 제거를 통해 네트워크 장애 시에도 손실 없이 프레임을 목적지까지 전달하기 위한 기술(802.1CB FRER) 표준화가 완료되었고 [2017], 추가 개정 작업 진행 중 (P802.1CBcv/db) [2018]

## - (IEEE 802.3) TSN 프레임 프리엠션을 지원하기 위해 시간-민감형 트래픽 송신시 송신 중인 일반 트래픽을 분할하여 송신하는 신속 처리 프레임 우선 배치(802.3br IET) 표준화 완료 [2016]

## - (IETF DetNet)

- 전문가급 오디오/비디오 분배망, 전력망, 빌딩 자동화, 무선/이동통신망, 산업 M2M 통신, 사설 블록체인망, 네트워크 슬라이싱 등 단일 IP 망을 통해 제공될 수 있는 다양한 시간-확정형 네트워킹 유즈 케이스 및 보안 고려사항 도출 중 [2015]
- 유즈케이스 분석을 통해 도출된 요구사항을 토대로 DetNet 아키텍처를 정의하고 IP 및 MPLS 기반의 DetNet 데이터 평면 솔루션 표준화 논의가 활발히 진행 중 [2017]
- DetNet 플로우 정보 모델, YANG 모델 등 SDN 기반 중앙 집중형 DetNet 제어/관리를 위한 표준화 논의가 본격적으로 시작 [2018]

- IIoT, 블록체인 동기화 등 간헐적/주기적으로 발생하는 low-rate 트래픽 플로우를 위한 단일 경로 기반 패킷 무결성 검증 기술, 링 토폴로지에서의 DetNet 기술 적용 등 다양한 틈새 기술 표준화 논의가 개별적으로 제안되어 논의 중 [2018]
- (기타)
  - IEEE 1722WG에서는 2011년 제정한 1722 표준에 TSN를 통해 전송할 애플리케이션 데이터 형식 및 보안 관련 사항을 추가한 IEEE 1722(Transport Protocol for Time-Sensitive Application in Bridged Network) 표준화 완료 [2016]
  - IEEE와 IEC는 공장 자동화에 TSN을 적용하기 위한 프로파일(IEEE/IEC P60802 TSN profile for TSN) 표준화 공동 진행 중 [2017]

## &lt;국제 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
IEEE 802.1	IEEE P60802, Time-Sensitive Networking Profile for Industrial Automation	진행 중 (2021)	Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹 기술
	IEEE P802.1CBcv, Draft Standard for Local and metropolitan area networks – Frame Replication and Elimination for Reliability Amendment: Information Model, YANG Data Model and Management Information Base Module	진행 중 (2020)	
	IEEE P802.1CBdb, Draft Standard for Local and metropolitan area networks – Frame Replication and Elimination for Reliability Amendment: Extended Stream Identification Functions	진행 중 (2020)	
	IEEE P802.1Qcr, Bridges and Bridged Networks Amendment: Asynchronous Traffic Shaping	진행 중 (2019)	
	IEEE P802.1Qcp, Bridges and Bridged Networks Amendment: YANG Data Model	진행 중 (2019)	
	IEEE P802.1Qcw, YANG Data Models for Scheduled Traffic, Frame Preemption, and per-Stream Filtering and Policing	진행 중 (2019)	
	IEEE P802.1AS–Revision, Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks	진행 중 (2018)	
	IEEE P802.1Qcc, Bridges and Bridged Networks–Amendment: Stream Reservation Protocol(SRP) Enhancements and Performance Improvements	진행 중 (2018)	
	IEEE P802.1CM, Time-Sensitive Networking for Fronthaul	진행 중 (2018)	
	IEEE Std 802.1Qch–2017, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks— Bridges and Bridged Networks— Amendment 29: Cyclic Queuing and Forwarding	2017	
	IEEE Std 802.1Qci–2017, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks— Bridges and Bridged Networks— Amendment 28: Per-Stream Filtering and Policing	2017	

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
	IEEE Std 802.1CB-2017, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks— Frame Replication and Elimination for Reliability	2017	
	IEEE Std 802.1Qbu-2016, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks— Bridges and Bridged Networks— Amendment 26: Frame Preemption	2016	
	IEEE Std 802.1Qca-2015, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks— Bridges and Bridged Networks— Amendment 24: Path Control and Reservation	2015	
	IEEE Std. 802.1Qbv-2015, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Bridges and Bridged Networks— Amendment 25: Enhancements for Scheduled Traffic	2015	
IETF DetNet	I-D, DetNet Flow Information Model	진행 중 (2021)	IP/MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹 기술
	I-D, DetNet Configuration YANG Model	진행 중 (2021)	
	I-D, Deterministic Networking Application in Ring Topologies	진행 중 (2021)	
	I-D, Sing-path PREF	진행 중 (2021)	
	I-D, DetNet Data Plane Encapsulation	진행 중 (2020)	
	I-D, Operation of Deterministic Networks over MPLS	진행 중 (2020)	
	I-D, DetNet IP Encapsulation	진행 중 (2020)	
	I-D, DetNet Bounded Latency	진행 중 (2020)	
	I-D, Deterministic Networking Architecture	진행 중 (2019)	
	I-D, Deterministic Networking Problem Statement	진행 중 (2019)	
	I-D, Deterministic Networking(DetNet) Security Considerations	진행 중 (2019)	
	I-D, Deterministic Networking Use Cases	진행 중 (2019)	

- (양자 정보통신 기술) ETSI QKD\_ISG에서 양자 암호 통신의 표준화를 GS로 진행하고 있으며 암호 시스템에 대한 인증 절차 수립에도 관심이 있어서 ISO로 활동 확장 추진 중
- (ETSI QKD ISG) 국제 양자암호통신 표준화 기구인 QKD\_ISG를 2008년 설립하여 GS 표준 제정 진행 중. 참여기관은 Toshiba, NTT, SKT, Huawei 등이며 2016년부터 퀀텀정보통신 연구조합이 회원사로 참여하여 제안서 기고 등의 표준화 활동 진행 중. SKT는 ETSI Quantum Safe Crypto Workshop을 2015년 유치하였고 표준화 추진 진행 중 [2016]
  - (NIST, ANSI) 미국 보안표준 진행하는 NIST, ANSI에서는 기존 고전 암호키를 통한 암호 알고리즘과 인증 알고리즘을 개발 중으로 양자 정보통신 표준분야에서는 양자 키 적용과 암호화 연동을 위해 기존의 ANSI, IETF 표준 알고리즘과의 호환을 염두에 두고 표준 진행 중 [2014]

## &lt;국제 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ETSI QKD ISG	GS QKD 003, Components and internal interface(amendment)	2018	양자 암호망 기술
	GS QKD 011, Component characterization: characterizing optical components for QKD systems	2017	
	GS QKD 002, Use cases	2010	
	GS QKD 003, Components and internal interface	2010	
	GS QKD 004, Application interface	2010	
	GS QKD 005, Security proofs	2010	
	GS QKD 008, QKD module security specification	2010	
IETF Kerbose	IPSEC X509-S/Mine, Transport Layer Security(SSL)	2014	양자 암호망 기술
JTC1 SC27	양자 암호통신에 대한 표준 진행	진행 중 (2022)	양자 암호망 기술
NIST FIPS	DES, computer authentication, secure hash standard, digital signature standard, AES(FIPS-197,ISO/IEC 18033-3)	2013	양자 암호망 기술
ANSI	X9.17, PIN management, check processing, electronic transfer of funds	2014	양자 암호망 기술
	X9.31, Digital signature based on RSA(ITU-T SG17)	2013	
	X9.30, US Financial Industry Standard based on DSA	2013	
	X9.28, Common master key	2013	

○ (네트워크 구조 기술) IMT-2020을 위한 요구사항 및 구조에 따라 정보중심네트워킹 기술이 요소 기술로 채택되어 ITU-T를 중심으로 표준이 개발 중이며, IoT 와 4G LTE 등과 네임라우팅 기술에 대한 표준들이 IETF를 중심으로 개발 중. 한편 IETF 6MAN, LSR, SPRING, DMM WG은 식별자 기반 패킷 전달 기술의 표준을 개발 중

- (ITU-T SG13) IMT-2020을 위한 Focus group을 통해 정보중심네트워킹 기술은 핵심 기술로 제안되었으며 후속 표준으로 gap analysis와 함께 프레임워크 표준이 개발 중이며, 지속적으로 구조에 대한 표준이 개발 될 것으로 예정 [2018]
- (ITU-T SG11) IoT 등을 위한 정보를 분석하기 위한 지능형 엣지 구조와 프로토콜 표준으로 정보중심네트워킹 기술을 활용하여 표준 개발 중이며, 계속해서 프로토콜 관점으로 표준 개발이 진행 될 것으로 예상 [2018]
- (IRTF ICN RG) IoT, 4G LTE 등 실제 적용 가능한 네트워킹 기술로써 표준 개발이 진행 중이며 지속적으로 네임변환서비스 및 선행적인 표준 개발이 진행 될 것으로 예상됨 [2018]
- (IETF BIER WG) IP 패킷에 포워딩 정보를 담은 헤더를 encapsulation 하는 전송 기술에 대한 표준이 완료 되었고, IP over ICN 기술은 관련 기술들을 활용가능 [2017]
- (IETF 6MAN WG) IPv6 표준의 유지보수를 담당하고 있으며, 세그먼트 식별자를 전달할 수 있도록 IPv6 헤더를 확장하는 표준을 개발 중 [2018]



- (IETF LSR WG) 세그먼트 식별자를 플로딩하기 위하여 기존 라우팅 프로토콜(IS-IS, OSPF)을 확장하고 관련 YANG 모델의 표준을 개발 중 [2018]
- (IETF SPRING WG) 사업자의 정책 또는 서비스 특성에 적합하게 패킷의 네트워크 전달 경로를 결정하기 위한 세그먼트 라우팅의 유스케이스 표준을 완료하였고, 세그먼트 라우팅의 구조를 정의하는 표준을 개발 중 [2018]
- (IETF DMM WG) IP 네트워크에서 분산 이동성을 지원하는 표준을 개발하고 있으며, 모바일 네트워크의 사용자 평면에 세그먼트 라우팅을 적용하고 5G 네트워크의 사용자 평면을 최적화하기 위한 표준을 개발 중 [2018]

## &lt;국제 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ITU-T SG13	Y.ICN-DS-framework, Framework for directory service for management of a huge number of heterogeneously named objects in IMT-2020	진행 중 (2019)	정보 중심 네트워킹(ICN) 기반 통신 기술
	Y.Suppl.47, Information-Centric Networking - Overview, Standardization Gaps and Proof-of-Concept	2018	
ITU-T SG11	Q.IEC-REQ, Signalling requirements and architecture of intelligent edge computing	진행 중 (2018)	정보 중심 네트워킹(ICN) 기반 통신 기술
IRTF ICN	I-D, Native Deployment of ICN in LTE, 4G Mobile Networks	진행 중 (2019)	정보 중심 네트워킹(ICN) 기반 통신 기술
	I-D, Design Considerations for Applying ICN to IoT	진행 중 (2019)	
	I-D, Deployment Considerations for Information-Centric Networking(ICN)	진행 중 (2019)	
	I-D, CCNx Messages in TLV Format	진행 중 (2018)	
	RFC 8296, Encapsulation for Bit Index Explicit Replication(BIER) in MPLS and Non-MPLS Networks	2018	
	RFC 8279, Multicast Using Bit Index Explicit Replication(BIER)	2017	
	RFC 7927, Information-Centric Networking(ICN) Research Challenges	2016	
	RFC 7933, Adaptive Video Streaming over Information-Centric Networking(ICN)	2016	
	RFC 7945, Information-Centric Networking: Evaluation and Security Considerations	2016	
IETF 6MAN	I-D, IPv6 Segment Routing Header(SRH)	진행 중 (2019)	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술
	RFC 6564, A Uniform Format for IPv6 Extension Headers	2012	
IETF LSR	I-D, IS-IS Extensions for Segment Routing	진행 중 (2019)	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술
	I-D, OSPFv3 Extensions for Segment Routing	진행 중 (2019)	

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
IETF SPRING	I-D, Segment Routing Architecture	진행 중 (2019)	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술
	I-D, Segment Routing with MPLS data plane	진행 중 (2019)	
	I-D, YANG Data Model for Segment Routing	진행 중 (2019)	
	RFC 8354, Use Cases for IPv6 Source Packet Routing in Networking(SPRING)	2018	
	RFC 8355, Resiliency Use Cases in Source Packet Routing in Networking(SPRING) Networks	2018	
	RFC 7855, Source Packet Routing in Networking(SPRING) Problem Statement and Requirements	2016	
IETF DMM	I-D, Optimized Mobile User Plane Solutions for 5G	진행 중 (2020)	식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술
	I-D, Segment Routing IPv6 for Mobile User Plane	진행 중 (2019)	
	RFC 8278, Mobile Access Gateway(MAG) Multipath Options	2018	

○ (전달망 기술) 고용량 장거리 광전송 기술에 관한 표준화 및 망동기 및 시각 정보 분배 기술에 관한 국제 표준화가 ITU-T, IEEE, OIF, IETF 등에서 활발히 진행 중

- (ITU-T SG15) OTN 기술은 Flexible OTN(FlexO)과 모바일 전달망을 위한 OTN(M-OTN)에 대해 표준화 진행 중이며, 망동기 기술은 시각 및 주파수 전달을 위한 동기 계층, eEEEC 타이밍 특성, T-GM 타이밍 특성, T-BC-P 및 T-TSC-P/A 타이밍 특성, 동기 OAM 등에 대한 표준화 진행 중

- Flexible OTN 관련하여 FlexO-SR(G.709.1)은 2017년 표준화가 완료된 상태이며, Staircase FEC를 OTN 프레임에 적용하여 코히런트 광전송기술을 이용한 FlexO-LR(G.709.3) 표준화 진행 중 [2018]
- 100G급 신호인 OTU4 프레임에서 FEC 패러티 및 Staircase FEC 기술에 대한 표준을 포함하여 프레임 구조, 전송방식에 대한 표준이 진행 중 [2018]
- 모바일망에 적합하도록 OTN 기술을 최적화시키기 위한 표준화 항목 도출 중 [2018]
- IMT2020/5G 서비스를 지원하기 위한 전달망의 요구사항에 관한 문서를 2018년 완료하고 요구사항 만족을 위한 솔루션에 대한 표준화 항목 도출 예정 [2018]
- 2015년부터 물리 및 패킷 기반 타이밍(PTP) 모두에 사용될 수 있는 시간/위상 동기 계층 모델 개발 중이며, 신규 권고안 G.781.1에 포함 예정 [2018]
- 2017년 6월부터 5G와 eCPRI 요구사항을 고려한 eEEEC 관련 규격인 G.8262.1 표준 개발 중 [2018]
- 2017년 10월 G.8273.1 초안 작성 시작하여, G.8275에 정의된 네트워크 구조와 G.8275.1/G.8275.2에 정의된 PTP 텔레콤 프로파일에서 동작하는 텔레콤 그랜드 마스트(T-GM) 타이밍 기능을 위한 최소한의 요구사항 정의 중 [2018]
- 2017년 10월 T-BC-P 및 T-TSC-P/A 타이밍 특성 표준인 G.8273.4 초안 작성을

