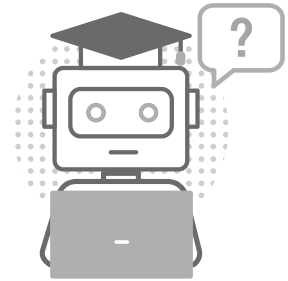


# 네트워크 머신러닝 국제 표준 기술동향



김귀훈 한국전자통신연구원(ETRI) KSB융합연구단 지능형IoT네트워크연구실

## 1. 머리말

최근에 인공지능 기술은 4차 산업혁명의 핵심기술로써 급속히 발달하고 있다. 특히, 각 서비스도 메인별로 인공지능 서비스를 접목하기 위해서 많은 노력을 하고 있다. 이미 이미지 인식, 음성 인식, 바둑 등은 인공지능을 접목한 기술이 인간 보다 훨씬 월등하게 성능을 발휘하고 있다. 한편, 인간의 고유영역이라고 판단하는 그림, 음악, 문학 등과 같은 창의적인 분야에서조차도 인공지능 기술이 굉장히 좋은 성능을 보여주는 각종 사례가 발표되고 있다.

네트워크 분야에서도 인공지능을 접목하려는 시도가 최근에 늘어나고 있다. 이 분야에서의 인공지능에 관한 시도는 크게 2가지 관점에서 볼 수 있다. 한 가지는 인공지능 도메인 서비스를 잘 지원하고자 하는 분야이다. 예를 들어 인공지능의 데이터 처리와 컴퓨팅 처리를 에지 노드(Edge node)에서 오버로딩하거나 분석 처리 해주는 포그/에지 컴퓨팅이 좋은 사례이다. 다른 한편으로는 네트워크 성능을 높여주기 위해서 인공지능 기술을 적용하는 분야이다. 인공지능 기반 네트워크 지능화 기술을 들

수 있고, 예를 들어 지능형 네트워크 관리, 구성, 제어 기술 등이 있다.

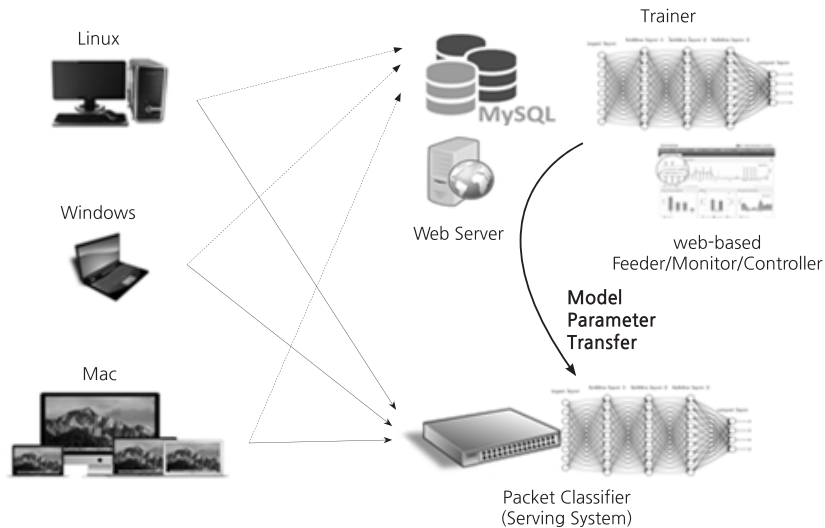
본고에서는 2가지 관점의 네트워크 머신러닝을 적용하려고 하는 네트워크 머신러닝 국제 표준화 기술동향에 대해서 소개하겠다.

## 2. 네트워크 머신러닝 국내외 표준 기술동향

### 2.1 국제전기통신연합 포커스그룹-5G를 포함하는 미래 네트워크를 위한 머신러닝(ITU-T FG-ML5G)

ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) FG-ML5G(Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G) 표준화 그룹은 2017년 11월 신설되었으며, 2번의 정식회의(2018년 1월, 4월)가 있었다. 현재 다루고 있는 문서는 '5G를 포함하는 미래 네트워크를 위한 머신러닝의 유스 케이스(Use cases for Machine Learning for Future Networks including 5G)' 와 '머신러닝 기반의 이동성 패턴 예측(Mobility Pattern Prediction based on Machine Learning)' 이다.

