

만물지능통신 기반 · 초연결 인프라의 발전 방향과 재편 구도

The Direction of the Progress and the Scheme of Reorganization of the
AToN-based Hyperconnected Infrastructure

하원규 (W.G. Ha) 기술예측연구팀 책임기술원
최민석 (M.S. Choi) 기술예측연구팀 선임연구원

* 본고는 ETRI 내부연구과제 '만물지능통신기반 구축 액션플랜 및 국가 IT신전략 연구' 수행의 일환으로 작성됨.

본고에서는 차세대 스마트 인프라 준거틀로서 '만물지능통신 기반 · 초연결 인프라' 개념을 제시한다. 동 개념이 대두하게 된 근거 기반으로 기술적 관점에서 스마트 기술혁신과 인프라 혁신 간의 상호관계성, 문명사적 관점에서 정보 · 교통 · 에너지 인프라 간의 공진화 과정을 거시적으로 개관한다. 그리고 초연결 클라우드 컴퓨팅, 만물지능통신망과의 선순환 관계에서 기존 인프라의 고도화와 동시에 정전교(淸電交) · 초연결 인프라의 탄생과 발전 방향을 모색한다. 또한 EU의 중장기 R&D 전략의 공통성과 도출을 위한 분산화된 협업시스템으로 부상하고 있는 SoS(System of Systems) 모델을 초연결 인프라의 프로토타입으로 검토한다. 이러한 작업을 기반으로 '물리적 인프라의 추상화' 그리고 '추상화한 인프라의 현실 세계로의 실체화'라는 관점에서 초연결 인프라로의 재편 메커니즘을 분석하고, 초연결 인프라를 지향한 공통 플랫폼과 그 실현을 위한 기술적 · 정책적 함의를 도출한다.

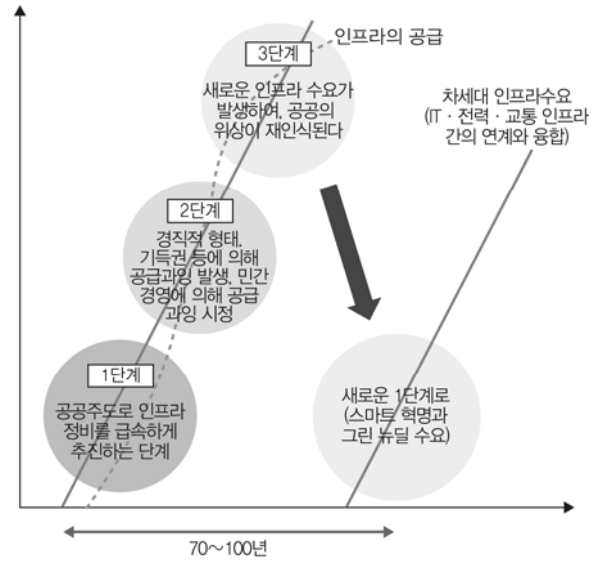
- I. 서론: 차세대 스마트 인프라는 어떤 모습일까?
- II. 문명사적 관점에서 본 인프라 간 공진화 과정
- III. 만물지능통신 기반 · 초연결 인프라의 발전 방향
- IV. 만물지능통신 기반 · 초연결 인프라의 재편 구도
- V. 총괄: 초연결 인프라를 지향한 함의 도출

1. 서론: 차세대 스마트 인프라는 어떤 모습일까?

주지하듯 산업구조, 산업 간의 경계는 경제사회적 과정을 거쳐 형성되어 왔고 오랜 시간이 소요된다. 동시에 일단 구축된 산업 인프라는 견고한 존재가 되어 주변 조건이 상당히 변화하였다고 할지라도 그 기본 구조는 쉽사리 바뀌지는 않는다. 그것은 특정 산업구조가 일단 형성되면 산업 내·산업 간의 모든 조직이나 활동의 기본 인프라가 현존하는 산업구조에 따라 규정되고, 법률·제도·관습 그리고 조직이나 인간관계도 크게 영향을 주고받기 때문이다. 예컨대 하나의 산업구조는 단순히 그 자체뿐만 아니라 그것을 떠받치기 위한 방대한 인간의 영위 방식과 인프라가 그 배경에 존재한다.