- 시작하였으며, GNSS 클럭과 partial 타이밍을 지원하는 네트워크 구조의 동기망 장비에 사용되는 시간/위상 동기 디바이스를 위한 최소한의 요구사항 정의 중 [2018]
- 2017년 6월 이후, 장애 관리, 성능 모니터링 등을 포함하는 동기 OAM 개요를 제공하는 G.Suppl.SyncOAM 초안을 작성하고, 동기화를 위한 관리 요구사항 및 정보 모델을 정의하는 권고 G.sync-mgmt 개발 중 [2018]
  - (OIF PLL) 2017년 Flexible Ethernet implementaion agreement-1.1 및 100G급 신호를 코히런트 광통신 기술을 이용한 "Flex Coherent DWDM transmission framework document"를 완료하였으며, 향후 200G 혹은 400G급의 기술에 대한 표준이 진행될 것으로 전망 [2018]
  - (IEEE 1588) PTP(Precision Time Protocol)는 패킷 망을 통한 장치 간 고정밀 시간 동기를 위한 표준으로, 기존 IEEE 1588-2008 PTPv2의 sub-microsecond 수준 시간 동기 정밀도를 sub-nanosecond 수준으로 개선하기 위해 다양한 단방향 지연 비대칭 보상 기법과 타임스탬프 오차 보상 기법을 적용하고, 응용분야 확대를 위해 다양한 옵션 기능들을 추가하는 PTPv3 표준화 진행 중 [2018]
  - (IEEE 802.1) 소규모 A/V 브리지망에서 Talker와 Listener 간 시간 동기를 위한 IEEE 802.1AS-2011 gPTP(generalized PTP)를 산업 네트워크에서 장치 간 고신뢰, 고정밀 시간 동기가 가능하도록 망동기 이중화, 다중 시간 동기 도메인 지원, 단방향 지연 비대칭 측정 등 다양한 기능들을 추가하는 802.1AS-Rev 표준화 진행 중 [2018]
  - (IEEE 802.3) 100G, 200G 및 400G급 이더넷 신호를 전기적으로 전송할 수 있는 규격과 400G급 이더넷 신호 광전송 규격을 개발 중에 있고, 상기 이더넷 광신호를 10km 이상 전송할 수 있는 규격 표준화 개시 여부 논의 중 [2018]
  - (IETF TICTOC) PTPv2 제어/관리를 위한 YANG 모델 정의와 함께, 금융망 등과 같이 데이터 생성/수집 시간 동기화가 매우 중요한 대규모 엔터프라이즈급 IP 망을 위해 IEEE 1588-2008 PTPv2에서 필요한 기능과 동작 모드 등을 정의하기 위한 PTP 엔터프라이즈 프로파일 표준화 진행 중 [2018]

<국제 표준화 현황>

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ITU-T SG15	G.709.3 Amd.1, FlexO for longer reach interfaces amd 1	진행 중 (2019)	고용량 장거리 광전송 기술
	Gsup.5gotn, Application of OTN to 5G Transport	진행 중 (2019)	
	G.ctn5g, Characteristics of transport networks to support IMT-2020/5G	진행 중 (2019)	
	G.709.2, Strong HD for OTU4	진행 중 (2018)	
	G.709.1, Flexible OTN short-reach interface	진행 중 (2018)	
	G.709(2016) Amd.3, Interfaces for the Optical Transport Network(OTN): Amendment 3	진행 중 (2018)	
	G.798 Amd.1, Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks	진행 중 (2018)	

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
	G.8023 Amd 1, Characteristics of equipment functional blocks supporting Ethernet physical layer and FlexE interfaces Amd 1	진행 중 (2018)	
	GSTR-TN5G Rev, Transport network support of IMT-2020/5G	진행 중 (2018)	
	G.media, Architecture of Optical Media	진행 중 (2018)	
	G.8264, Distribution of timing information through packet networks	진행 중 (2020)	망동기 및 시각 정보 분배 기술
	G.8271.2, Network limits for time synchronization in packet networks with partial timing support from the network	진행 중 (2020)	
	G.sync-mgmt, Management Requirement and Information Model for Synchronization	진행 중 (2020)	
	G.781 Amd.1, Synchronization layer functions	진행 중 (2019)	
	G.781.1, Synchronization Layer Functions for packet-based networks	진행 중 (2019)	
	G.811.1 Amd.1, Enhanced Primary Reference Clock	진행 중 (2019)	
	G.8271, Time and phase synchronization aspects of telecommunication networks	진행 중 (2019)	
	G.8271.1, Network limits for time synchronization in Packet networks - Amendment 1	진행 중 (2019)	
	G.8273.1, Timing characteristics of telecom grandmaster clocks for time synchronization	진행 중 (2019)	
	G.8275.2 Revision, Precision time Protocol Telecom Profile for time/phase synchronization with partial timing support from the network	진행 중 (2019)	
	G Suppl.sim, Simulations of transport of time over packet networks	진행 중 (2018)	
	G.8251, The control of jitter and wander within the optical transport network(OTN)	진행 중 (2018)	
	G.8260(2015) Amd.2, Definitions and terminology for synchronization in packet networks: Amendment 2	진행 중 (2018)	
	G.8261, Timing and synchronization aspects in packet networks	진행 중 (2018)	
	G.8262, Timing characteristics of synchronous Ethernet equipment slave clock(EEC)	진행 중 (2018)	
	G.8262.1, Timing characteristics of an enhanced synchronous Ethernet equipment slave clock(EEC)	진행 중 (2018)	
	G.8266, Timing characteristics of telecom grandmaster clocks for frequency synchronization	진행 중 (2018)	
	G.8271(2017) Amd.1, Time and phase synchronization aspects of telecommunication networks - Amendment 1	진행 중 (2018)	
	G.8271.2, Amd.1, Network limits for time synchronization in packet networks with partial timing support from the network - Amendment 1	진행 중 (2018)	

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
	G.8272 Amd.2, Timing characteristics of primary reference time clocks –Amendment 2	진행 중 (2018)	
	G.8273, Framework of phase and time clocks	진행 중 (2018)	
	G.8273.2 Amd.2, Timing characteristics of telecom boundary clocks and telecom time slave clocks – Amendment 2	진행 중 (2018)	
	G.8273.3 Amd.1, Timing characteristics of telecom transparent clocks – Amendment 1	진행 중 (2018)	
	G.8273.4, Timing characteristics of partial timing support telecom boundary clocks and telecom time slave clocks	진행 중 (2018)	
	G.8275 Amd.1, Architecture and requirements for packet-based time and phase delivery – Amendment 1	진행 중 (2018)	
	G.8275.1(2016) Amd.2, Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network: Amendment 2	진행 중 (2018)	
	G.8275.2(2016) Amd.2, Precision time Protocol Telecom Profile for time/phase synchronization with partial timing support from the network: Amendment 2	진행 중 (2018)	
	G.Suppl.SyncOAM, Synchronization OAM requirements	진행 중 (2018)	
	GNSS-TR, Considerations on the Use of GNSS as a Primary Time Reference in Telecommunications	진행 중 (2018)	
OIF PLL	OIF-FD-FLEXCOH-DWDM-01.0, Flex Coherent DWDM Transmission Framework Document	2017	망동기 및 시각 정보 분배 기술
	IA # OIF-FLEXE-01.1, Flex Ethernet Implementation Agreement	2017	
IEEE 1588	P1588/D1.2, Draft Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems	진행 중 (2019)	망동기 및 시각 정보 분배 기술
IEEE 802.1	P802.1AS-Rev/D7.0, Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications	진행 중 (2019)	망동기 및 시각 정보 분배 기술
IEEE 802.3	P802.3cm, Standard for Ethernet Amendment Physical Layer and Management Parameters for 400 Gb/s over Multimode Fiber	진행 중 (2022)	고용량 장거리 광전송 기술
	P802.3cd, IEEE Draft Standard for Ethernet Amendment: Media Access Control Parameters for 50 Gb/s and Physical Layers and Management Parameters for 50 Gb/s, 100 Gb/s, and 200 Gb/s Operation	진행 중 (2020)	
IETF TICTOC	I-D, Enterprise Profile for the Precision Time Protocol With Mixed Multicast and Unicast Messages	진행 중 (2020)	망동기 및 시각 정보 분배 기술
	I-D, YANG Data Model for IEEE 1588-2008	진행 중 (2019)	

- (유무선 액세스기술) 맥내에 고속 인터넷을 제공하기 위한 수동형 광가입자망 기술의 표준화가 IEEE와 ITU-T 중심으로 진행 중. 또한 저지연 모바일 서비스를 위한 고속 유무선 액세스망 기술 표준과 분산형 안테나를 위한 아날로그 기반 광송수신 기술 표준화 진행 중
- (ITU-T SG15) 파장당 10기가급인 XGS-PON 표준화를 완료하였으며 NG-PON2 및 50기가급 광액세스 기술 및 Radio over fiber 기술 표준화 진행 중. G-PON과 E-PON을 통합하기 위한 converged PON 기술에 대해 논의 중 [2018]
  - (IEEE 802.3) 채널 본딩 기술이 적용된 파장당 25기가급 NG-EPON 표준화 진행 중이며 2018년 상반기 표준초안 1.0이 작성 완료될 예정이며 이더넷에서의 SDN을 위한 Yang model 표준화가 진행 중이며 PON용 Yang-model을 포함 [2018]
  - (IEC TC86) 아날로그 광통신을 위한 광트랜시버 규격 표준화와 파장가변형 PON 구현에 필요한 파장가변 필터 및 파장가변 광원의 파장가변 속도 측정과 관련된 표준화가 진행 중 [2018]

## &lt;국제 표준화 현황&gt;

개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
ITU-T SG15	G.hsp.ConvTC, The specifications for a converged TC layer	진행 중 (2021)	모바일 광액세스 기술
	G.hsp.50Gpmd, Specifications of fixed 50G PMD	진행 중 (2021)	
	G.hsp.Reg, The requirements for higher speed PONs	진행 중 (2020)	
	G.RoF, Radio over Fiber systems	진행 중 (2018)	아날로그 모바일 광액세스 기술(RoF)
	G.Sup.55, Radio over Fiber technologies and its applications	2017	
	G.9807.1, 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network	2016	-
	G.9802, multiple wavelength passive optical networks(MW-PON)	2015	모바일 광액세스 기술
	G.989.3, 40-Gigabit-capable passive optical networks 2(NG-PON2): Transmission Convergence Layer Specification	2015	
	G.989.2, 40-Gigabit-capable passive optical networks 2(NG-PON2): Physical media dependent(PMD) layer specification	2014	
	G.989.1, 40-Gigabit-capable passive optical networks(NG-PON2): General requirements	2013	
	G.987, 10-Gigabit-capable passive optical network(XG-PON) systems: Definitions, abbreviations and acronyms	2012	-
	G.987.4, 10 Gigabit-capable passive optical networks(XG-PON): Reach extension	2012	
IEEE 802.3	802.3ca, Physical Layer Specifications and Management Parameters for 25Gb/s, 50Gb/s, and 100Gb/s Passive Optical Networks	진행 중 (2019)	모바일 광액세스 기술

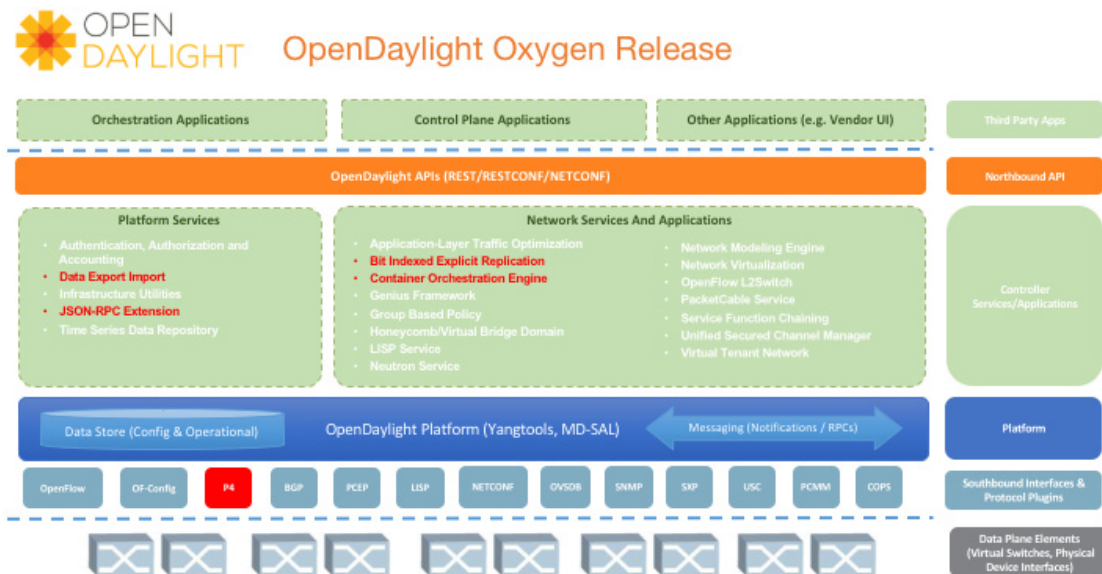


개발기구	표준(안)명	개발연도	관련 중점 표준화 항목
IEC TC86 SC86B/86C	IEC 61280-4-3 ED1, FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES - Part 3: Passive optical networks - Attenuation and optical return loss measurements	진행 중 (2019)	-
	IEC 62149-10 ED1, Fibre optic active components and devices-Performance standards-Part 10: RoF(radio over fiber) transceivers for mobile fronthaul	진행 중 (2018)	
	IEC 62150-5:2017 ED1, Fibre optic active components and devices-Test and measurement procedures-Part 5: Wavelength channel tuning time of tuneable transmitters	2017	모바일 광액세스 기술

## 2.6. 오픈소스 현황 및 전망

### ○ 오픈데이라이트(ODL)

- 리눅스 재단이 운영하는 오픈소스 기반의 SDN 컨트롤러 개발 프로젝트로, 데이터센터 SDN으로 시작하여, 실제 대규모 네트워크에 적용할 수 있는 수준의 개발을 목표로 추진
- 현재 오픈데이라이트 프로젝트에는 브로케이드, 시스코, 주니퍼, 에릭슨, VMWare와 같은 글로벌 벤더, IT 업체들이 참여하고 있으며, 가장 최신 버전은 Oxygen 릴리즈로, 데이터 전송 추상화를 위한 P4 플러그인이 소개되었고 Kubernetes 등의 컨테이너 오케스트레이션 엔진 및 ONAP/vCO 등의 주요 컴포넌트와 통합 개발을 추진 중
- 오픈데이라이트는 오픈플로우 표준과 더불어 OVSD, NETCONF, LISP, BGP 등의 다양한 사우스바운드 인터페이스를 지원하고, SDN과 NFV 기술의 연동을 위해 OpenStack의 Neutron API와 연동 또한 지원
- 오픈데이라이트는 특히 모델 기반의 서비스 추상화를 위해 MD-SAL 계층으로 설계되어 통일된 모델을 기반으로 API 및 데이터 구조를 정의하므로 확장성을 높여주며, 이를 위해 RESTCONF 프로토콜과 YANG 모델링 언어를 사용
- Oxygen 릴리즈의 주요 유스케이스는 자동화된 서비스 전달(동적 VPN 서비스, 대역폭 스케줄링 기반), 클라우드와 NFV 연계 서비스, 네트워크 리소스 최적화(NRO), 네트워크 가시화 및 다중 컨트롤러 기반 제어 등 존재



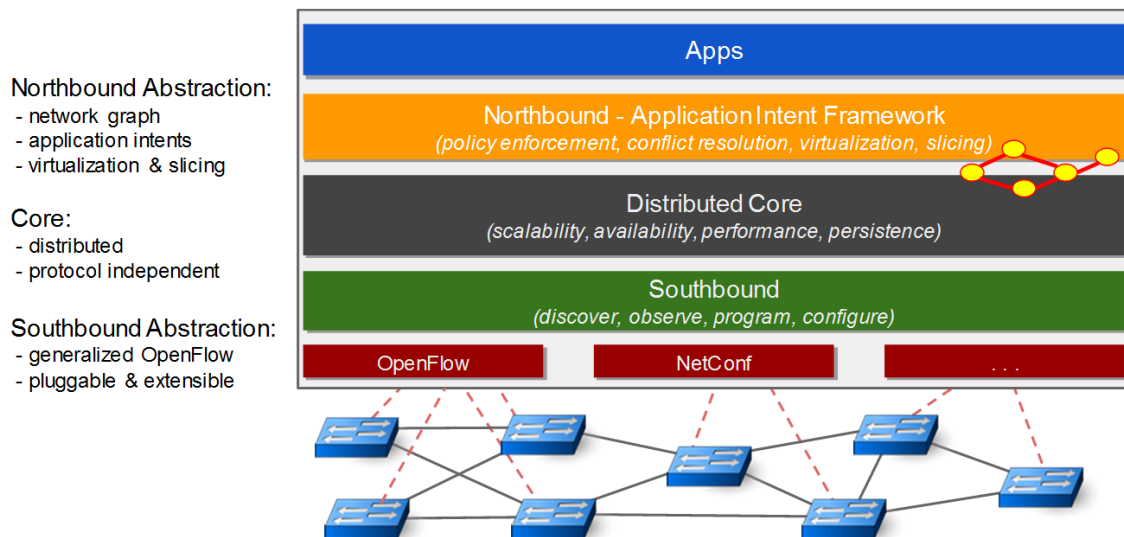
<오픈데이라이트(ODL) 구조 - Oxygen 버전, 출처: [www.opendaylight.org](http://www.opendaylight.org)>