'5G를 포함하는 미래네트워크를 위한 머신러닝



[그림 1] 딥러닝 트래픽 분류기 개념도[1]

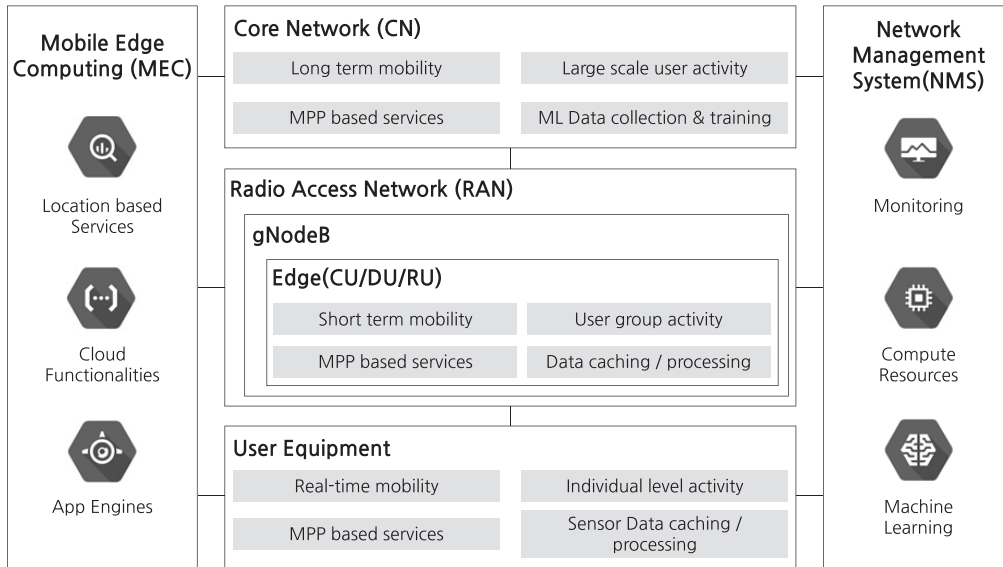
의 유스 케이스(Use cases for Machine Learning for Future Networks including 5G)’ 문서는 한국(ETRI, KT), 중국(China Mobile), 이집트(Vodafone) 3국이 주도로 작업하고 있다[1]. 이 문서의 범위는 5G를 포함하는 미래 네트워크를 위한 머신러닝에 관련된 유스 케이스를 제공하는 것이다. 또한, 관련 에코 시스템(ecosystem)의 구분을 명확히 하고 통합된 ML5G를 위한 유스 케이스 템플릿을 제공하는 것도 포함한다. 통합된 유스 케이스 템플릿을 통해서 다양한 ML5G 유스 케이스가 개발되기를 기대하는 것이 본 문서의 목적이다. 현재 딥러닝 기반의 트래픽 분류기(DTC, Deep-learning-based Traffic Classification) 등 13가지의 네트워크 머신러닝 기반의 유스 케이스가 만들어져 있다. 본고에서는 대표적으로 딥러닝 기반의 트래픽 분류기를 소개하겠다.

[그림 1]은 딥러닝 기반의 트래픽 분류기 개념도이다. 머신러닝 기술은 네트워크를 통하여 지능적이고 자동으로 다양한 응용과 서비스를 모니터링하고 관리하도록 제공되어 진다. 특히, 딥러닝 기반의 트래픽 분류기는 네트워크상의 많은 양의 트래픽을

지능적으로 분류하기 위하여 딥러닝 기술을 사용하는 머신러닝 기술 접근 방법의 하나이다.

‘머신러닝 기반의 이동성 패턴 예측(Mobility Pattern Prediction based on Machine Learning)’ 문서는 중국(China Mobile), 독일(Fraunhofer HHI) 2개 나라가 주도로 작업하고 있다[2]. 이 문서의 범위는 이동 통신 네트워크에서 머신러닝을 적용하는 유스 케이스를 제안한다. 이 유스 케이스는 사용자의 이동성과 서비스 패턴을 예측하는 것이다. 이동 네트워크 전력 소모량, 자원 할당량, 간섭 관리, 사용자 경험 최적화 등을 위하여 좀 더 지능적 전략을 설계하기 위하여 머신러닝 기술을 적용하는 사례이다.