이는 새로운 산업구조와 인프라로 전환되기까지는 그만큼 기존 구조가 해체되고 신질서로 재구축되기까지는 복잡한 경제사회 시스템 간의 다층적 역학관계가 존재함을 말해준다. 그러나 현존하는 견고한 산업구조를 규정하여 온 경제적·사회적 조건을 바꾸지 않으면 안 되는 경우가 발생한다. 물론 산업이 모조리 바뀌는 것은 아니지만 산업에 의하여, 시대에 따라 산업구조를 규정하는 인프라의 조건이 비교적 단기간에 크게 변화하는 경우가 있다. 급격한 기술혁신과 서비스의 다양화, 국가 전략의 실행 등으로 기존의 산업구조와 인프라는 환경 변화 속도에 적응하지 못했다. 즉, 기존 시스템의 사회적 관성(social inertia)과 신규 시스템의 사회적 전환요구에 충돌이 발생하게 된다.

(그림 1)에서 보듯 기존 인프라 공급구조와 새로운 인프라 수요발생 구도를 보여준다. 제1단계에서는 새로운 인프라 수요의 발생으로 공적 기관에 의한 공급주도로 인프라를 급속하게 추진하게 된다. 그리고 어느 정도 인프라 수요가 충족되면 경직적 공급형태와 기득권 등에 의해 공급과잉 상황에 도달하고, 민간적 경영에 의하여 공급과잉을 시정하거나 혹은 새로운 인프라 수요를 기대하게 된다. 그리고 새로운 인프라 수요가 현저해짐에



(그림 1) 인프라의 공급과 새로운 인프라 수요의 발생

따라 인프라 공급형태로서의 공공의 위상이 재인식되면서 스마트 혁명 등 테크놀로지의 수용과 지구환경 인식의 전환 등으로 지속가능한 새로운 인프라의 재구축과 전환이 가속화된다.

2000년대에 들어와서 통신·방송·신문 그리고 인터넷은 IP 네트워크 기반의 대용량이라는 디지털 빅뱅 시대를 맞이하고 있다. 100년 이상 지속되어온 IT 인프라의 공급구조가 급속하게 재편된 것이다.

2000년대 후반 아이폰으로 촉발된 스마트 혁명의 도래로 네트워크의 경제성은 더욱 복잡해지고 우리의 생활세계도 변혁을 거듭하고 있다. 네트워크란 추상적으로는 어떤 관계하에 어느 정도까지 계속적으로 연결되어 있는 관련 단위의 통일체(統一體)라고 할 수 있다[1]. 연결이라는 단위를 어느 정도로 설정할 것인가에 따라 다르지만, 스마트 혁명은 사람·사물·공간을 초연결하고 스마트그리드, ITS 등 기존 인프라를 재편하는 강력한 엔진으로 기능하고 있다.

스마트 융합 IT, 에너지, 교통 등의 분야에서 점차 가시화되고 있는 메가트렌드와 환경문제 및 지속가능성 등의 관점에서 네트워크 개념의 확장과 인프라 구조의

변화는 불가피할 전망이다.

이러한 맥락에서 정보통신망은 사람과 사람 간의 정보통신 네트워크가 아니라 사람, 사물(기계와 수송), 에너지 등을 운반·제어하고, 관련 서비스를 생산·유통·소비하기 위하여 형성되는 '사실상 모든 것의 네트워크'이라는 관점에서 만물지능통신망으로 나아가고 있다고 할 수 있다. 동시에 스마트 혁명에서 견인된 소셜 미디어의 급속한 보급은, 사람 간의 초연결(hyper connection)에 끝나지 않고, 사물(기계), 에너지, 공간 그리고 시스템 간 등 모든 것의 총체적 초연결 사회로 나아가게 하고 있다[2].