### ○ ONOS(Open Network Operating System)

- ONOS는 리눅스 재단(Linux Foundation)이 운영하는 오픈소스 기반의 SDN 네트워크 운영체제(OS), 혹은 컨트롤러 개발 프로젝트로 캐리어(Carrier) 및 대규모 네트워크 서비스 프로바이더를 대상으로 설계됨
- 현재 ONOS 프로젝트에는 AT&T, China Unicom, 시에나, Comcast, T 모바일, 후지쯔, 구글, 화웨이, 인텔, NEC, 노키아, NTT, 삼성, Radisys, 시스코, Turk Network, 버라이즌

등 주요 네트워크 및 IT 서비스 프로바이더, 글로벌 벤더들이 참여하고 있으며, 2018년 5월 기준, Owl(v1.14) 릴리즈가 가장 최신 버전으로 개발 중

- Owl 릴리즈는 ODTN 유스케이스를 지원하는 동적 네트워크 설정 기능 개발, ISSU의 단순화 및 최적화 개발, ONOS 코어를 위한 확장성 개선 추진 및 UI 업그레이드와 보안성이 강화된 Karaf 4.2.0 적용, CORD 패브릭의 오픈플로우 버전과 상응하는 P4 패브릭의 개발, Stratum API(P4Runtime, gNMI, gNOI) 등의 초기 버전 개발 등을 포함하며 신규 유스케이스로 BNG, PPPoE 등의 VNF 오프로딩을 추가할 계획
- ONOS는 최초 버전부터 클러스터를 바탕으로 분산 컨트롤러를 수행할 수 있는 분산 코어 환경을 탑재하여 SDN 서비스의 안정성, 가용성, 확장성을 제공하며, 공개된 주요 응용 및 활용 사례로 CORD, SDN-IP, Packet-Optical, 세그먼트 라우팅 등 존재
- ONOS 프로젝트는 특히 오픈소스 개발 및 활용을 장려하기 위하여 Ambassador와 Brigade 프로그램을 추진하며, Brigade의 경우 Deployment, Intent 2.0, 동적설정, 오케스트레이션, 노스바운드, P4 등 14개의 기술개발/활용/교육 그룹이 활발히 활동 중



<ONOS 구조, 출처: [www.onosproject.org](http://www.onosproject.org)>

## ○ 프로그래머블 스위치 오픈소스 기술

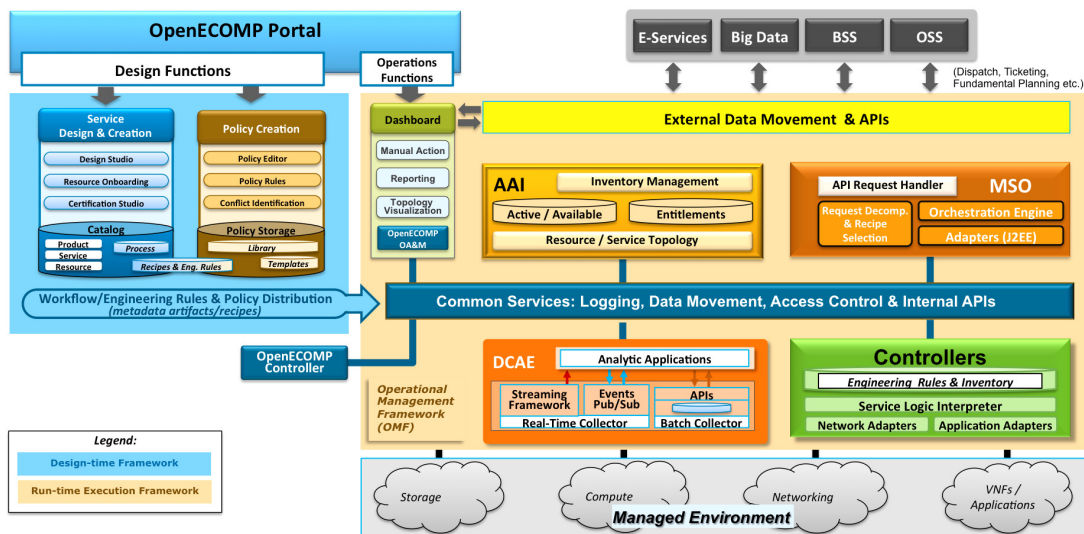
- 상위 수준의 프로그래밍 언어를 통해 스위치 내부의 파서, 매치/액션 테이블 등을 프로그래밍할 수 있는 기술이 P4(Programming Protocol-independent Packet Processors) 콘소시엄을 중심으로 활발히 개발되고 있으며 2017년 5월에 기존의 P4\_14 버전을 크게 개선한 P4\_16 버전이 발표되었음. 향후에는 P4\_16 버전을 중심으로 기능 개선이 이루어질 예정임. P4\_16 버전에서는 장비 제조업체에서 P4를 기반으로 새로운 스위치/라우터 아키텍처를 설계하고 자사 고유의 외부 라이브러리를 지원하는 것이 가능해졌기 때문에 향후 보다 많은 장비 제조업체에서 P4를 기반으로 한 네트워크 장비를 출시할 것으로 예상
- P4 콘소시엄에 AT&T, SK텔레콤, KT 등의 통신 사업자와 CISCO, Broadcom, Cavium, Huawei, Netronome, Barefoot 등의 장비 업체, Google, VMware, Microsoft, Baidu, Alibaba, Tencent 등의 IT 기업이 참여하고 있으며 학계에서는 미국의 스탠포드 대학교, 프린스턴 대학교, 중국의 칭화대학교, 그리고 국내에서는 고려대학교가 참여 중
- P4를 지원하는 6.5 Tbps 급의 Tofino 칩을 Barefoot에서 2016년에 발표하였으며 이를

채택한 스위치인 Wedge100BF-32X와 Wedge100BF-65X가 Edgecore Networks를 통해 출시된 상황임. 또한 P4를 지원하는 SmartNIC이 Netronome을 통해 출시

- FPGA 기반의 네트워크 카드인 NetFPGA에서 P4를 지원하기 위한 P4 to NetFPGA 기술이 영국의 캠브리지 대학교, 미국의 코넬 대학교, Xilinx 등을 중심으로 개발 중

## ○ ONAP(Open Network Automation Platform)

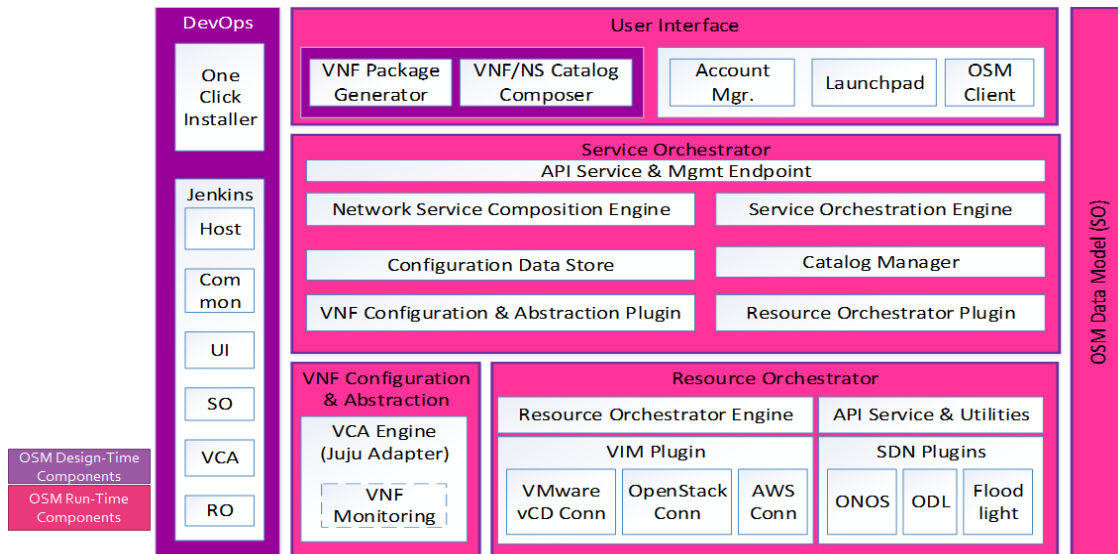
- ONAP 은 NFV Orchestration, SDN Controller 뿐 아니라 Service Design, Analytics, Network Management 등이 포함된 운영, 관리 플랫폼으로, AT&T에서 공개한 ECOMP (Enhanced Control, Orchestration, Management & Policy)와 China Mobile, Huawei, ZTE 등이 주도한 Open-O 프로젝트가 Linux Foundation의 Open Source 프로젝트로 2017년 4월에 합쳐짐
- 회원사로 AT&T, China Telecom, Jio, Bell Canada 등 통신사와 삼성, Cisco, Ericsson, Nokia, Huawei, ZTE 등 주요 장비업체가 포함
- 1차 릴리즈가 VoLTE, vCPE 의 Use Case를 대상으로 2017년 11월에 배포되었으며, 향후 6개월 단위의 일정으로 Beijing, Casablanca, Dublin의 순서로 차기 버전 배포가 계획 예정
- 2018년 1월 ONAP과 OPNFV 프로젝트는 Linux Foundation Networking 산하 프로젝트로 통합되어, 이전에 ONAP과 OPNFV 로 구분되어 참여하던 업체들이 하나의 통합된 조직으로 참여하여 활동 중



<ONAP 구조, 출처: <https://www.onap.org/>>

## ○ OSM(Open Source MANO)

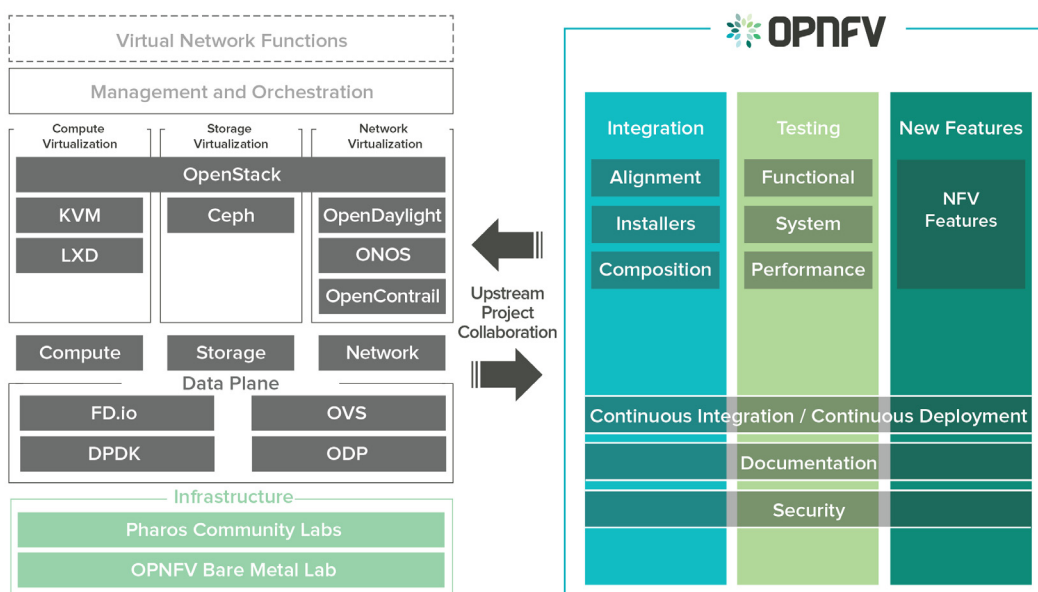
- OSM은 ETSI 의 오픈소스 프로젝트로, ETSI NFV MANO(Management and Orchestration) 표준 기반 Production Ready 소프트웨어 제공을 목표로 2016년 2월에 시작되었음
- 주요 개발 주체로 Telefonica, BT, Telenor 등 유럽계 통신사와 Canonical, RIFT.io, Intel 등 플랫폼 및 요소기술 회사들이 포함되어 있음
- 2차 릴리즈가 2017년 4월에 발표되었으며, Production Readiness를 위해 서비스 품질보장, 안정성 등을 보강한 3차 릴리즈가 2017년 출시



<OSM 구조, 출처: <https://osm.etsi.org/>>

### ○ OPNFV(Open Platform for NFV)

- OPNFV는 NFV 관련 여러 오픈소스 소프트웨어들의 통합, 적용 및 시험을 통한 요구사항 도출 및 신규 기능 개발을 위해 2014년 9월 리눅스 재단 산하의 프로젝트로 시작
- 회원사로는 AT&T, China Mobile, Orange, KT, SK텔레콤 등 주요 통신사와 삼성, Ericsson, Huawei, Nokia, ZTE 등 주요 제조사, 그리고 ETRI, Fraunhofer 등 연구기관이 포함
- OPNFV 의 여러 프로젝트를 통해 개발되는 소프트웨어는 OpenStack, ODL, ONOS, OVS, Ceph 등 관련 Open Source 프로젝트에 반영
- OPNFV 는 통합 및 시험을 위해 전 세계 16개의 Pharos Community Open Lab을 운영하고 있으며 Lab as a Service를 제공 중
- OPNFV 는 CI/CD/CT를 위한 Octopus, Functest, Yardstick 등의 프로젝트도 진행 중
- ONAP 프로젝트와 함께 2018년 1월 Linux Foundation Networking 산하 프로젝트로 통합