[그림 2]는 머신러닝 기반의 이동성 패턴 예측 개념도이다. 많은 다음 세대 응용과 이동 네트워크 최적화 스킴은 모바일 사용자의 이동성 패턴 예측의 지식을 요구한다. 머신러닝 기반의 이동성 패턴 예측(MPP, Mobility Pattern Prediction)은 모바일 사용자의 궤적과 사용 가능한 네트워크 데이터 및 사용자 데이터를 예측하고 상황 정보를 기본 지식 및



[그림 2] 머신러닝 기반의 이동성 패턴 예측 개념도[2]

지식에 통합하는 방법이다. 머신러닝 기반 이동성 패턴 예측 스킴을 사용하면 사전 예방적인 리소스 할당, 개선된 핸드 오버, 예측 캐싱 및 고급 에너지 절약 체계 등의 적응형 실시간 네트워크 구성을 통해 최적화된 모바일 네트워크를 사용할 수 있다. 더욱이 이동성 패턴 예측은 적응형 대중 교통 솔루션, 적응형 가로등, 스마트 홈 난방 시스템, 위치 기반 광고 등과 같은 몇 가지 새로운 애플리케이션을 가능하게 할 것이다. 이러한 새로운 모바일 네트워크 애플리케이션은 사용자의 이동성과 서비스 패턴에 대한 자동 실시간 예측을 요구하며, 예측 결과에 따르면, 모바일 네트워크의 미래 상태에 대한 예측을 할 수 있다. 이 문서에서 주요 초점은 미래의 궤도와 개별 사용자의 서비스 패턴을 예측하기 위해 기계 학습 방법을 사용하는 방법에 있다.

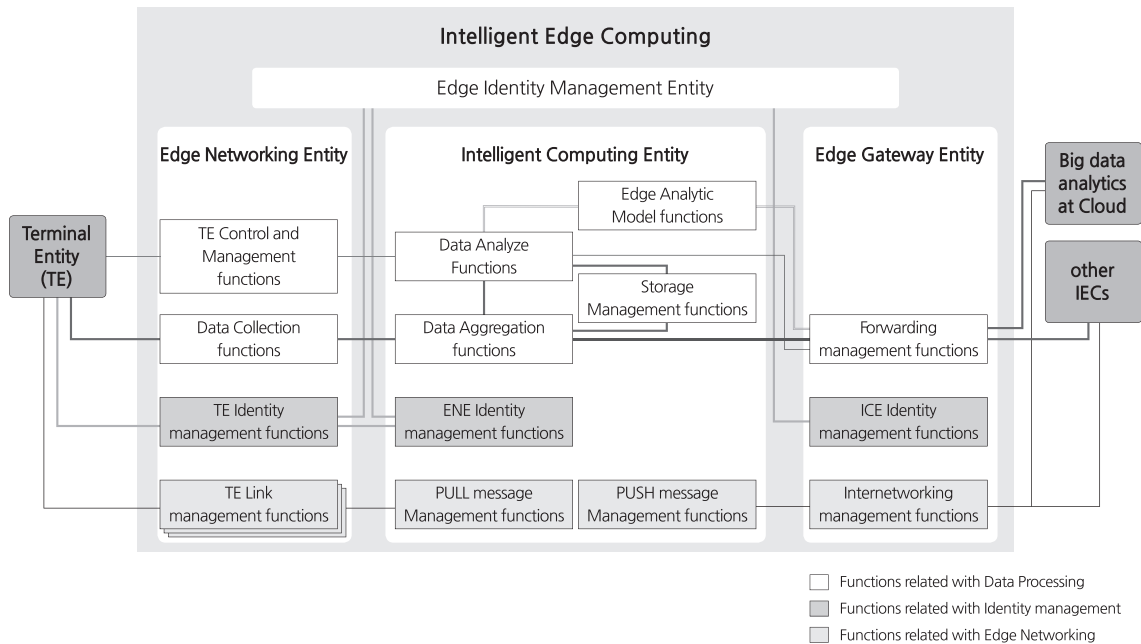
## 2.2 국제전기통신연합 스터디그룹11 지능형 에지 컴퓨팅(ITU-T SG11 IEC)

ITU-T(International Telecommunication Union

- Telecommunication Standardization Sector) SG11(Study Group 11)은 네트워크 신호방식 및 테스트 규격을 담당하는 표준화 그룹이다. SG11에서 네트워크 머신러닝 관련되어 있는 문서는 ‘지능형 에지 컴퓨팅(Intelligent Edge Computing)’이다.

‘지능형 에지 컴퓨팅(Intelligent Edge Computing)’ 문서는 한국(ETRI, SKT, KT)이 주도로 작업하고 있다[3]. 이 문서의 범위는 네트워크 내에서 효율적인 데이터 처리를 위해 에지 네트워크에 인텔리전스를 제공하기 위한 지능형 에지 컴퓨팅의 신호 전달 요구 사항 및 아키텍처에 관한 내용이다. 본 문서는 지능형 에지 컴퓨팅 개요, 신호방식 구조, 신호방식 요구사항, 상위 레벨의 신호방식 프로토콜 프로시저, 지능형 에지 컴퓨팅 유스 케이스, 지능형 에지 컴퓨팅 관련 작업 등으로 구성되어 있다.