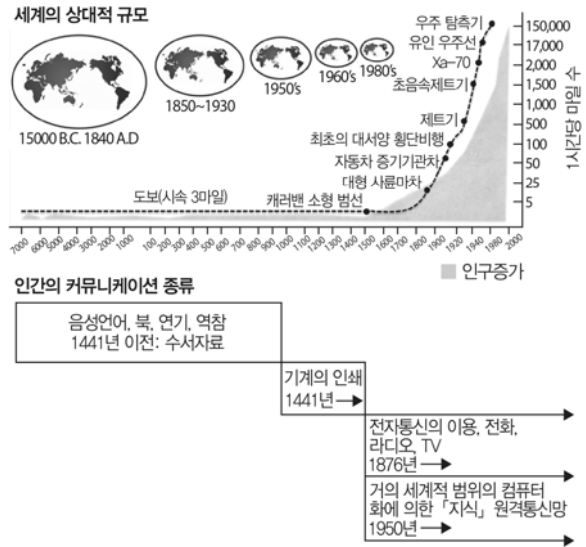
이상과 같이 디지털 기술혁신과 스마트 혁명 등으로 네트워크 개념의 외연적 확대 그리고 저탄소·녹색혁명 등과 같은 국가경영 전략수요 등을 고려할 때, 차세대 스마트 인프라로의 대전환은 이미 궤도에 진입했다고 할 수 있다. 본고에서는 현재는 정보통신, 전력 및 에너지, 교통과 수송 등에 관한 산업구조, 인프라의 공급방식 등이 엄격히 분리되어 있지만, 10~20년을 전망한 중장기적 관점에서는 만물지능통신 기반의 정전교(情電交)·초연결 인프라로 진화되어 갈 것이라는 전제하에서 논의를 전개한다.

이러한 인식을 기저로 미래 스마트 인프라의 준거틀(frame of reference)로서의 정전교·초연결 인프라에 대한 문명사적 관점의 의미를 고찰한다. 그리고 이러한 초연결 인프라의 발전과정과 재편 구도 그리고 차세대 스마트 인프라의 통합플랫폼을 제시한다.

II. 문명사적 관점에서 본 인프라 간 공진화 과정

1. 교통·에너지·통신 인프라의 공진화

유사 이래 인류가 사용하는 동력원은 물, 바람 등의 자연 자원과 말 등 가축이었다. 인류 역사에 있어서 교통과 에너지, 교통과 통신, 통신과 에너지는 거의 같은



〈자료〉: Office of Technology Assessment, 1986, p. 222.

(그림 2) 교통과 통신 수단의 발전과 지구의 수축

추세와 맥락으로 발달하여 왔고 공통 기반 기술이 되어 인류의 발전에 공헌하여 왔다. (그림 2)는 언어와 문자, 인쇄술, 정보통신 등 인간 커뮤니케이션의 발전과 인간의 이동수단의 혁신으로 물리적 지구가 상대적으로 급속하게 수축되어 전자적 지구축화되어 가는 상황을 상징으로 보여 준다.

이렇듯 인류의 역사 과정을 살펴보면, 통신과 교통 인프라가 국가 경제발전에 수행한 역할을 지대하다. 예를 들어 로마 제국은 10만 km의 도로를 정비함으로써 광범위한 영토통치와 교역에 의한 경제발전을 가능하게 했다. 20세기 미국의 융성을 가능하게 한 견인차는 항공기와 주간 고속도로라고 해도 과언이 아니다.

그러나 18세기에 들어와서 증기기관의 등장으로 모든 것이 달라졌다. 최초의 증기기관은 탄광에서 물을 퍼 올리는 데 사용되었지만, 1782년 스코틀랜드의 기사인 제임스 와트가 발명한 새로운 증기기관은 기계의 동력원으로 이용되었다. 그 후 1803년 영국의 리처드 트레비딕(Richard Trevithick)은 세계 최초로 사람을 실어 나르는 증기엔진 자동차를 만들었다[3].

한편, 이러한 과정을 통하여 증기라는 동력원은 사람

들의 생활을 바꾸고, 여러 산업에서 사용되어 기관차는 물론 선박과 자동차 그리고 엘리베이터를 움직이고 결국 가정에 전기를 끌어오는 증기터빈이 탄생했다. 증기 기관은 산업과 수송에 대혁명을 가져왔다. 그렇지만, 가솔린 엔진과 20년 이상 경쟁한 결과 움직이는 데 시간이 걸리고 가솔린 엔진 만큼 편리하지 않았기 때문에 도로의 주인공이 되지는 못하였다.

가솔린 엔진으로 대표되는 내연기관은 당초 건물 안에서 산업용 기계를 움직이는 데 사용되었다. 그러나 내연기관은 보다 가볍고 효율이 뛰어난 엔진으로 진화하면서, 자동차에 널리 사용되는 범용 기술(General Purpose Technology: GPT)이 되었다. 그리고 자동차는 인류의 생활필수품이 되어 20세기 수송방법을 혁신하였다. 이처럼 교통과 전력은 사실상 하나의 시스템에서 발전하여 서로 시너지 효과를 창출하여 온 태생적인 초연결 인프라라고 해도 과언이 아니다.