<OPNFV 구조와 관련 오픈소스 프로젝트, 출처: <https://www.opnfv.org/>>



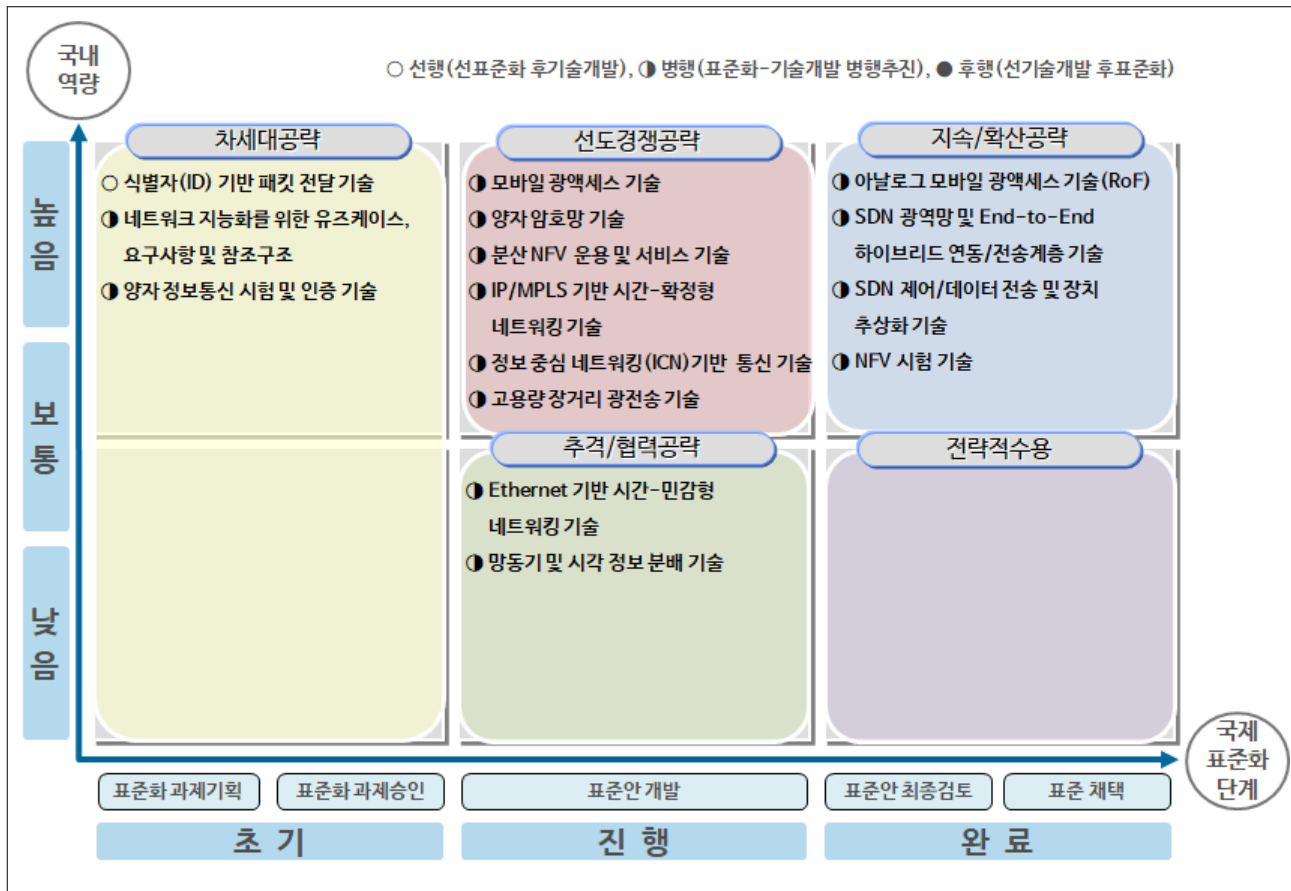
### Ⅲ. 국내외 표준화 추진전략

#### 3.1. 표준화 SWOT 분석

국외 환경요인		국내역량요인		강점요인 (S)		약점요인 (W)	
		시장	기술	표준	시장	기술	표준
기회요인 (O)	시장	- 미래 IT 인프라 산업구조의 판도변화 가능 (한국판 시스코, 구글 육성에 적극) - 신규 통신 서비스의 출현으로 네트워크 장비 및 서비스 플랫폼 시장 활성화	【SO전략】  - (시장) 국내에 축적된 구축 경험과 기술적 시도의 결과를 시장 논리로 활성화하고 이를 국제표준에 반영, 신규 통신서비스 개발과 전통 산업 서비스에 지능화를 확산하여 신규 시장의 활성화 추진 - (기술) 우리나라에 강점이 있는 SDN/ NFV, 전달망, 유무선 액세스망 기술들을 선제적으로 개발하고, 이와 실질적으로 연계된 시장 표준을 산학연 공동으로 개발 - (표준) 중점 표준화항목 발굴과 실행 계획 등 표준화전략맵 수립과 글로벌 표준 선점을 위한 의장단 진출 지원을 통해 네트워크 표준화 주도	【WO전략】  - (시장) 융합형 서비스를 위한 IPR 확보와 비즈니스 모델 개발에 주력하고 표준특허를 통해 국내외 시장 선점 노력 - (기술) 핵심 원천기술의 보유 유무가 한국의 포지셔닝 트랩의 해결 열쇠로 인식하고 정부 및 산학연과 공동 노력, 통합, 융합형 서비스를 위한 신규 분야의 IPR 확보에 주력하고, 원천특허와의 cross licensing 실현 - (표준) 선행적 국제 표준기술을 국내에 적극 보급하여 시장의 관심과 연구를 촉진하고, 이를 통한 관련 서비스 활성화			
	기술	- 전통산업에 자동화 및 효율화 향상 효과가 있는 네트워크 지능화 기술 필요					
	표준	- 네트워크 및 서비스 관련 표준화 주도 업체 간 협력체계 구축 - 네트워크 지능화 등 새로운 네트워크 패러다임 변화에 따른 표준화 시장의 변화 시도					
	위협요인 (T)	시장			- 글로벌 경제 침체로 신규투자에 소극적 - 망사업자의 수익감소와 경쟁 심화로 투자 여건 불확실	【ST전략】  - (시장) 네트워크 서비스 안정화 및 자동화를 강화하여 신규 투자로 얻을 수 있는 이익 창출 기대 - (기술) 국내외 지능형 네트워크 테스트베드 구축 및 연동 시연 결과를 반영하여 기술개발 추진 - (표준) 국내 표준화 포럼의 지속적이고 적극적인 국제표준기구 참여를 통해 전문가그룹과의 협력을 강화하고, 원천 기술을 보유한 국외기관들과의 전략적 제휴 추진, 핵심기술 국산화 및 표준화 주도 업체에 서비스 제공 우선권 부여	【WT전략】  - (시장) 국내환경에 맞는 표준을 수용하고 국내 사업자들이 수용할 수 있는 기술적 대안을 국가 표준으로 조기에 제정하고, 이를 국제 표준으로 공동 제안 - (기술) 핵심기술을 가진 대학, 연구소 등과 개방형 R&D 방식의 공동 개발 및 표준화를 추진 - (표준) 공공기관 등 국내에 도입하는 주요 장비에 대한 국가/단체 표준 규격을 제정하고 규격 준수를 유도
기술		- 미국, 유럽, 일본 등은 지능형 네트워크에 대한 대규모 연구개발 투자에 따라 기술격차 심화 - 해외국가 기관의 기술우위 핵심 원천기술 특허 대량 보유					
표준		- 풍부한 국제표준 경험 및 전문 인력을 앞세운 선진국들의 표준 선점 - 유럽, 미국의 범국가적 IPR 확보 및 표준 정책 강화 - 사실표준에 기반한 상용서비스의 난립으로 인해 단일 표준 제정이 어려움					
표준화 추진상의 문제점 및 현안 사항							
<p>- SDN, NFV, 네트워크 지능 기술 등은 사실표준화기구에서 개방형 인터페이스 규격 중심으로 표준 개발이 진행되고 있고 이와 동시에 해당 규격과 연계된 소프트웨어들은 다양한 오픈소스 프로젝트들에서 de-facto 표준 형태로 개발되어 사실상 제품에 포함될 코드 자체가 지배적 시장 표준으로서의 역할을 수행하고 있어 사실 표준과 오픈소스 소프트웨어 간의 상호 연계 및 협력 등 추가적인 고려가 필요함</p> <p>- 양자정보통신기술, 네트워크 구조 분야는 전반적인 통신방법에 대한 변화를 발생시키므로 관련 표준개발과 테스트베드 구축을 동시에 추진하여 시범서비스를 적극 추진 필요</p> <p>- 저지연/시간-확정형 기술, 전달망 기술, 유무선 액세스망 기술은 초실감형 초연결 모바일 서비스를 비롯하여 다양한 산업 전반에 4차 산업을 확산하기 위한 분야이므로 모바일과 밀접한 상호연계 및 병행 추진이 필요함</p>							



### 3.2. 중점 표준화 항목별 국내외 추진전략



#### ○ 영역별 특징 및 대응전략

- **차세대공략** : 미래 핵심기술 및 유망서비스 신규 표준 제안을 통해 표준화를 선점할 수 있는 분야  
: 국제표준 기획 단계부터 주도적 참여를 통해 국제표준화 선도 기반 확보  
: 관련 표준화기구에서의 적극적인 제안으로 국내 핵심 기술의 국제표준화를 위한 발판 마련
- **선도경쟁공략** : 표준화 경쟁이 치열하지만 국내역량이 높아 국제표준 선도가 가능한 분야  
: 국내 기술의 국제표준 반영을 위한 관련 표준화기구에서의 적극적인 표준화활동 추진
- **추격/협력공략** : 국제표준화가 활발히 진행 중인 분야 중 국내 진입시기가 다소 늦어졌지만 타 국가의 표준화 수준에 도달하기 위해 후발주자로서 추격하거나 다각화된 협력이 필요한 분야  
: 국제 공식 및 사실표준화기구, 포럼, 컨소시엄에서의 다각적인 대응 방안 모색  
: 전략적 대외협력 강화 및 제휴를 통한 기술/표준의 Catch-up 전략 추진
- **지속/확산공략** : 국제표준화가 거의 완료단계이나 국내역량이 높아 후속/개정 표준화에서의 선도가 예상되며, 표준 기반 서비스 및 시장 확산에 집중이 필요한 분야  
: 높은 국내 역량을 바탕으로 한 후속/개정 표준화 주도 및 추가적인 틈새표준 발굴을 모색  
: 표준기반 킬러 애플리케이션 개발 및 서비스 적용을 통한 표준 활용 촉진
- **전략적수용** : 국제표준화가 거의 완료된 분야 중 국내역량은 낮지만 전략적으로 수용이 필요한 분야  
: 국제표준의 수용 및 적용을 통한 국제 호환성 확보와 국내 시장 확산

## (지속/확산공략 | 병행) SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술

전략적 중요도 / 국내 역량	<p>국외대비 국내 표준화 역량</p> <p>국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>정책 부합성</p> <p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>IPR 확보 가능성</p>		표준화 기구/ 단체	국내	TTA 미래인터넷 PG, SDN/NFV포럼
				국제	ONF, ONOS, ODL, IETF NetConf, IETF BM
				국내 참여 업체/ 기관	ETRI, KT, SKT, LGU+, 삼성전자
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화	기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input checked="" type="checkbox"/> 사업화			
	선도국가/ 기업	미국/구글, 시스코, 브로케이드 스웨덴/에릭슨 핀란드/노키아 일본/NEC 중국/화웨이			
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input checked="" type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택	표준 수준	90% (선도국가대비)	
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input checked="" type="checkbox"/> 표준채택			
	선도국가/ 기업	미국/구글, 시스코, 브로케이드 스웨덴/에릭슨 핀란드/노키아 일본/NEC 중국/화웨이			
<p>- Trace Tracking : 전략적 수용(Ver.2018) → 지속/확산공략(Ver.2019)</p> <p>SDN 제어/데이터 전송 및 장치 추상화 기술은 SDN의 핵심 기술로서 Ver.2018에서 전략적 수용으로 분류되었으나, Ver.2019에서는 국내 기술 개발 및 상용화가 적극적으로 진행되고 있으므로, 오픈소스 커뮤니티 및 관련 표준화기구와 적극적인 협력을 통해 주도적으로 추진해야 할 분야로 선정되어 지속/확산공략 항목으로 분류</p>					



## (지속/확산공략 | 병행) SDN 광역망 및 End-to-End 하이브리드 연동/전송계층 기술

전략적 중요도 / 국내 역량			표준화 기구/ 단체	국내	TTA 미래인터넷 PG, SDN/NFV포럼
	국제	ONF, IETF TEAS, IETF CAMP, IETF POE, ITU-T SG15 WP3 Q12/Q14, MEF, ONOS, ODL			
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, KISTI, KT, SKT, LGU+, 우리넷, 모비젠			
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화	기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input checked="" type="checkbox"/> 사업화			
	선도국가/ 기업	중국/화웨이 미국/구글, 시스코, 주니퍼, VMware, VeloCloud, Citrix, 시에나, 인피네라 일본/후지쯔, NEC 핀란드/노키아			
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택	표준 수준	90% (선도국가대비)	
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input checked="" type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택			
	선도국가/ 기업	미국/구글, 시스코, 주니퍼 중국/화웨이			
<p>– Trace Tracking : 적극공략(Ver.2018) → 지속/확산공략(Ver.2019)</p> <p>Ver.2018에 최근 표준 및 기술 개발 동향에 따라 SDN 광역망, 종단간 연동, 전송계층 기술 항목이 포함되었으며, IT/서비스 제공자와 엔터프라이즈/이용기관 중심의 종단간 언더레이 및 오버레이 광역 SDN, 전송 및 다중계층 SDN을 위한 T-SDN, ODTN, SPTN 등의 기술 개발이 활발히 진행 중인 상황을 고려할 때, Ver.2019에서는 지속/확산공략 항목으로 분류</p>					



## (선도경쟁공략 | 병행) 분산 NFV 운용 및 서비스 기술

전략적 중요도 / 국내 역량	<p>정책 부합성      국제표준화 국내 기여도</p> <p>국외대비 국내 표준화 역량      국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>시장/기술적 파급효과      IPR 확보 가능성</p>			표준화 기구/ 단체	국내	TTA 미래인터넷 PG, SDN/NFV포럼
	국제	ETSI NFV, ETSI MEC, ONAP, OSM, OPNFV				
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, 유비쿼스, 이루온, 유엔젤, 콘텔라, 파이오링크, KT, SKT				
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화		기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화				
	선도국가/ 기업	유럽/노키아, 에릭슨, HP 미국/AT&T, 버라이즌 중국/화웨이, 차이나 모바일 일본/DOCOMO				
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input checked="" type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택		표준 수준	80% (선도국가대비)	
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택				
	선도국가/ 기업	유럽/노키아, 에릭슨, 텔레포니카, 도이치텔레콤 미국/AT&T, 버라이즌, Intel, HP 중국/화웨이 일본/DOCOMO				
<p>- Trace Tracking : 적극공략(Ver.2018) → 선도경쟁공략(Ver.2019)</p> <p>분산 NFV 운용 및 서비스 기술은 NFV 서비스 상용화를 위한 주요 기술로서 Ver.2019에는 선도경쟁 공략으로 분류되었음. 멀티 사이트간 NFV 서비스, 가상자원 관리 정책, 과금, 라이선스 적용, 초저지연, 클라우드 네이티브 등 실질적인 NFV 서비스 활성화를 위해 요구되는 확장 기능에 대한 표준 개발이 계속 진행되고 있어 선도적 경쟁이 가능한 세부 분야이므로 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>						





(지속/확산공략   병행) NFV 시험 기술							
전략적 중요도 / 국내 역량					표준화 기구/ 단체	국내	TTA 미래인터넷 PG, SDN/NFV포럼
	국제	ETSI NFV, OSM, OPNFV					
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, 이루온, 유비쿼스, 유엔젤, 콘텔라, 파이오링크, KT, SKT					
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화		기술 수준	90% (선도국가대비)		
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화					
	선도국가/ 기업	유럽/Spirent, Keysight, 노키아, 에릭슨 미국/AT&T, 버라이즌 중국/화웨이					
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택		표준 수준	90% (선도국가대비)		
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input checked="" type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택					
	선도국가/ 기업	유럽/Keysight, Spirent, 노키아, 에릭슨, 텔레포니카, 도이치텔레콤 미국/AT&T, 버라이즌, Intel, HP 중국/화웨이 일본/DOCOMO					
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2018) → 지속/확산공략(Ver.2019)</p> <p>NFV 시험 기술은 멀티 벤더 제품간 상호운용성 및 적합성 확보를 위한 ETSI NFV 규격개발이 진행되고 있으나 국내에서도 해당기술에 대한 규격개발이 진행되고 있으므로 지속/확산공략 항목으로 분류. 국외 경우 NFV 상호운용성 및 성능 시험 규격은 개발되었고, NFV 오픈 API에 대한 시험 규격을 추진할 예정</p>							



## (차세대공략 | 병행) 네트워크 지능화를 위한 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조

전략적 중요도 / 국내 역량			표준화 기구/ 단체	국내	TTA 미래인터넷 PG, SDN/NFV포럼
				국제	ETSI ENI, ETSI ZSM, ITU-T FG ML5G
				국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, KT, SKT, 이화여대, 서울대
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input checked="" type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화		기술 수준	90% (선도국가대비)
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화			
	선도국가/ 기업	중국/화웨이 미국/인텔 유럽/5G-PPP, 텔레포니카			
표준화 단계	국내	<input checked="" type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택		표준 수준	90% (선도국가대비)
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input checked="" type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택			
	선도국가/ 기업	중국/화웨이, 차이나텔레콤 미국/인텔 유럽/텔레포니카			
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2019 신규)</p> <p>네트워크 지능화를 위한 유즈케이스, 요구사항 및 참조 구조 기술은 지능형 네트워크 기술의 표준화를 위해 필요한 첫 번째 표준화 항목으로써 해당 분야의 국제표준 기획 단계부터 주도적 참여를 통해 국제표준화 선도 기반을 확보하고 국내 핵심 기술의 국제표준화를 위한 발판을 동시에 마련하기 위해 해당 중점항목을 올해 신규로 차세대공략 항목으로 분류</p>					