[그림 3]은 지능형 에지 컴퓨팅 기술 개념도이다. 시간이 갈수록 다양한 스마트 디바이스로 인해서 데이터가 대량으로 생성되고 있다. 특히, 현재 많은 스마트 서비스가 클라우드 시스템과 서비스를 기반



[그림 3] 지능형 에지 컴퓨팅 개념도[3]

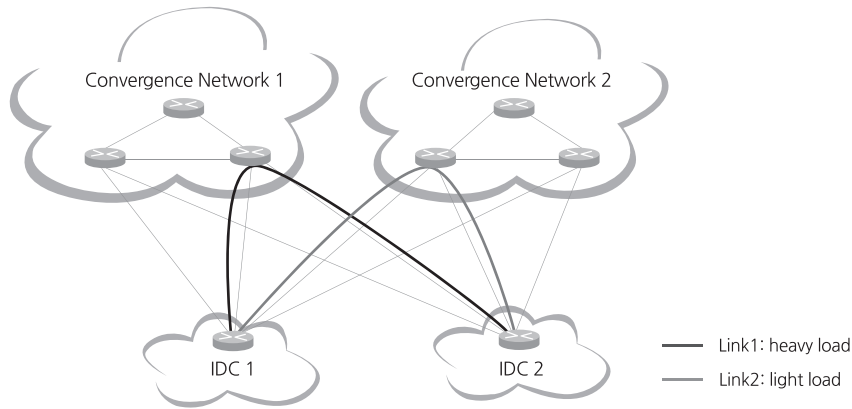
으로 운영되고 있다. 그러나 단말기와 클라우드 시스템 간의 네트워크 병목 현상은 데이터 손실, 네트워크 지연 등과 같은 다양한 문제를 야기했으며, 네트워크의 효율적인 데이터 처리를 위해 최근 네트워크 제공자들이 에지 컴퓨팅 기술을 이용해서 이러한 문제를 해결하려고 노력한다. 또 인공지능 기술을 지원하는 지능형 데이터 처리 기능을 사용자 장비와 클라우드 서버 시스템 사이의 에지 네트워크에 적용하면 새로운 서비스와 애플리케이션에 향상된 네트워크 기능을 제공할 수 있다. 지능형 에지 컴퓨팅 기술을 적용하여 머신 타입 통신 서비스를 지원하기 위해서 새롭게 등장하는 서비스 및 애플리케이션에서 사용할 수 있고 데이터를 클라우드에서 안정적으로 수집하며 저장하는 것은 매우 유용하다. 지능형 에지 컴퓨팅의 주요 기능은 데이터 수집, 처리, 분석 및 지능형 데이터 처리에 기반한 의미 있는 정보 제공하는 것이다. 본 문서는 유스 케이스, 신호방식 요구 사항 및 지능형 에지 컴퓨팅

아키텍처를 포함한다.

### 2.3 유럽전기통신표준협회 체험 네트워크 지능화(ETSI ENI)

ETSI(European Telecommunications Standards Institute) ENI(Experiential Networked Intelligence) 표준화 그룹은 2017년 4월에 새로 신설되었다. 현재까지 5번의 정식회의(2017년 4월, 5월, 9월, 12월, 2018년 3월)가 있었다. 현재 다루고 있는 문서는 다음과 같다.

- 체험 네트워크 지능화(ENI) 유스 케이스(Use cases)
- 체험 네트워크 지능화(ENI) 요구사항(Requirements)
- 체험 네트워크 지능화(ENI) 용어(Terminology)
- 체험 네트워크 지능화(ENI) 구조(Architecture)
- 체험 네트워크 지능화(ENI) 개념 검증 프레임워크(Proof of Concept Framework)



[그림 4] 정책 기반 인터넷 데이터 센터 트래픽 스티어링 개념도[4]

이 중에서 ‘체험 네트워크 지능화(ENI) 유스 케이스(Use cases)’, ‘체험 네트워크 지능화(ENI) 요구사항(Requirements)’ 문서가 1.0 버전이 완료되어서 2가지 문서에 대해서 자세히 소개를 하겠다.