교통과 에너지는 한 몸과 같은 일체형 인프라를 지향하듯 통신과 에너지도 한층 접근하여 마치 하나의 인프라를 지향하듯 서로 수렴하고 있다. 일찍이 고대의 메시지 전달방식으로는 봉화와 북을 사용했다. 로마인은 깃발을 흔들며 한 문자씩 메시지를 전달하는 방법을 고안했다.

그리고 17세기에 들어와서 프랑스에서는 완목(腕木) 통신을 발명하였다. 완목 통신이란 막대기 끝에 경첩으로 움직이는 팔이 달린 데서 이름이 붙여졌다. 완목을 이용하여 네트워크를 만들어 멀리 떨어진 장소까지 부호화한 메시지를 잇달아 전달하였다. 19세기에 들어와서는 전신과 전화, 20세기에 들어 와서는 무선통신, 모바일 그리고 인터넷 등이 발명되면서 통신의 대혁명을 가져왔다.

기계식 계산기는 지금으로부터 350년 이전에도 존재하였다. 그러나 20세기 초에 삼극진공관이 발명되면서 새로운 형태의 계산기, 즉 전자 컴퓨터가 탄생하였다. 컴퓨터는 계산기와 달라 프로그램을 수행하는 것이 가능하다.

다시 말해서 메모리(기억장치)가 있어서 명령을 기억할 수 있었다. 초기의 컴퓨터에는 진공관이 수천 개나 사용된 거대한 기계였다. 그러나 1947년 벨 연구소의 과학자에 의하여, 무척 작은 진공관인 트랜지스터의 발명으로 컴퓨터의 세계를 크게 변화시키는 계기를 만들게 된다. 트랜지스터는 컴퓨터 기술뿐만 아니라 오락과 커뮤니케이션의 세계에도 혁명을 가져왔다.

삼극진공관을 조그마한 몸체에 집적해 넣은 트랜지스터는 트랜지스터 라디오, 휴대형 TV, 레코드 플레이어 등 소형이면서도 저렴한 전자기기를 잇달아 탄생시켰다. 사이즈는 더욱 작아져 마이크로 칩이라는 더 이상 교체할 수 없는 부품으로 변신하여 오늘날 우리의 삶의 방식을 만들었다.

〈표 1〉은 100년 전부터 현재에 이르기까지 전 세계에서 어떤 회사가 시가 총액규모에서 상위 10위에 드는지 조사한 자료[4]이다. 100년 전에는 철도회사 4개사를 비롯하여 철도, 철도, 석유 기업들이 상위를 차지하였고, 30년 전에는 IBM과 엑슨, AT&T가 포함되었다. 2010년에는 애플과 마이크로소프트 등이 톱 10에 들어왔다.

〈표 1〉 시가 총액 세계 Top 10 기업

	Approx. 100 Years ago (around 1900)	30 Years ago (1985)	Present (2010)
1	North Western Railway	IBM	Exxon Mobil
2	Pennsylvania Railroad	Exxon	Petrochina
3	Union Pacific Railroad	AT&T	Apple
4	Southern Pacific Railroad	GE	Microsoft
5	U.S. Steel	British Telecommunications	Industrial and Commercial Bank of China
6	Standard Oil	Sumitomo Bank	China Mobile
7	Tennessee Coal	Tokyo Electric	China Construction Bank
8	JP Morgan and Company	Deutsche Bank	Berkshire Hathaway
9	City Bank of New York	Mitsubishi Bank	Wal-Mart Stores
10		DuPont	P&G

〈자료〉: Softbank Next 30-Year Vision, 2010.

손정의 소프트뱅크 그룹 회장은 톱 10의 조건은 그 시대 사람들에게 가장 필요한 기업, 즉 사람들이 가장 원하는 기능을 제공한 기업들이었다는 공통 특성을 가지고 있다고 강조한다. 같은 맥락에서 이들 기업들은 산업혁명, 정보혁명의 선도기업들이고 교통, 에너지 그리고 통신은 당대의 사람들에게 가장 필요한 인프라이기 때문이라고 이해할 수 있다.