## (추격/협력공략 | 병행) Ethernet 기반 시간-민감형 네트워킹 기술

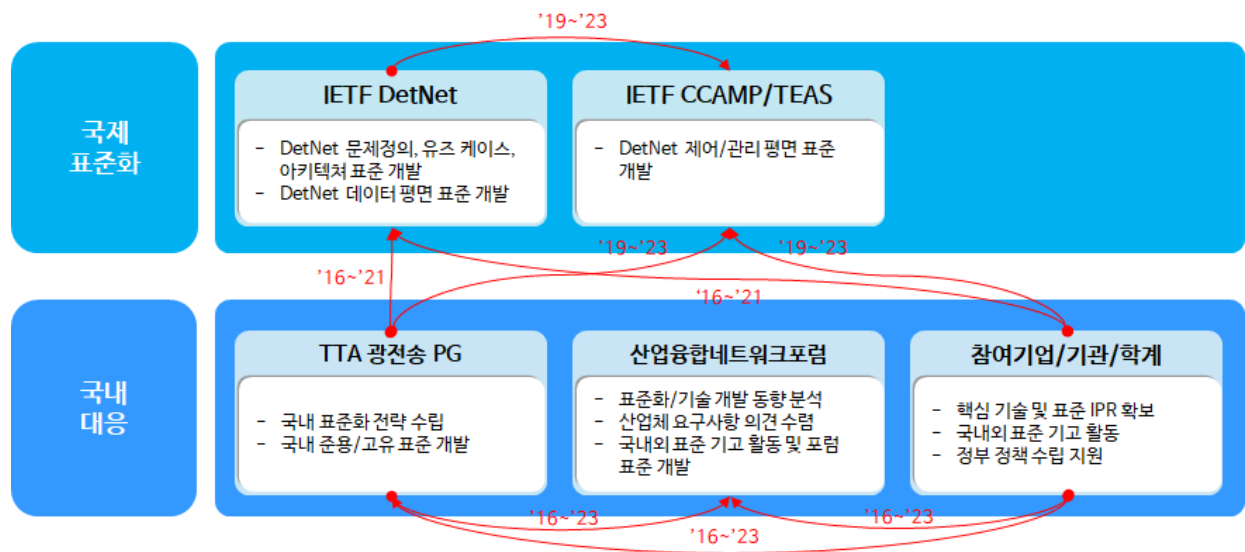
전략적 중요도 / 국내 역량	<table border="1"><caption>Radar Chart Data</caption><thead><tr><th>Dimension</th><th>Score</th></tr></thead><tbody><tr><td>정책 부합성</td><td>4</td></tr><tr><td>국제표준화 국내 기여도</td><td>3</td></tr><tr><td>IPR 확보 가능성</td><td>2</td></tr><tr><td>시장/기술적 파급효과</td><td>4</td></tr><tr><td>국외대비 국내 표준화 역량</td><td>3</td></tr><tr><td>국외대비 국내 기술개발 수준</td><td>3</td></tr></tbody></table>			Dimension	Score	정책 부합성	4	국제표준화 국내 기여도	3	IPR 확보 가능성	2	시장/기술적 파급효과	4	국외대비 국내 표준화 역량	3	국외대비 국내 기술개발 수준	3	표준화 기구/ 단체	국내	TTA 이더넷 PG, 산업융합네트워크 포럼
	Dimension	Score																		
	정책 부합성	4																		
국제표준화 국내 기여도	3																			
IPR 확보 가능성	2																			
시장/기술적 파급효과	4																			
국외대비 국내 표준화 역량	3																			
국외대비 국내 기술개발 수준	3																			
국제	IEEE 802.1, IEEE 802.3, IEC TC65, AVnu, OPEN																			
국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 항공대, 세종대																			
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화		기술 수준	80% (선도국가대비)															
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화																		
	선도국가/ 기업	미국/브로드컴, 시스코 독일/TTTech, 지멘스 스웨덴/에릭슨 중국/화웨이																		
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택		표준 수준	85% (선도국가대비)															
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택																		
	선도국가/ 기업	미국/브로드컴 독일/TTTech, 지멘스 스웨덴/에릭슨 영국/ADVA 중국/화웨이																		
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2018) → 추격/협력공략(Ver.2019)</p> <p>저지연/시간-확정형 네트워크 기술로서 IEEE 802.1 WG 중심으로 LAN/MAN 규모의 서비스 제공을 목표로 하는 IEEE 802.3 Ethernet 기술을 기반으로 하는 시간-민감형 네트워킹(TSN) 기술 표준화가 시작되어 TSN 데이터 플레인 기술 표준화가 거의 완료 단계에 있으며, TSN 제어관리 플레인 기술과 적용 분야별 TSN 프로파일 정의 표준화가 진행 중이고 일부 초기 제품이 출시됨에 따라 각 적용 시장별로 치열한 경쟁이 예상되므로 추격/협력공략 항목으로 분류</p>																				





## (선도경쟁공략 | 병행) IP/MPLS 기반 시간-확정형 네트워킹 기술

전략적 중요도 / 국내 역량	<p>정책 부합성      국제표준화 국내 기여도</p> <p>국외대비 국내 표준화 역량      국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>시장/기술적 파급효과      IPR 확보 가능성</p>			표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, 산업융합네트워크 포럼
	국제	IETF DetNet, IETF CCAMP, IETF TEAS				
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 코워버, 우리넷				
기술 개발 단계	국내	□기초연구→■실험→□시작품→□제품화→□사업화		기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	□기초연구→■실험→□시작품→□제품화→□사업화				
	선도국가/ 기업	중국/화웨이 스웨덴/에릭슨 미국/시스코				
표준화 단계	국내	■과제기획→□과제승인→□개발→□검토→□표준채택		표준 수준	85% (선도국가대비)	
	국제	□과제기획→□과제승인→■개발→□검토→□표준채택				
	선도국가/ 기업	중국/화웨이, 차이나 모바일, ZTE 스웨덴/에릭슨 미국/시스코				
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2018) → 선도경쟁공략(Ver.2019)</p> <p>IETF DetNet WG에서 5G 저지연 고신뢰 통신 서비스를 비롯하여 다양한 산업 영역에서 시간-민감형 및 임무-중요형 서비스를 제공하기 위한 유선 네트워크 인프라로서 IP 또는 MPLS 기반의 시간-확정형 네트워킹 기술 표준화가 진행 중이며, 문제정의, 유즈케이스, 아키텍처 논의가 성숙 단계에 이르면 따라 본격적인 데이터 평면 기술 논의가 시작되었으며 향후 IETF CCAMP, TEAS WG 등에서 제어/관리 평면 이슈 등 광범위한 논의가 벌어질 것으로 예상되므로 본 기술 분야를 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>						



&lt;국제 표준화 대응체계&gt;

국제 표준화 대응 방안	<p><b>&lt;현황&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IETF DetNet WG에서는 데이터 평면 기술로 IPv6, MPLS를 선정하고 이를 기반으로 한 시간-확정형 및 무손실 패킷 전달 기술 표준화가 진행 중이며, 데이터 평면 표준화 완료 후 IETF CCAMP, TEAS WG 등에서 제어/관리 평면 표준화 논의가 시작될 예정</li> </ul> <p><b>&lt;대응방안&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 신규 과제 제안) 국내 전송산업체가 기술경쟁력을 보유한 MPLS-TP를 기반으로 시간-확정형 및 무손실 패킷 전달 기술 개발과 함께 다양한 적용 시나리오를 고려한 표준화 이슈 발굴 및 표준화 추진</li> <li>- (사실표준화 대응전략 : 타국/외국기업과의 제휴(공동기고/상호지지)) 기존 IP 또는 MPLS 제어/관리 분산 프로토콜 확장, SDN 기반 시간-확정형 네트워크 중앙 제어/관리를 위한 네트워크 요소 및 인터페이스 모델링 등 독자적인 표준 제안이 용이하지 않은 분야에 대해 국제 선도기업과 협력하여 공동 표준화 추진</li> </ul>
국내 표준화 추진 계획	<p><b>&lt;현황&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TTA 광전송 PG(PG201)는 산업융합네트워크포럼과 함께 DetNet 기술 표준화 및 기술 개발 동향을 분석하고 국내 표준화 대응 전략을 수립 중이며, 국내 준용 표준 개발 추진과 함께 다양한 적용 시나리오를 고려한 고유 표준 개발 추진 예정</li> </ul> <p><b>&lt;추진계획&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (표준화위원회 PG 활동, 사실표준 준용) DetNet 문제정의, 유즈케이스, 아키텍처 등 성숙 단계에 도달한 국제표준에 대해서 위원회 검토를 거쳐 국내 준용 표준 개발 추진</li> <li>- (틈새표준 개발) ETRI에서 IETF DetNet WG에 제안 중인 링 토폴로지 적용 DetNet 기술 표준안을 포함하여 광전송 PG 및 산업융합네트워크포럼 등에서 국내 산·학·연 논의를 통해 다양한 적용 시나리오를 고려한 표준화 이슈 발굴 및 고유 표준 개발 추진</li> </ul>
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준 및 R&amp;D 초중기 전략 : 표준화 방향에 따른 출원 및 기고 전략</li> <li>- 진행 중인 표준안의 예상 문제점을 도출하여 IPR 확보 후 기고를 통한 채택 추진</li> </ul>
기술개발-표준화-IPR 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준화-기술개발 병행추진</li> <li>- 진행 중인 표준안을 기반으로 기술 개발을 추진하고, 개발 과정에서 발생하는 문제점을 해결하는 IPR 확보 및 기고를 통한 채택 추진</li> </ul>

## (선도경쟁공략 | 병행) 양자 암호망 기술

전략적 중요도 / 국내 역량	<p>정책 부합성</p> <p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>IPR 확보 가능성</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>국내표준화 역량</p> <p>국제표준화 국내 기술개발 수준</p>		표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, 퀀텀포럼, 퀀텀정보통신 연구조합
	국제	ETSI QKD, ETSI QSC, JTC1 SC27			
	국내 참여 업체/ 기관	SKT, KT, ETRI, KIST			
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화	기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화			
	선도국가/ 기업	일본/도시바 스위스/IDQuantique 미국/Battelle 중국/화웨이, QuantumCtech			
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택	표준 수준	90% (선도국가대비)	
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택			
	선도국가/ 기업	일본/도시바 캐나다/Waterloo U 중국/화웨이			
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2018) → 선도경쟁공략(Ver.2019)</p> <p>양자 암호망 기술은 Ver.2016에서 처음 중점 표준화 항목으로 도출되었으며, ETSI 등에서 양자암호 통신 기술에 대한 비전 및 요구사항을 만족하는 구체적 기술들에 대한 표준화가 아직 개척 단계이므로 선도적 표준화 대응이 필요하여 Ver.2019에서 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>					



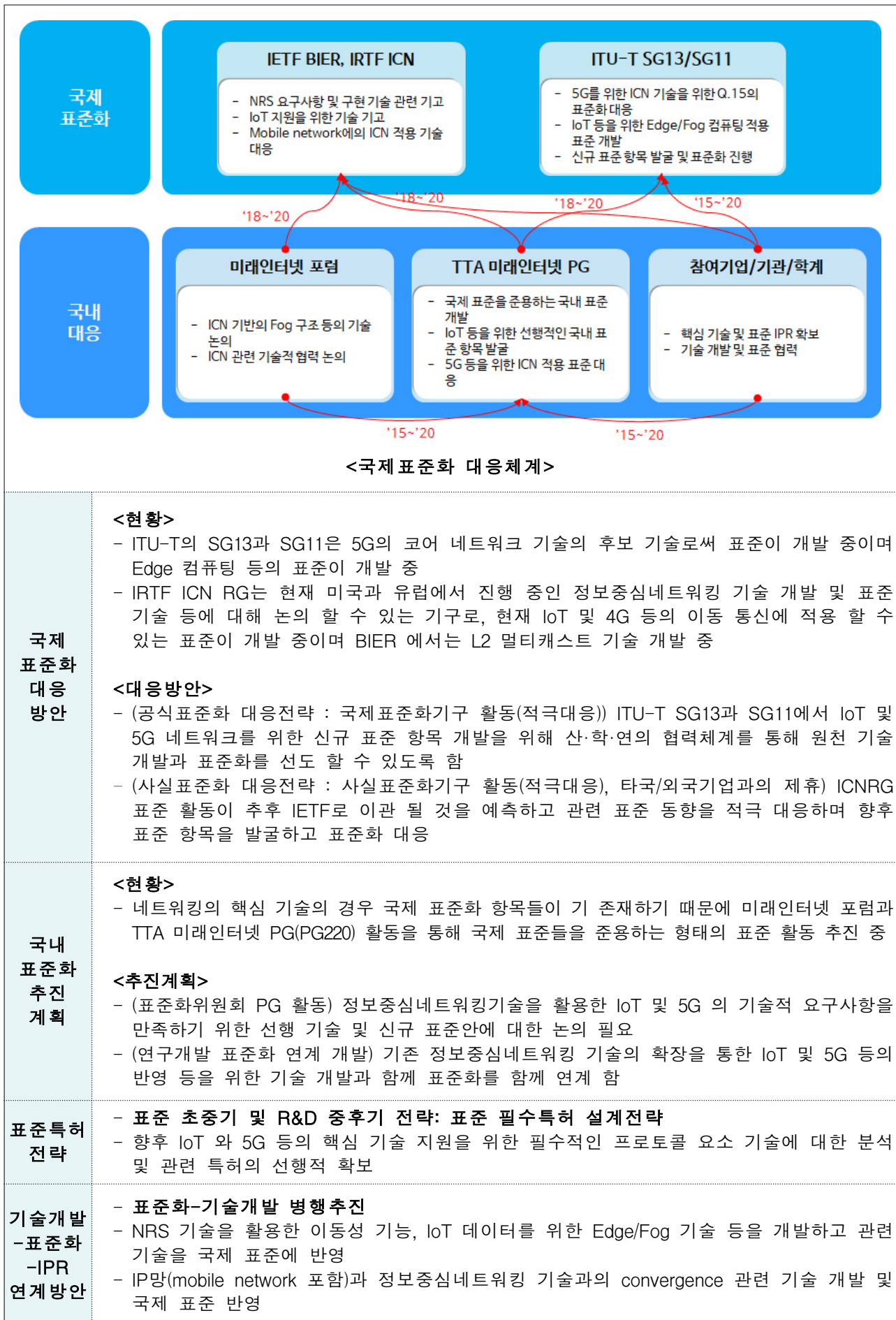
(차세대공략   병행) 양자 정보통신 시험 및 인증 기술																		
전략적 중요도 / 국내 역량	<table><thead><tr><th>정책 부합성</th><th>국제 표준화 국내 기여도</th><th>IPR 확보 가능성</th><th>시장/기술적 파급효과</th><th>국외대비 국내 표준화 역량</th><th>국외대비 국내 기술개발 수준</th></tr></thead><tbody><tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td><td>3</td></tr></tbody></table>			정책 부합성	국제 표준화 국내 기여도	IPR 확보 가능성	시장/기술적 파급효과	국외대비 국내 표준화 역량	국외대비 국내 기술개발 수준	4	4	4	4	5	3	표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, 퀀텀포럼, 퀀텀정보통신 연구조합
	정책 부합성	국제 표준화 국내 기여도	IPR 확보 가능성	시장/기술적 파급효과	국외대비 국내 표준화 역량	국외대비 국내 기술개발 수준												
	4	4	4	4	5	3												
국제	ETSI QKD, JTC1 SC27																	
국내 참여 업체/ 기관	SKT, KT, ETRI, KIST																	
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input checked="" type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화		기술 수준	80% (선도국가대비)													
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화																
	선도국가/ 기업	일본/도시바 스위스/IDQuantique 미국/Battelle 중국/화웨이, QuantumCtech																
표준화 단계	국내	<input checked="" type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택		표준 수준	100% (선도국가대비)													
	국제	<input checked="" type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택																
	선도국가/ 기업	일본/도시바 캐나다/Waterloo U 중국/화웨이 한국/SKT																
<div>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2019 신규) 양자 정보통신 시험 및 인증 기술은 Ver.2019에서 처음 중점 표준화 항목으로 도출되었으며, ETSI 등 국제 표준화 기구에서는 구체적 기술들에 대한 표준화 시도가 논의 중이므로 시작 시점에서의 참여를 계획하여 Ver.2019에서 차세대공략 항목으로 분류</div>																		