‘체험 네트워크 지능화(ENI) Use cases(유스 케이스)’ 문서는 한국(samsung), 포르투갈(Portugal Telecom), 미국(인텔), 중국(Huawei, China Telecom) 4개 나라가 주도로 작업했다[4]. 이 문서의 범위는 다양한 이해 관계자의 유스 케이스 모음이 포함되어 있으며, 체험 네트워크 지능화 시스템을 유선 네트워크, 모바일 네트워크에 대한 운영자 경험을 향상 시키기 위해서 본 시스템을 적용하는 사례를 포함한다. 네트워크 머신러닝에 대한 정책 기반(Policy-driven) 인터넷 데이터 센터(IDC, Internet Data Center) 트래픽 스티어링(Traffic Steering) 등 13가지 유스 케이스를 제안했고, 각각은 인프라 관리(Infrastructure Management), 네트워크 운영(Network Operations), 서비스 오케스트레이션 및 관리(Service Orchestration and Management), 보증(Assurance) 등 4가지로 그룹화 시켰다.

[그림 4]는 정책 기반(Policy-driven) 인터넷 데이

터 센터(IDC, Internet Data Center) 트래픽 스티어링(Traffic Steering)의 개념도이다. 이 활용 사례는 인터넷 데이터 센터 간 지능형 링크 로드 밸런싱 및 대역폭 할당과 관련이 있다. 인터넷 데이터 센터의 테넌트에는 서비스 및 리소스 동작을 동적으로 조정하는 요구 사항이 있는 기업이 포함된다(예: 신뢰성 있는 네트워크 연결 및 네트워크 부하에 따라 제공되는 서비스 변경).

인터넷 데이터 센터 간에 현재의 트래픽 스티어링이 수행되는 방식에는 여러 가지 문제가 있다. 여기에는 인터넷 데이터 센터 간에 여러 링크를 사용하는 것이 포함된다(예: 주어진 시간에 사용하는 것이 가장 좋은 링크). 현재 테넌트에 대한 링크는 일반적으로 해당 테넌트가 상주하는 인터넷 데이터 센터와 해당 테넌트가 연결된 인터넷 데이터 센터 간의 최단 경로로 결정된다. 또한, 연결 부하는 트래픽 경로를 계산할 때 고려되지 않는다. 또한 테넌트에 할당된 대역폭이 항상 완전히 사용되는 것은 아니다.

‘체험 네트워크 지능화(ENI) 요구사항(Requirements)’ 문서는 중국(ZTE, China Telecom, Huawei), 포르투갈(PT Portugal SGPS SA), 한국

(Samsung) 등 3개 나라가 주도로 작업했다[5]. 이 문서의 범위는 다양한 시나리오에서 네트워크에 인텔리전스가 적용되는 방법에 대한 요구 사항을 파악하여, 운영자의 서비스 제공 및 네트워크 운영 경험을 개선하고, 인텔리전스가 변화하는 상황에서 동적 자율 행동 및 적응형 정책 주도 작동을 지원하는 방법을 설명한다. 이 규격에 문서화된 요구 사항은 구조 설계 작업 중에 사용하기 위한 것이다. 크게 3가지로 서비스 및 네트워크 요구 사항(Service and network requirements), 기능 요구 사항(Functional requirements), 비기능 요구 사항(Non-functional requirements)로 카테고리화 하고 구분 되어져 요구사항이 정해진다.

#### • 서비스 및 네트워크 요구 사항

- 일반 요구 사항(General requirements)
- 서비스 오케스트레이션 및 관리(Service orchestration and management)
- 네트워크 계획 및 구축(Network planning and deployment)
- 네트워크 최적화(Network optimization)
- 복원력 및 안정성(Resilience and reliability)
- 보안 및 개인 정보 보호(Security and privacy)


#### • 기능 요구 사항

- 데이터 수집 및 분석(Data Collection and Analysis)
- 정책 관리(Policy Management)
- 데이터 학습(Data Learning)
- 다른 시스템과의 연동(Interworking with Other Systems)

#### • 비기능 요구 사항

- 성능 요구 사항(Performance requirements)
- 운영 요구 사항(Operational requirements)
- 규정 요구 사항(Regulatory requirements)
- 비기능적 정책 요구 사항(Non-functional policy requirements)