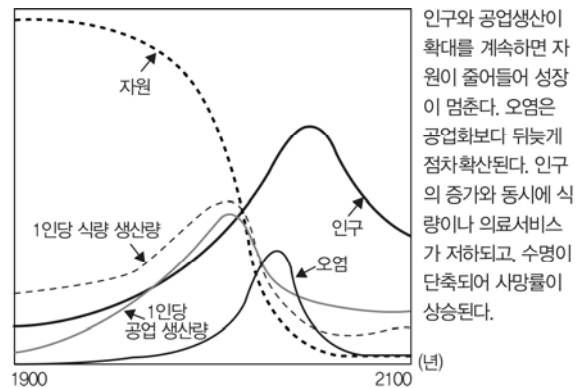
2. '우주선 지구호'의 운명과 인프라의 방향성

정보통신·교통·에너지 기술 등의 눈부신 발전에 힘입은 인류의 삶은 20세기 후반 뜻하지 않은 거대한 운명적인 복병을 만난다. 영국 태생으로 미국에 귀화한 케네스 볼딩(K.E. Boulding)은 「다가오는 우주선 지구호의 경제학(The Economics of the Coming Spaceship Earth)」에서 정보 기술과 에너지 문제 그리고 환경문제가 나아가야 할 공통과제를 예리하게 지적하였다.

볼딩에 의하면, 지금까지의 '열린 경제'에서는 무한자원을 전제로 하고 있다고 보고, 이를 미국 대륙의 프론티어 개척에 비유했다. 그러나 지구가 가진 자원이 유한하다는 인식이 확산되고 환경문제가 점차 심각화됨에 따라 열린 경제가 아니라 닫힌 경제, 다시 말해 '우주인 경제'시대가 도래하였다고 본다. 예컨대 무한한 지구가 아닌 유한한 하나의 우주선으로 비유한 것이다. 그 우주선의 내부에는 폐기물이 채워지고 에너지는 서서히 바닥나면서 자폭장치로서의 핵병기를 가득 싣고 있다고 주장한다.

1972년 로마클럽 보고서 「성장의 한계」는 우주선 지구호의 경제학에 힘을 실어주는 한층 실증적인 논리를 제공했다. 동 보고서는 MIT의 제이 포레스터 교수가 개발한 시뮬레이션 소프트웨어 '시스템 다이내믹스'를 구사하여, 성장주도의 경제 시스템은 머지않아 한계에 도달하며, 자원은 고갈되고 환경문제가 악화될 것이라고 경고했다.

동 보고서의 모델은 '과연 지구가 언제까지 인간의



(그림 3) 1972년 로마클럽이 제창한 지구의 표준 시나리오

서식을 보장할 수 있는가'라는 문제의식에 입각하여 인구, 식량생산, 공업화, 오염, 재생 가능한 천연자원의 소비라는 다섯 가지 커다란 경향을 천착했다. (그림 3)에서 보듯 모델에서는 식량생산 등이 산술급수적으로 밖에 성장하지 않음에 비해, 인구 등은 기하급수적으로 성장함에 따라 수요와 공급의 갭, 이에 따른 에너지 부족과 공해가 부각될 것으로 예측했다.

시뮬레이션 결과 인구증가와 환경문제 등 현재의 경향이 계속된다면, 100년 이내에 지구상의 성장은 한계에 직면할 것이라고 전망하고, 이를 회피하기 위해서는 인구증가를 억제하고 공업화를 늦추어야 한다는 결론을 내렸다. 동 보고서는 세계의 지도자들에게 충격을 던짐과 동시에 환경문제, 자원문제로의 의식개혁을 재촉하는 일대 계기가 되었다.

상기 로마클럽 보고서의 후속편이 1992년 「성장의한계를 넘어서, 지구 붕괴인가 지속가능한 미래인가」라는 제목으로 출간되었다. 지구의 붕괴를 막고 새로운 지속가능한 미래로 나아가기 위해서, 그래서 인류가 지속가능성을 추구하도록 하기 위해서는 농업혁명과 산업혁명에 버금가는 새로운 제3의 혁명이 필요하다고 주장한다.

이 후속편에서는 농업혁명은 8,000년 전 인류의 인구가 1,000만 명 시대에 이르게 되자, 당시 생계수단이었던 수렵활동으로는 살기 힘들어지게 되었고, 이를 해결

하기 위해 가축을 기르고 농사를 짓는 농업혁명이 일어나면서 농경시대가 시작됐다고 본다. 그러나 1750년대 무렵 지구 전체의 인구가 8억 명에 이르자 식량생산을 위한 토지와 에너지 부족에 직면하여, 나무 대신 석탄을 새로운 연료로 사용하는 혁명이 일어나게 되었는데 이것이 영국에서 촉발된 산업혁명이었다.