## (선도경쟁공략 | 병행) 정보 중심 네트워킹(ICN) 기반 통신 기술

전략적 중요도 / 국내 역량			표준화 기구/ 단체	국내	TTA 미래인터넷 PG, 미래인터넷 포럼
				국제	ITU-T SG13, ITU-T SG11, IETF BIER, IRTF ICN
				국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, KT
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화	기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화			
	선도국가/ 기업	미국/시스코 유럽/인터디지탈			
표준화 단계	국내	□과제기획→■과제승인→□개발→□검토→□표준채택	표준 수준	90% (선도국가대비)	
	국제	□과제기획→□과제승인→■개발→□검토→□표준채택			
	선도국가/ 기업	미국/시스코 중국/화웨이 유럽/에릭슨, 인터디지탈			
<p>- Trace Tracking : 적극공략(Ver.2018) → 선도경쟁공략(Ver.2019)</p> <p>5G 코어 네트워크 구조의 후보 기술과 IoT 등을 위한 핵심기술로 기술개발과 함께 표준화 작업이 이루어지고 있으며, ITU-T SG13과 ITU-T SG11에서 미디어 전송을 위한 기술 표준으로 표준화가 적극적으로 진행 중이며 IETF BIER WG에서는 L2 스위치 기술을 이용하여 정보중심네트워킹의 핵심인 멀티캐스트 전송 등의 표준이 개발 중. 상대적으로 국내 기술 개발 및 국내 표준화의 격차가 발생하고 있으나 산학연의 기술 협력 및 국제표준화 활동에 적극적 참여를 위해 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>					



(차세대공략   선행) 식별자(ID) 기반 패킷 전달 기술							
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>국제표준화 국내 역량</p> <p>정책 부합성</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>IPR 확보 가능성</p>				표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG
						국제	IETF SPRING, IETF LSR, IETF 6MAN, IETF DMM
						국내 참여 업체/ 기관	ETRI
기술 개발 단계	국내	■기초연구→□실험→□시작품→□제품화→□사업화			기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	선도국가/ 기업	미국/시스코 유럽/에릭슨					
표준화 단계	국내	□과제기획→■과제승인→□개발→□검토→□표준채택			표준 수준	95% (선도국가대비)	
	국제	□과제기획→■과제승인→□개발→□검토→□표준채택					
	선도국가/ 기업	미국/시스코 유럽/에릭슨					
<div>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2019 신규)</div> <div>식별자 기반 패킷 전달 기술은 IETF SPRING, DMM WG을 중심으로 기능 구조의 표준과 IETF 6MAN, LSR WG을 중심으로 프로토콜 표준에 관해 지속적인 표준화 작업이 이루어지고 있으며, 향후 5G 연계한 장기적 기술 개발과 함께 3GPP 표준으로의 전환 등의 적극적인 표준화 활동이 이루어지고 있기 때문에 차세대공략 항목으로 분류</div>							



## (선도경쟁공략 | 병행) 고용량 장거리 광전송 기술

전략적 중요도 / 국내 역량	<p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>IPR 확보 가능성</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>정책 부합성</p> <p>국외대비 국내 표준화 역량</p> <p>국외대비 국내 기술개발 수준</p>			표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, TTA 이더넷 PG, 산업융합네트워크 포럼
	국제	ITU-T SG15 WP3 Q11, IEEE 802.3, OIF PLL				
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 코위버				
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input checked="" type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화		기술 수준	95% (선도국가대비)	
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input checked="" type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화				
	선도국가/ 기업	미국/마이크로세미, 시스코, 시에나 스웨덴/에릭슨 핀란드/노키아 중국/화웨이, ZTE				
표준화 단계	국내	<input checked="" type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택		표준 수준	80% (선도국가대비)	
	국제	<input type="checkbox"/> 과제기획→ <input type="checkbox"/> 과제승인→ <input checked="" type="checkbox"/> 개발→ <input type="checkbox"/> 검토→ <input type="checkbox"/> 표준채택				
	선도국가/ 기업	미국/마이크로세미, 시스코 스웨덴/에릭슨, 프랑스/Orange, 캐나다/IDT, 영국/Calnex, 핀란드/노키아 중국/화웨이, ZTE, CMCC, CUNC, 일본/NEC, NTT, 독일/DT				

## - Trace Tracking : 선도경쟁공략(Ver.2019 신규)

고용량 장거리 광전송 기술은 IEEE802.3에서 100G, 200G, 400G 이더넷 신호의 MAC 표준을 개발하면 ITU-T SG15에서는 이더넷 신호를 장거리로 전송하기 위해 OTN 망에 실어보내기 위한 권고안을 개발함. 국내에서는 이미 회선 용량 40G급인 신호에 대해 패킷신호, TDM 신호 및 광신호가 통합된 스위칭 장비를 상용화시킨 경험이 있음. OIF에서 400G급 이더넷 신호를 전송할 수 있는 Flexible 이더넷 기술에 대한 Implementation Agreement를 개발하였으며, IEEE 802.3에서는 100G, 200G 및 400G급 이더넷 신호를 전기적으로 전송할 수 있는 규격을 개발 중에 있고, 400G급 신호를 단일모드 광섬유를 이용해 10km 이상 전송할 수 있는 기술도 개발하고 있음. 특히 ITU-T에서는 Flexible OTN 기술을 이용하여 수백기가급 신호를 수백에서 수천 km 전송이 가능한 기술에 대한 권고안을 현재 개발 중에 있어 향후 기술/상용화 경쟁이 예상되므로 선도경쟁공략 항목으로 분류

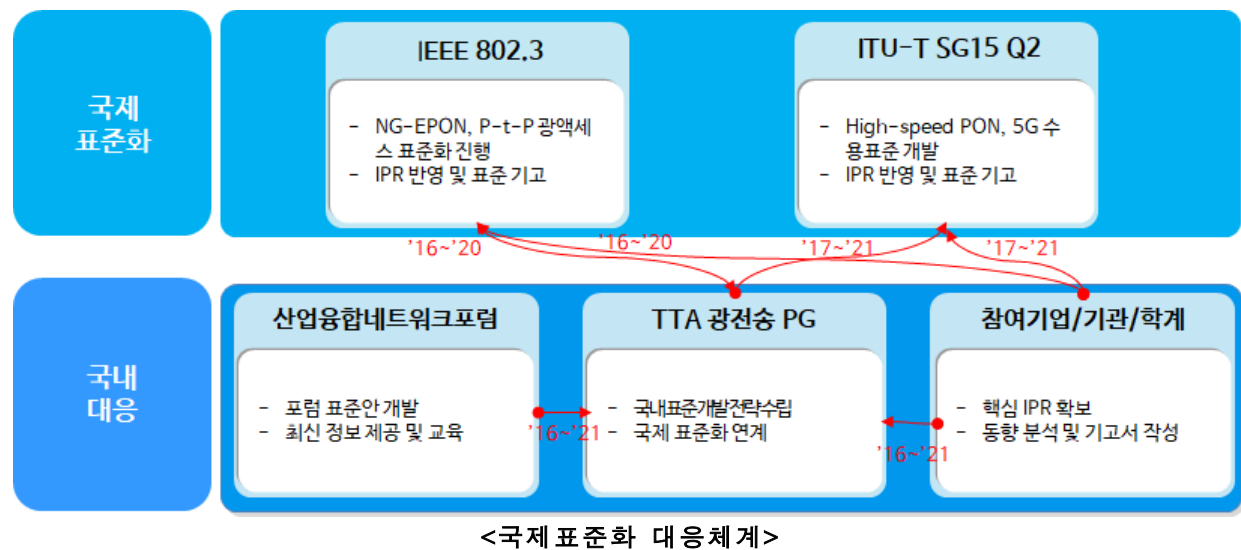




(추격/협력공략   병행) 망동기 및 시각 정보 분배 기술							
전략적 중요도 / 국내 역량					표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, TTA 이더넷 PG, 산업융합네트워크 포럼
	국제	ITU-T SG15 WP3 Q13, IEEE 1588, IEEE 802.1, IETF TICTOC					
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 코위버					
기술 개발 단계	국내	□기초연구→■실험→□시작품→□제품화→□사업화		기술 수준	85% (선도국가대비)		
	국외	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	선도국가/ 기업	미국/마이크로세미, 시스코, 시에나 스웨덴/에릭슨, 영국/Calnex, 핀란드/노키아 중국/화웨이, ZTE					
표준화 단계	국내	■과제기획→□과제승인→□개발→□검토→□표준채택		표준 수준	85% (선도국가대비)		
	국제	□과제기획→□과제승인→■개발→□검토→□표준채택					
	선도국가/ 기업	미국/마이크로세미, 시스코 스웨덴/에릭슨, 프랑스/Orange, 캐나다/IDT, 영국/Calnex, 핀란드/노키아 중국/화웨이, ZTE, CMCC, CUNC, 일본/NEC, NTT, 독일/DT					
<div>- Trace Tracking : 추격/협력공략(Ver.2019 신규)</div> <div>망동기 기술은 세계 각국의 통신사업자의 네트워크 서비스를 지원하는 기반 기술로, ITU-T SG15를 중심으로 국제 표준화가 진행되어 패킷망에서의 클럭 주파수를 분배하기 위한 동기 이더넷 기술이 표준화되었으며, 최근에는 주파수 동기에 더하여 절대 시각까지 일치시키기 위한 시각 위상 동기가 필요한 응용이 등장하여 망동기 기술의 적용 영역이 확대 중. ITU-T SG15에서는 동기망 구조, 성능, 기능모델을 정의하고, PTP의 텔레콤 프로파일과 관련 클럭 규격을 개발 중. IEEE에서는 1588 PTP를 정의한 이후, 여러 산업분야 응용을 위한 프로파일을 개발 중. 이러한 국제 표준화에 국내 진입은 다소 늦었지만, 후발 주자로서 선도 국가의 국제 표준화 수준에 도달할 수 있도록 추격 필요</div>							



(선도경쟁공략   병행) 모바일 광액세스 기술							
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>국제표준화 국내 기여도</p>				표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, 산업융합네트워크 포럼, ITU-T SG15 연구반
	국제	IEEE 802.3, ITU-T SG15					
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, KT, SKT, 라이트론, 에이알텍					
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화			기술 수준	90% (선도국가대비)	
	국외	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	선도국가/ 기업	미국/브로드컴 프랑스/노키아 중국/화웨이 일본/Sumitomo Electric					
표준화 단계	국내	□과제기획→□과제승인→■개발→□검토→□표준채택			표준 수준	90% (선도국가대비)	
	국제	□과제기획→□과제승인→■개발→□검토→□표준채택					
	선도국가/ 기업	미국/브로드컴 프랑스/노키아 중국/차이나 텔레콤 일본/Sumitomo Electric, NTT					
<p>- Trace Tracking : 적극 공략(Ver.2018) → 선도경쟁공략(Ver.2019)</p> <p>모바일 광액세스 기술은 국외 대비 국내가 동등하게 국제표준에 참여하고 있으며, 국내 관련 장비 개발 및 사업자 망 운영에 직접적인 영향을 끼치는 중요한 기술이므로 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>							



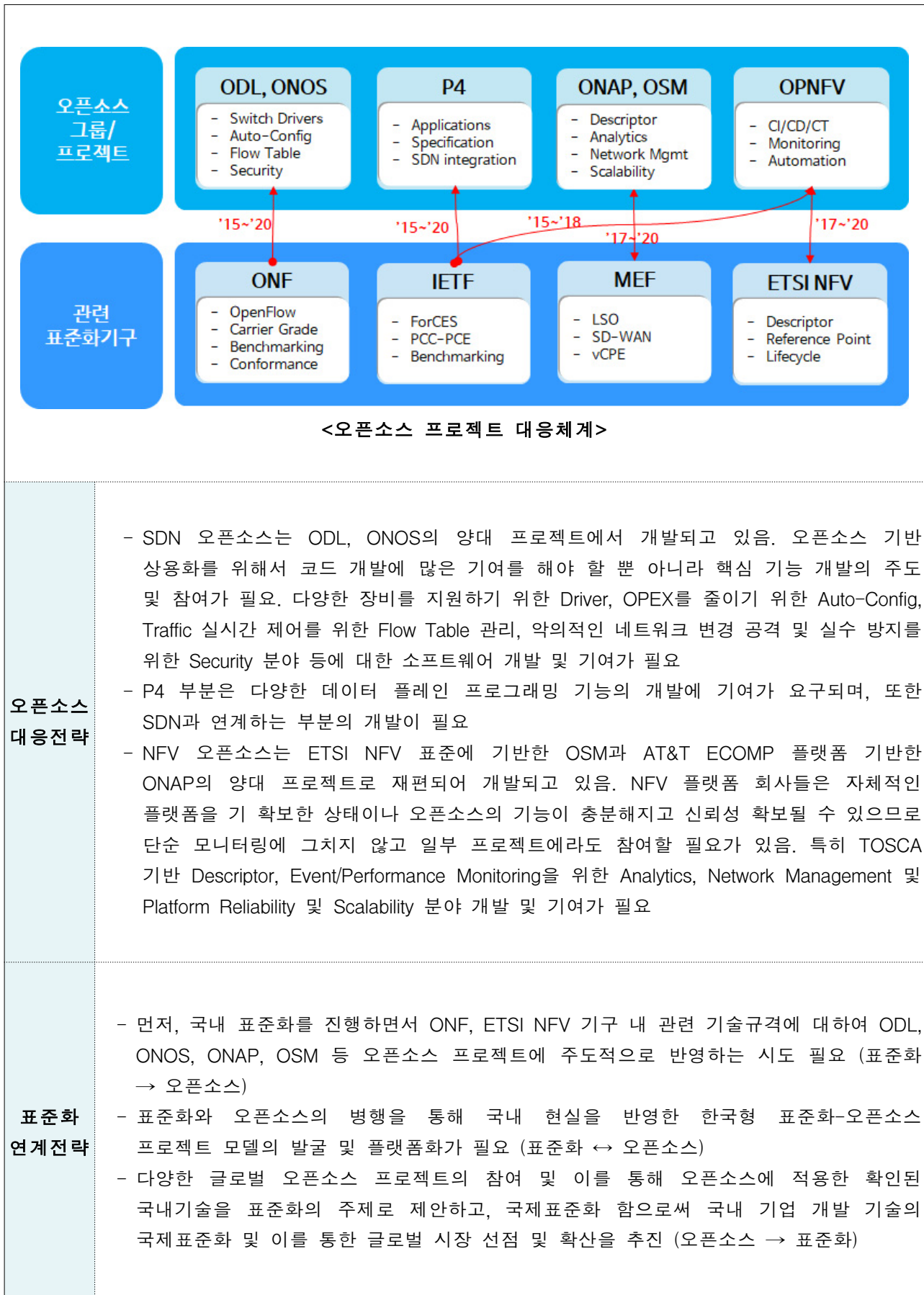
국제 표준화 대응 방안	<p><b>&lt;현황&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IEEE 802.3에서는 파장당 25G 기반의 차세대 EPON기술 표준화가 진행중이며, ITU-T SG15에서는 NG-PON2 이후 기술로 파장당 50G 이상의 신호를 수용하는 PON 기술과 5G 모바일 신호를 수용 기술이 표준화 아이템으로 채택되어 기진행중</li> </ul> <p><b>&lt;대응방안&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (사실표준화 대응전략: 사실표준화기구 활동(적극대응)) IEEE NG-EPON 표준화 초기부터 물리계층 표준 규격 개발에 참여해 왔으며, MAC 계층 기술 및 시스템 운용과 관련된 개발 기술의 표준 반영을 위해 노력 중. NG-EPON과 관련하여 국내의 연구소 및 통신사업자가 핵심기술을 선도적으로 개발 중이며 확보된 IPR을 통해 국제 표준화에 적극 대응</li> <li>- (공식표준화 대응전략: 국제표준화기구 활동(적극대응)) ITU-T는 5G 모바일 신호수용을 위한 규격과 파장당 50G 이상의 신호수용을 위한 기술 표준화에 참여중이며, 기술선도가 가능하도록 관련 표준화에 적극 대응</li> </ul>
국내 표준화 추진 계획	<p><b>&lt;현황&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IEEE NG-EPON용 MAC 및 광물리계층 기술 개발과 ITU-T 50G PON용 선행기술 개발이 진행 중이며, 정부출연연구소와 통신사업자가 모바일 신호수용을 위한 유무선 액세스망 기술을 선도적으로 개발 중</li> </ul> <p><b>&lt;추진계획&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (표준화위원회 PG 활동, 표준화 포럼 활동) TTA 광전송 PG(PG201)에서 ITU-T, IEEE802.3에 대응되는 국내 표준화를 추진하고 있으며, 국제 표준에 대응되는 국내 표준의 신속한 제정과 포럼 활동 등을 통한 국내 기업/기관/학계 간 국내/국제 표준화 공조</li> <li>- (연구개발 표준화 연계 개발) 기 진행 중인 연구개발 사업과의 긴밀한 협력을 통해 확보한 IPR를 표준화로 연계하여 추진</li> </ul>
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>표준 및 R&amp;D 초중기 전략: 표준화 방향에 따른 출원 및 기고 전략</b></li> <li>- IEEE NG-EPON를 위한 광모듈 기술 및 MAC/시스템 기술의 지속적인 IPR 확보 추진하고, ITU-T SG15 에서 시작된 고속 PON 및 모바일 신호수용에 대한 기술 개발, 핵심원천 IPR 및 표준 특허 확보 추진</li> </ul>
기술개발 -표준화 -IPR 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>표준화-기술개발 병행추진</b></li> <li>- 파장당 25G급 광액세스망 및 모바일 신호 수용방안에 대한 기술 개발을 지속적으로 추진하고, 관련된 기술의 IPR 확보 및 표준화 연계 추진</li> <li>- 파장당 50G 광액세스망용 선행기술 연구와 IPR 확보 후 표준화 활동</li> </ul>