### 3. 맺음말

지금까지 ITU-T와 ETSI에서 대표적으로 표준화하고 있는 네트워크 머신러닝 기술에 대해서 소개하였다. 이외에도 IETF, IEEE 등 여러 국제표준화 기구에서 표준화를 시작하려고 하고 있다. 모두 최근 1~2년 사이에 이슈화 되어 시작하려는 추세여서, 앞으로 표준화가 마무리 되기까지는 시간이 좀 더 소요될 전망이다. 현재 네트워크 머신러닝 기술을 연구 개발 중이며 관련 내용을 표준화 하고 싶어 하는 이가 있다면 지금 함께 시작해도 늦지 않다. 네트워크 머신러닝은 네트워크 특성상 고신뢰의 성능을 요구한다. 현재 인공지능 기술을 적용 시에 바로 성능이 보장되는 부분이 한정되어 있어서 앞으로 해결해 나가야할 부분이 많이 있다. 그러나 인공지능 기술이 지속적으로 발전되고 있으므로 기술 발전과 함께 신뢰도가 높은 네트워크의 다양한 분야에 적용될 것으로 기대된다. 

※ 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-05-ETRI)의 지원을 받아 수행된 연구임

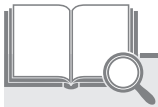
### [참고문헌]

- [1] K. Kim, Y. Yuan, M. Essa, M. Kim, Y. Hong and S. Baik, 'Output-The FG-ML5G draft, 'Use cases for Machine Learning for Future Networks including 5G' (Xi'an, 24, 26-27 April 2018)', ITU-T FG-ML5G, Apr. 2018.
- [2] Q. Yaxing, B. Sen, K. Mahler, S. Stanczak and W. Samek, 'Mobility Pattern Prediction based on Machine Learning,' ITU-T FG-ML5G, May. 2018.
- [3] K. Kim, T. You, J. Lee, S. Baik and Y. Hong, 'Signalling requirements and architecture of intelligent edge computing,' ITU-T SG11, Apr. 2018.
- [4] Y. Wang, A. Gamelas, B. Parreira, C. Cavigioli, G. Karagiannis, H. Wang, J. Zhao, J. Strassner, M. Shariat, S. Liu, W. Xu, X. Ding and Y. Zeng, 'Experiential Networked Intelligence(ENI) use cases,' ETSI ENI, Apr. 2018.

- [5] H. Wang, A. Gamelas, B. Lei, B. Parreira, G. Karagiannis, J. Strassner, R. Forbes, R. Wang, S. Cadzow, S. Liu, Y. Wang and Y. Zeng, 'Experiential Networked Intelligence(ENI) requirements,' ETSI ENI, Apr. 2018.

## [주요 용어 풀이]

- 인공지능(AI, Artificial Intelligence): 인간의 두뇌와 같이 컴퓨터 스스로 추론, 학습, 판단하면서 전문적인 작업을 하거나 인간 고유의 지식 활동을 하는 시스템. 기존의 컴퓨터와 같이 프로그래밍된 순서 안에서만 작업하는 시스템과는 달리 좀 더 유연한 문제 해결을 지원하는 데 도움이 된다. 요소 기술로는 추론, 학습, 지각 및 이해 기능과 인공지능(AI)에서 데이터베이스가 되는 지식 베이스가 있다. AI의 개발 언어로는 리스프(LISP), 프롤로그(PROLOG) 등이 있다.
- 국제 전기 통신 연합(ITU, International Telecommunication Union): 국제 연합의 전문 기관으로, 모든 종류의 전기 통신의 개선과 합리적인 사용을 위해 국제 협력을 유지, 증진하고 전기 통신 업무의 능력 향상, 이용 증대 및 보급의 확대를 위해 기술적 수단의 발달과 효율적 운용을 목적으로 하는 범세계적인 정부 간 국제기구
- 유럽전기통신표준협회(ETSI, European Telecommunications Standards Institute): 통신과 방송 및 이와 밀접한 관련이 있는 첨단 교통과 의료전자 등 정보통신기술(ICT)분야의 ES(ETSI Standard)표준 제정을 촉진하고 총괄 조정하는 유럽의 독립된 비영리 기관



## ✓ 지능형 사물 Intelligent things

주변 환경에 스스로 대응하는 사물.

빛, 열, 음, 전파 등 다양한 센서로 주변 상황을 인지하여 획득한 정보를 통신망을 통해 컴퓨터에 전달하고, 지능 정보 처리된 결과를 다시 받아 컨트롤러를 통해 스스로 주변 환경에 대응한다. 지능형 사물은 사람들이 일상적으로 사용하는 기기로 구현된다. 지능형 사물의 대표적인 예로 자율 주행 자동차, 지능형 로봇, 무인 비행기(드론) 등이 있다.