미국에서는 1900년대 초반 테일러-포드(Taylor-Ford) 생산 시스템의 확산으로 대량생산 시스템이 정착되기 시작했다. ‘과학적 관리법’이라고 불리는 테일러-포드 생산 시스템은 작업능률을 극대화하기 위해 컨베이어 벨트를 도입하였다. 테일러-포드 생산시스템은 대량생산뿐만 아니라 대량소비의 근간이 되어 인류문명을 고도 공업화 사회로 접어들게 하는 데 공헌했다.

1990년대 세계 인구가 50억 명을 넘어서자 인류는 사양할 짐승이 부족해서 농업혁명이 일어나고, 토지와 에너지가 부족해서 산업혁명이 일어났던 것처럼, 지금까지와는 전혀 다른 혁명적인 변화의 필요성에 직면하기 시작하였다. 지구환경의 자정능력이 한계에 직면한 것이다. 지구사회의 지속발전을 위한 또 하나의 혁명, 이른바 저탄소·녹색혁명이라는 새로운 응전을 선택하기에 이른다.

인류문명에 대한 의식개혁의 당연성이 논의되는 상황을 배경으로 2000년도 후반 선진국을 중심으로 지속가능한 지구사회와 이를 견인할 인프라 방향에 대한 새로운 이념이 구체화되어 왔다. 100년 후 22세기에도 인류가 풍요로운 생활을 누릴 수 있도록 하기 위해서는 미래 인프라로의 대전환이 필수불가결하다고 인식하기에 이른 것이다.

Ⅲ. 만물지능통신 기반·초연결 인프라의 발전 방향

1. 만물지능통신 기반·초연결 인프라의 부상

20세기가 물질의 풍요로움을 추구하는 세기였다면,

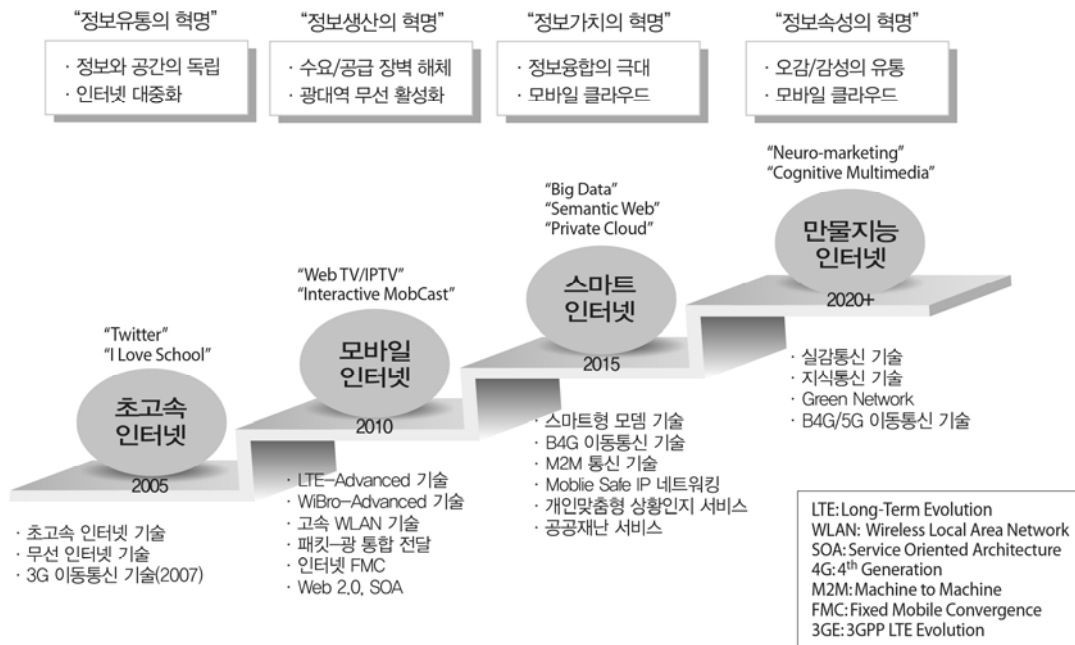
21세기는 지식·정보 그리고 지능의 세기라고 할 수 있다. 20세기에서 21세기로 세기의 전환기에 인터넷이 본격적으로 보급되면서 본격적으로 정보·데이터의 세기로 접어들었다. 그리고 21세기에 들어와 최초의 10년 동안, 스마트 혁명, 초연결 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, IoT(Internet of Things) 등 새로운 디지털 기술혁신으로 지식·지능의 세기가 점차 가시화되고 있다. 이에 따라 경제사회적 인프라 또한 새로운 산업과 사회적 수요를 수용하지 않으면 안 되는 상황으로 나아가고 있다.