(지속/확산공략  병행) 아날로그 모바일 광액세스 기술(RoF)							
전략적 중요도 / 국내 역량					표준화 기구/ 단체	국내	TTA 광전송 PG, 산업융합네트워크 포럼, ITU-T SG15 연구반
	국제	ITU-T SG15					
	국내 참여 업체/ 기관	에프알텍, 에이알텍, ETRI, KT					
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화			기술 수준	95% (선도국가대비)	
	국외	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	선도국가/ 기업	중국/화웨이 싱가폴/Finisar					
표준화 단계	국내	□과제기획→□과제승인→□개발→■검토→□표준채택			표준 수준	95% (선도국가대비)	
	국제	□과제기획→□과제승인→□개발→■검토→□표준채택					
	선도국가/ 기업	중국/화웨이 일본/NICT 말레이시아/말레이시아 텔레콤					
<p>- Trace Tracking : 적극 공략(Ver.2018) → 지속/확산공략(Ver.2019)</p> <p>아날로그 모바일 광액세스 기술은 국외 대비 국내가 동등하게 국제표준에 참여하고 있으며, 국내 관련 장비 개발 및 사업자 망 운영에 직접적인 영향을 끼치는 중요한 기술이며 국제표준화 단계가 완료 단계이므로 지속/확산공략 항목으로 분류</p>							