이러한 상황에서 우리나라는 우리의 IT 강점을 활용함과 동시에 인류의 당면과제를 해결할 수 있는 방향으로 차세대 스마트 네트워크의 전략적 개념정립과 아키텍처 설계 그리고 기술개발에 대처하지 않으면 안 된다. 또한 차세대 네트워크는 10~20년을 전망하여, 현재의 인터넷의 구조적 한계를 극복하면서도 미래사회의 핵심 인프라가 되고, 이를 기반으로 인류의 발전과 신산업 창출에 공헌하는 방향으로 비전과 목표가 정립되어야 한다.

(그림 4)는 미래의 ICT 인프라가 지금까지의 초고속 인터넷과 모바일 인프라 시대를 거쳐 스마트 인터넷으로 발전함과 동시에 궁극적으로는 만물지능인터넷으로 진화할 것이라는 전망을 보여 주고 있다. 다시 말해서 정보의 생산, 재구성, 수집 및 활용이 인간 대 인간을 넘어 인간 대 사물, 사물 대 사물 사이에서 이루어지는 만물지능인터넷 혹은 만물지능통신시대로 나아갈 것이라고 본다.

만물지능통신은 도시를 구성하는 기본 요소인 사람·사물·공간을 쌍방향으로 연결하고 이들 간의 연결성이 선순환할 수 있는 경제사회적 시스템이 구축되는 미래 정보통신 개념이다. 만물지능통신 기반·초연결 인프라는 인간활동의 핵심 부문인 통신·에너지·교통을 최적화하고 생태학적 가치를 구현하기 위한 지속가능한 미래인프라 개념이다.

그럼 이러한 만물지능인터넷으로서 미래 네트워크가

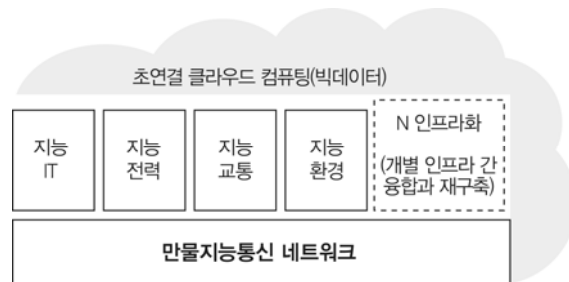


(자료): 이호진, ICT 인프라 발전 및 대응방향, 제7회 국가정보화 포럼 발표자료, 2012. 7. 19.

(그림 4) ICT 인프라의 발전 방향

수행해야 할 역할은 무엇일까? 스마트 디바이스의 보급과 SNS의 이용자 확대에 따른 웹의 클릭 스트림 데이터, 소셜 데이터 그리고 각종 센서 데이터 등 비구조화 데이터로서의 빅데이터 환경이 급속도로 진행되고 있다. YouTube와 같은 대용량 클라우드형 콘텐츠의 글로벌 유통 기업이나 구글, 아마존과 같은 인터넷 업체의 하이퍼 자이언트들은 사실상 독자적인 가상 네트워크를 구축하고 있다.

이는 미래의 네트워크가 서로 다른 요건을 갖는 무수한 애플리케이션과 초저대 빅데이터를 처리해야 하고, 이들 요구조건을 충족하는 거미줄 같은 유기체 네트워크가 보편적으로 존재하며, 이러한 다양한 네트워크를 수용하는 스마트 메타 인프라가 필요함을 웅변한다. 지금 우리는 지금까지의 네트워크 개념과 기존 인프라 존재 양식을 뛰어넘는 새로운 네트워크의 네트워크(Network of Networks: NoN) 개념을 정립하고, 이들 네트워크 수요를 수용하는 인프라의 인프라(Infrastructure of Infrastructures: IoI)를 설계하는 대담한



(그림 5) 万物지능통신 기반의 기존 인프라의 고도화와 새로운 초연결 인프라의 탄생

미래 아키텍처 구상이 필요하다.