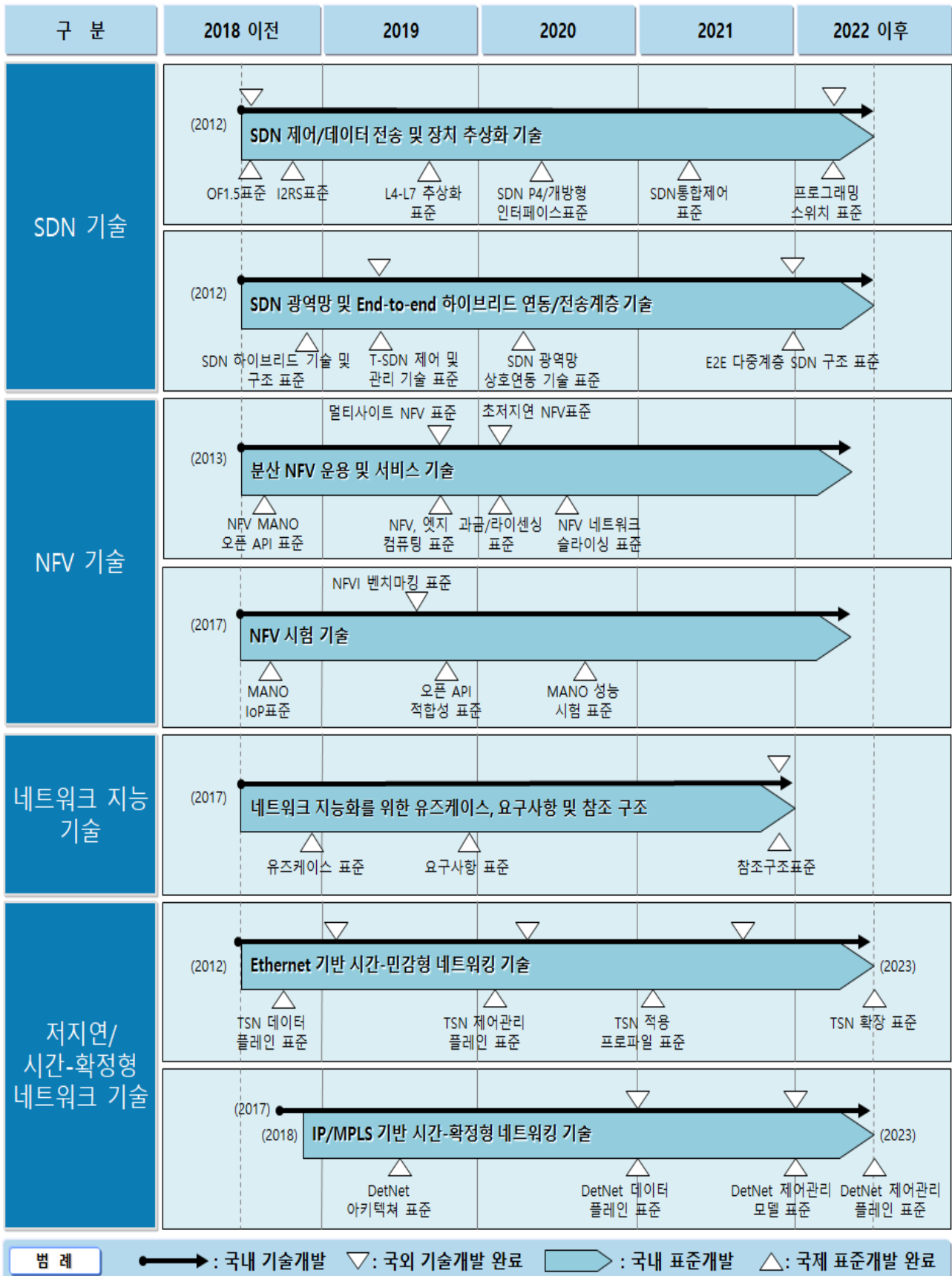


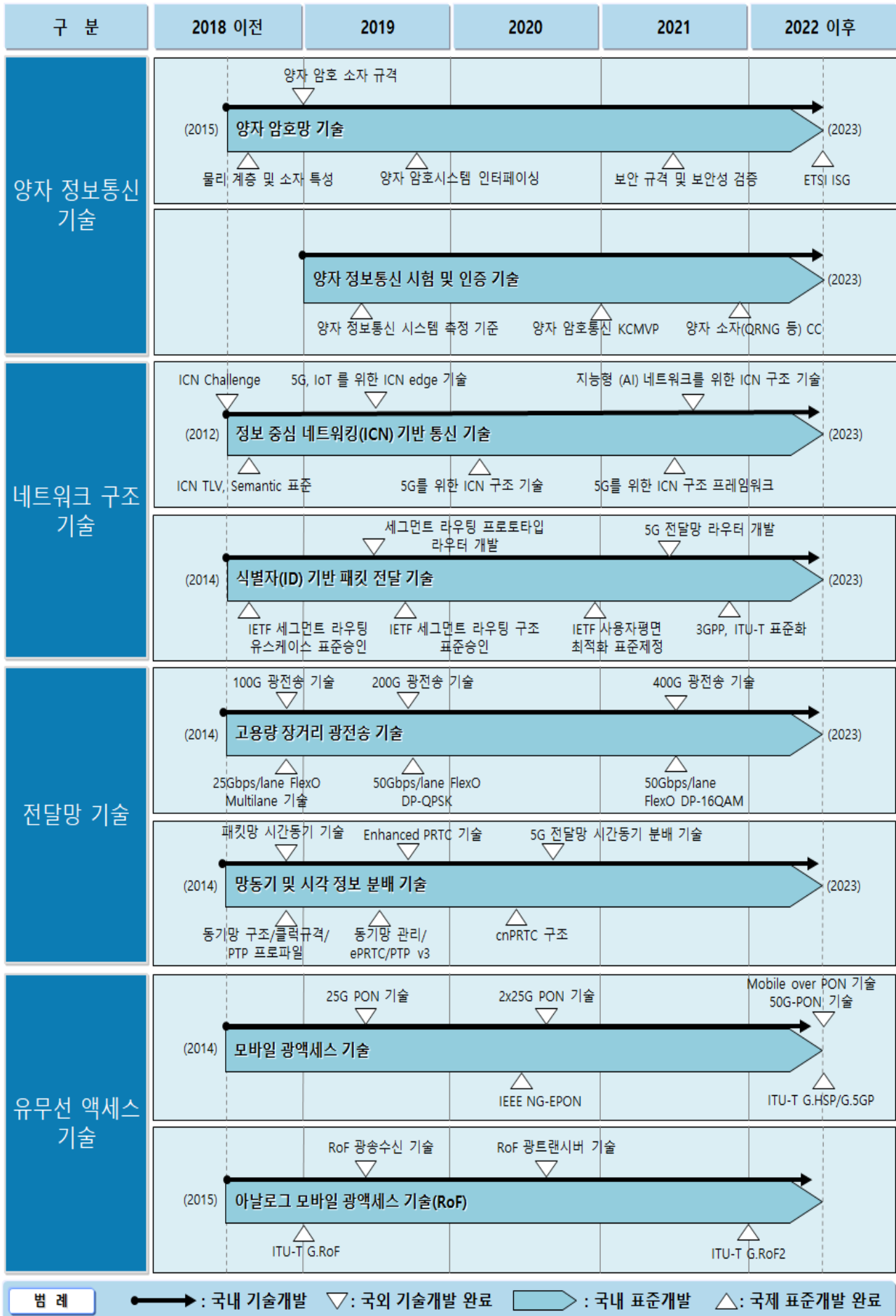
### 3.3. 오픈소스 국내의 추진전략



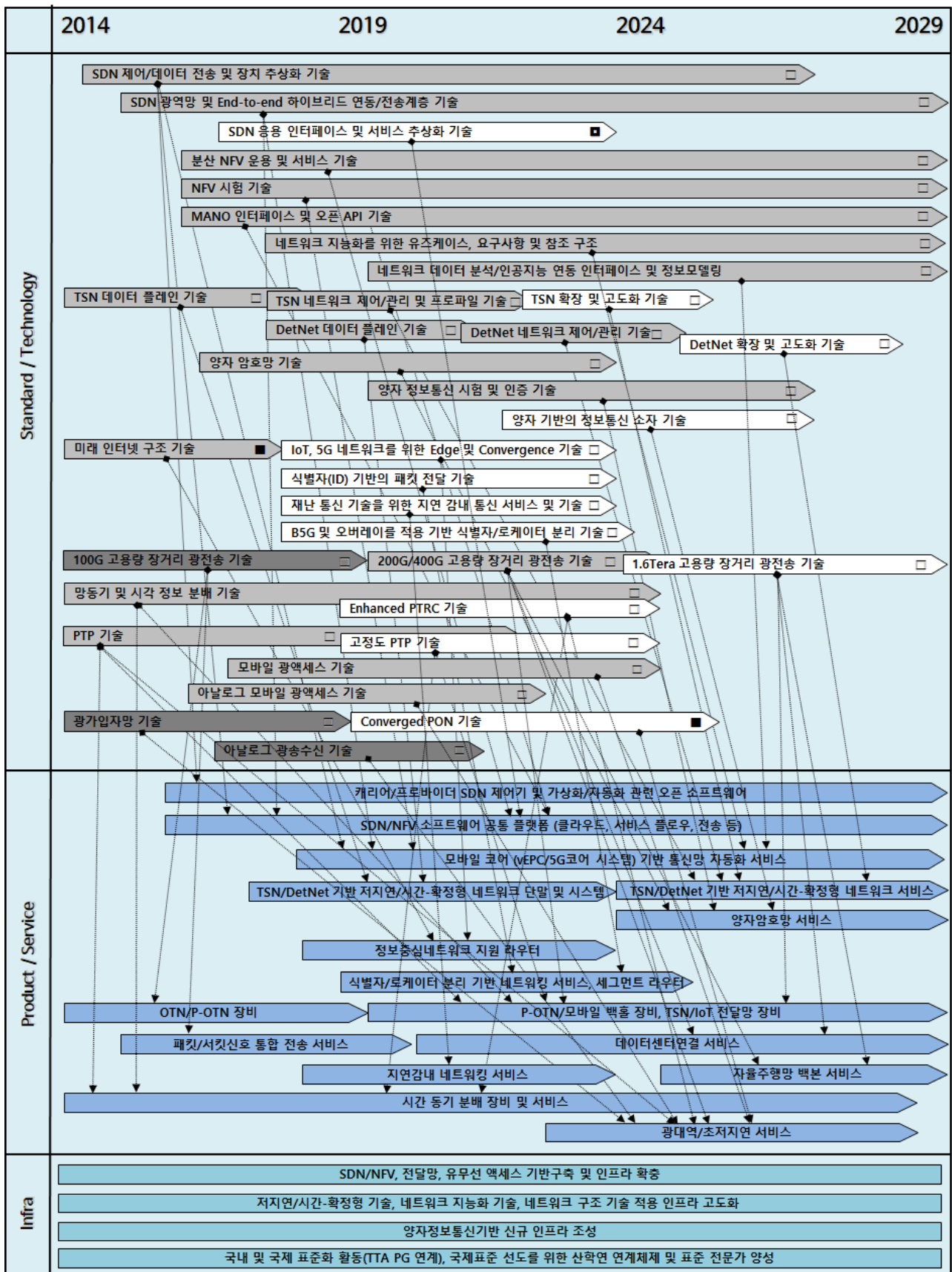
### 3.4. 중기(3개년) 및 장기(10개년) 표준화 계획

○ 중기(2019~2021) 표준화 계획





## ○ 장기(~2029) 표준화 계획



## 범례

기술개발수준 : 국내성숙기술 : 국내개발진행기술 : 국내개발미비기술  
 연구개발전략 : 기초연구 : 실용화 개발 : 국제공동연구 : 기술도입

## [작성위원]

구분	소속	성명	직위	국내외 표준화활동
총괄	IITP	이재학	PM	▶ 과기정통부 미래통신·전파 PM
분과장	ETRI	신명기	실장	▶ IETF NFV RG 에디터, ETSI NFV ISG, ONF 전문가 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 의장, 5G네트워크 SPG(SPG32) 의장
위원	ETRI	강태규	책임	▶ TTA 이더넷 PG(PG218) 의장/위원, 광전송 PG(PG201) 위원, 산업융합네트워크포럼 운영위원
위원	ETRI	고제수	책임	▶ TTA 광전송 PG(PG201) 위원, 한국 ITU-T SG15 연구반 위원
위원	서울대	권태경	교수	▶ IETF IDEAS WG 전문가 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	KISTI	김동균	책임	▶ ONF/ONOS 오픈소스 프로젝트 Collaborator 및 Brigade 활동 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	인터넷디지털	김성연	책임	▶ IETF ICNRP IP/ICN Convergence 전문가 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	세종대	김아정	교수	▶ IEEE 1914, ETSI QKD ISG 활동 ▶ TTA 광전송 PG(PG201) 위원, 이더넷 PG(PG218), 정보보호 기반 PG(PG501) 위원, 한국 ITU-T SG15 연구반 위원
위원	ETRI	김정윤	책임	▶ ITU-T SG13 에디터, 3GPP SA WG2 위원 ▶ TTA 광전송 PG(PG201) 부의장, 한국 ITU-T SG13 연구반 부의장
위원	코워버	김홍주	기술고문	▶ TTA 이더넷 PG(PG218) 위원, 광전송 PG(PG201) 위원, 산업융합네트워크포럼 위원, 한국 ITU-T SG15 연구반 위원
위원	ETRI	류정동	책임	▶ ITU-T SG15 부의장, 권고안 에디터, IETF MPLS WG RFC 저자 및 에디터 ▶ 한국 ITU-T SG15 연구반 의장, 산업융합네트워크포럼 의장, TTA 광전송 PG(PG201) 의장, TTA 통신망기술위원회(TC2) 부의장
위원	우리넷	박성혁	이사	▶ TTA MPLS-TP WG(WG2014), T-SDN WG(WG2016) 간사, 산업융합네트워크포럼(ICNF) 부의장, SDN/NFV포럼 표준분과 위원
위원	KT	박지수	팀장	▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	이화여대	박형곤	교수	▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원, 미래인터넷포럼 무선 WG 위원
위원	ETRI	유태완	책임	▶ ITU-TSG11 Q7에디터(co-editor), IETF ICNRP그룹 NRS 전문가 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	ETRI	윤빈영	책임	▶ TTA 광전송 PG(PG201) 위원, T-SDN WG(WG2016) 의장
위원	ETRI	윤천주	박사	▶ TTA 광전송 PG(PG201) 위원
위원	SKT	이동진	매니저	▶ TTA 5G네트워크 SPG(SPG32) 부의장, 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	ETRI	이왕봉	책임	▶ ONFOpenFlow 및 CORD 시험 표준화, ETSI NFV 전문가 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원
위원	ETRI	이종화	책임	▶ ETSI NFV SOL WG, SOL 002 규격 라포쳐 ▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 위원, 네트워크 소프트웨어 공통플랫폼 WG 의장
위원	ETRI	이한협	책임	▶ TTA 광전송 PG(PG201) 간사
위원	에릭슨엘지	이희열	수석	▶ TTA 광전송 PG(PG201), 미래인터넷 PG(PG220), 이더넷 PG(PG218), 5G네트워크 SPG(SPG32) 위원
위원	ETRI	전경규	박사	▶ TTA 광전송 PG(PG201) 부의장, 한국 ITU-T SG15 연구반 부의장
위원	ETRI	정태식	책임	▶ ITU-T SG15 Q9에디터, IETF MPLS WG RFC 저자 ▶ 한국 ITU-T SG15 연구반 위원, TTA 광전송 PG(PG201), 이더넷 PG(PG218) 위원, 산업융합네트워크포럼 운영위원
위원	ETRI	정환석	책임	▶ ITU-T SG15 Q2 G.sup.5GP, G.sup.HSP 전문가 ▶ IEEE 802.3 ca100G-EPON 활동 ▶ TTA 광전송 PG(PG201) ROF WG(WG2015) 의장
위원	SKT	최정운	매니저	▶ ETSI QKD ISG 활동
위원	LS전선	한관희	박사	▶ 방송통신표준 유선 분과 전문위원회 위원, 한국 ITU-T SG15 연구반 위원(Q5), IEC TC86 국내 광섬유위원회 위원
특허분석	KISTA	김진욱	선임	▶ TTA 표준화전략맵 지능형 네트워크 분과 특허분석
TTA PG담당	TTA	이민아	선임	▶ TTA 미래인터넷 PG(PG220) 담당
간사	TTA	전보라	선임	▶ TTA 표준화전략맵 지능형 네트워크 분과 간사



## [참고문헌]

1. SDN/NFV포럼, “오픈스탠더드와 오픈소스로 알아보는 SDN과 NFV”, 에에콘출판사, 2016
2. 신명기, 강신각, 김형준, “미래인터넷 표준화 현황”, TTA 저널, No. 124, 2009
3. 이종화, “NFV-Phase-2 표준기술”, “OSIA S&TR저널, Vol. 28, No. 2, 2015
4. 이승익, 이종화, 신명기, 김형준, 손승원, 스마트인터넷을 위한 SDN 및 NFV 표준기술 동향분석, 전자통신동향분석, 29권 2호(통권 146), 2014
5. 미래창조과학부, 네트워크산업 상생발전 실천전략, 2014.3
6. 전자신문사, “원히보이는 ICT표준기술,” 2013.12
7. 유연철 외 6인, “초저지연 인프라 기술,” 전자통신동향분석, 32권 1호, 2017.02.
8. 정희영, 정재훈, 추창연, 홍용근, “차량네트워크에서의 지연감내형 네트워킹 연구동향”, ETRI 전자통신동향분석, 32권4호, 2017
9. 윤지옥, 이한협, 김광준, 권태현, 김선미, “초연결 사회를 위한 광 네트워크 인프라 기술”, 전자통신동향분석, 31권 1호, 2016.02.
10. 유태완, 윤현식, 임완선, 홍정하, 홍용근, “ICN기반 IoT 기술 개발 동향” IITP 주간기술동향, 1799호, 2017.6
11. 이주철, 김정환, 정희영, “ICNRG 표준화 동향분석” ETRI 전자통신동향분석, 29권5호 2014
12. 이병준, 전홍석, 송호영, “정보 중심 네트워킹 연구동향” ETRI 전자통신분석, 27권2호 2012
13. 임문영, 최훈규, 한진영, 권태경, 최양희, “정보 중심의 네트워킹 연구 동향” Telecommunications Review, Vol.22, no.5, 2012
14. 유태완, 백상현, “미래인터넷에서의 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 연구 동향” Telecommunications Review, 2008
15. 국가표준 코디네이터, <http://www.kscodi.or.kr/>
16. 미래인터넷포럼, <http://fif.kr>
17. 산업융합네트워크포럼(ICNF), <http://www.icnf.or.kr>
18. ㈜누리텔레콤, <http://www.nuritelecom.co.kr/>
19. SDN/NFV포럼, <http://sdnnfv.org>
20. 3GPP, <http://www.3gpp.org/>
21. 5GPPP, <https://5g-ppp.eu/>
22. AVnu Alliance, <http://http://avnu.org/>
23. EIFFEL, <http://www.future-internet.eu>
24. Energy20: <http://www.energy20.net/pi/index.php?StoryID=317&articleID=166936>
25. ETSI NFV ISG, <http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/NFV/367>
26. ETSI QKD ISG, <http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/QKD/>
27. FIND, <http://www.nets-find.net>
28. FIRE, <http://cordis.europa.eu/ist/fet/comms-fire.htm>
29. GENI, <http://www.geni.net>
30. Gyu Myoung Lee, David H. Su, “Standardization of Smart Grid in ITU-T,”IEEE

## Communications Magazine 2013.01

31. ICANN : <http://www.icann.org>
32. IEEE, <http://www.ieee.org>
33. IEEE NGSON, <http://grouper.ieee.org/groups/ngson/>
34. IEEE P802.3ca 100G-EPON Task Force, <http://www.ieee802.org/3/ca/>
35. IETF, <http://www.ietf.org>
36. IIC(Industrial Internet Consortium), <http://www.iiconsortium.org>
37. IRTF, <http://www.irtf.org>
38. ITU-T, <http://www.itu.int/ITU-T/>
39. LoRa Alliance, <https://www.lora-alliance.org/>
40. Marc Weiss et. al., "Time-Aware Applications, Computers and Communications Systems(TAACCS)", NIST Technical Note, 2015. 02.
41. MobilityFirst, <http://mobilityfirst.winlab.rutgers.edu/>
42. MSF, <http://www.msforum.org/>
43. NWGN, <http://nwgn-forum.nict.go.jp>
44. OASIS XRI committee : <http://www.oasis-open.org/committees/xri>
45. ONAP(Open Network Automation Platform), <https://www.onap.org/>
46. ONF(Open Networking Foundations), <http://www.opennetworking.org>
47. ONF Whitepaper, "Software-Defined Networking: The New Norm for Networks", 2013
48. ONOS(Open Network Operating System), <http://onosproject.org/>
49. Open Daylight, <http://www.opendaylight.org>
50. OpenADR Alliance, <http://www.openadr.org/>
51. OPEN Alliance, <http://www.opensig.org/>
52. OpenFlow Switch Specification 1.x, <http://www.opennetworking.org>
53. OPNFV(Open Platform for NFV), <https://www.opnfv.org/>
54. OSM(Open Source MANO), <https://osm.etsi.org/>
55. PlanetLab, <http://www.planet-lab.org>
56. Stanford Univ., "Clean Slate Design for the Internet", <http://cleanslate.stanford.edu>
57. TTA, <http://www.tta.or.kr>

## [약어]

ALTO	Application Layer Traffic Optimization
AMI	Advanced Metering infrastructure
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
ARAF	Augmented Reality Application Format
ARC	Augmented Reality Continuum
ARRM	Augmented Reality Reference Model
ASP	Application Service Provider
ATCA	Advanced Telecommunication Computing Architecture
ATS	Asynchronous Traffic Shaping
AVB	Audio/Video Bridging
AVnu	Audio/Video Alliance
BcN	Broadband convergence Network
BGP	Border Gateway Protocol
BSS	Business Support Systems
CaaS	Communications as a Service
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CAPEX	Capital Expenses
CCAMP	Common Control and Measurement Plane
CCN	Content-Centric Network
CD	Contents Delivery
CDMI	Cloud Data Management Interface
CDNi	Content Delivery Network interconnection
CDVS	Compact Descriptor for Visual Search
CEMS	Community Energy Management System
CGH	Computer Generated Hologram
CIF	Cloud Industry Forum
cnPRTC	coherent network Primary Reference Time Clock
CP	Content Provider
CQF	Cyclic Queuing and Forwarding
C-RAN	Cloud-Radio Access Network
CSA	Cloud Security Alliance
CUBIST	Combining and Uniting Business Intelligence with Semantic Technology
DaaS	Desktop as a Service
DAP	Device API
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
DetNet	Deterministic Networking
DMTF	Distributed Management Task Force
DNS	Domain Name System
DOOH	Digital Out-Of-Home

DPDK	Data Plane Development Kit
DPI	Deep Packet Inspection
DR	Demand Response
DSN	Distributed Service Networking
DTN	Delay Tolerant Networking
EAI	Email Address Internationalization
EC2	Elastic Computer Cloud
eEEC	enhanced synchronous Ethernet Equipment slave Clock
EI	Energy Interoperation
EIS	Energy Intelligence Software
EMIX	Energy Market Information Exchange
EMS	Energy Management System
EPC	Evolved Packet Core
ePRTC	enhanced Primary Reference Time Clock
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EWAPI	East-Westbound API
FEMS	Factory Energy Management System
ForCES	Forwarding and Control Element Separation
FRER	Frame Replication and Elimination for Reliability
GBP	Group Based Policy
gPTP	generalized Precision Time Protocol
HW	Hardware
I2RS	Interface to the Routing System
IaaS	Infrastructure as a Service
ICN	Information Centric Network
ID	Identifier
IDC	Internet Data Centre
IDN	Internationalized domain names
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IET	Interspersing Express Traffic
IETF	Internet Engineering Task Force
IFA	Interfaces and Architecture
IIC	Industrial Internet Consortium
IMS	IP Multimedia Subsystem
INF	NFV Infrastructure
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPMI	Intelligent Platform Management Interface
IPR	Intellectual Property Rights
IPS	Intrusion Prevention System
IRTF	Internet Research Task Force
ISBN	International Standard Book Number

ISO/IEC	International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission
ISP	Internet Service Provider
ITU-T	International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization
LISP	Locator Identifier Separation Protocol
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LTE	Long Term Evolutions
M2M	Machine-to-Machine
MAC	Media Access
MANO	Management and Orchestration
MEC	Mobile Edge Computing
MME	Mobility Management Entity
MOFI	The Mobile Oriented Future Internet
MP2P	Managed Peer-to-peer
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MTC	Machine Type Communication
NaaS	Network as a service
NBAPI	Northbound API
NBI	Northbound interface
NB-IoT	NarrowBand Internet of Thing
NDN	Named Data Network
NetConf	Network Configuration Protocol
NFB	Network Function Board
NFV	Network Functions Virtualization
NFVI	NFV Infrastructure
NFVO	NFV Orchestrator
NGN	Next generation Network
NG-PON	Next Generation Passive Optical Network
NOS	Network OS
NRS	Name Resolution System
NSH	Network Service Header
NVP	Network Virtualization Platform
ODL	Open Day Light
OF	OpenFlow
ONAP	Open Network Automation Platform
ONF	Open Networking Foundations
ONOS	Open Network Operating System
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture
OPEN	One-Pair Ether-Net
OpenADR	Open Automated Demand Response
OPEX	Operating Expenditure
OPNFV	Open Platform for NFV

OS	Operation System
OSM	Open Source MANO
OSS	Operating Support Systems
P2P	Peer-to-Peer
PC	Personal Computer
PCE	Path Computation Element
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PG	Project Group
P-GW	Packet Data Network Gateway
PICMG	PCI Industrial Computer Manufacturers Group
PMD	Physical Media Dependent
PoC	Proof of Concept
PON	Passive Optical Network
PPSP	P2P streaming protocol
PRTC	Primary Reference Time Clock
PSFP	Per Stream Filtering and Policing
PTP	Precision Time Protocol
Pub	Publisher
PWE3	Pesudo Wire Emulation Edge-to-Edge
QoS	Quality of Service
RoF	Radio Over Fiber
SAIL	Scalable and Adaptive Internet Solutions
SBAPI	Southbound API
SBI	Southbound interface
SDN	Software-Defined Networking
SEP	Smart Energy Profile
SFC	Service Function Chaining
S-GW	Serving Gateway
SLA	Service Level Agreement
SMART	Software, Manageable, Agile, Robust, and Trustworthy
SNP	Smart Node Platform
SPRING	Source Packet Routing in Networking
SRP	Stream Reservation Protocol
Sub	Subscriber
SUN	Smart Utility Network
SW	Software
TAS	Time Aware Shaper
T-BC-P	Partial-support Telecom Boundary Clock
TC	Transmission Convergence
TCN	Time Controlled Network
TEAS	Traffic Engineering Architecture and Signaling
T-GM	Telecom GrandMaster



TSN	Time-Sensitive Networking
TTA	Telecommunications Technology Association
TTP	Table Typing Pattern
T-TSC-A	Assisted partial-support Telecom Time Slave Clock
T-TSC-P	Partial-support Telecom Time Slave Clock
UHD	Ultra High Definition
V2V	Vehicular to Vehicular
VDC	Virtual Data Center
VDI	Virtual desktop infrastructure
VNF	Virtual Network Function
VNFD	VNF Descriptor
VNFM	VNF Manager
VoD	Video on Demand
VoLTE	Voice over Long Term Evolution
WAN	Wide Area Network
XDI	XRI data Exchange
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol
XRD	Extensible Resource Descriptor
XRI	Extensible Resource Identifier