(그림 5)는 미래 지능IT, 지능전력, 지능교통, 지능환경 등 다양한 핵심 애플리케이션을 수용하는 다양한 애플리케이션과 복수의 네트워크의 존재 환경을 보여준다. 동시에 이들 복수 네트워크는 초연결 클라우드 환경과 선순환 피드백 관계를 가지면서, 물리적·가상적으로 서로 융합되고 연결되는 N 인프라가 진행된다.

N 인프라는 하나의 물리 네트워크를 복수의 가상 네트워크로 운용하는 환경이다. 이처럼 수많은 애플리케이션

이선과 개별 네트워크를 물리적이고 가상적으로 포용하는 미래정보통신망을 만물지능통신네트워크(AToN: All Things on Network)라고 규정할 수 있다. 최근 부상하고 있는 소프트웨어 정의 네트워크(Software Defined Network: SDN)는 마치 컴퓨터 프로그램을 짜듯이 망의 운용과 관리를 소프트웨어적으로 프로그램화하여 중앙에서 제어하는 것으로, 만물지능통신 기반·초연결 인프라로 진화를 가속화하는 핵심 기술이라고 할 수 있다.

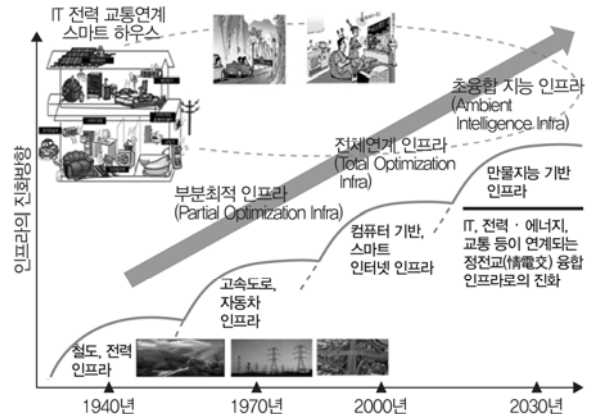
주지하듯 스마트 지능공간 정보는 우리가 살아가고 있는 지구와 우주까지 공간상에 존재하는 모든 자연 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보와 이와 관련된 공간적 인지와 의사결정에 필요한 모든 정보를 포괄한다. 날이 갈수록 지능공간 정보는 각종 개별 인프라 개발계획이나 전력·교통·물류·산업 등의 생산과 관리뿐만 아니라 행정·금융·유통·국방 등 거의 모든 분야에 걸쳐서 점점 다양하게 활용되고 있다.

이러한 스마트 지능공간 정보는 만물지능통신망과 초연결 클라우드 컴퓨팅 환경을 만나 기존 인프라를 고도화하고, 복수 인프라 간의 연결과 융합을 가속화한다.

특히 부처 간 국가공간 정보의 스마트 통합체계, 즉 상하수도, 가스, 전기, 전력, 통신, 송유, 난방 등 7대 지하시설물 정보와 각종 시설물 UFID(Unique Feature Identification) 등이 만물지능통신망을 기반으로 초연결화되고 일원적이 운영체계까지 갖춰진다면, 인프라 간의 시너지 효과는 극대화될 수 있다. 인프라와 인프라 간의 상호소통과 활용을 통하여 인프라 공급 부문의 융합 외부성과 인프라 수요 부문의 연결의 외부성을 극대화하는 만물지능통신 기반의 미래 인프라 생태계를 초연결 인프라(ambient intelligence infra)라고 명명할 수 있다.

2. 정전교(情電交)·초연결 인프라의 진화 방향

이상에서 고찰한 바와 같이 미래 인프라의 지향성은



(그림 6) 20세기 인프라와 21세기 인프라의 진화 방향

미래 지능기반 사회의 하부구조로서 그리고 저탄소·녹색성장, 저출산·고령화, 안심·안전한 삶 등 인류의 공통과제를 선구적으로 해결하는 방향으로 재발견되고 재구축될 것이다. 이러한 전제에서 바람직한 차세대 스마트 인프라의 전략적 콘셉트는 IT, 스마트그리드, 차세대 ITS가 유기체로서 엮여지는 정전교(情電交)·초연결 인프라가 될 것으로 전망한다.

(그림 6)은 20세기 산업화 과정에서 구축되고 운용된 교통 및 전력 인프라, 고속도로와 자동차 인프라가 부분최적을 추구했다면, 21세기 스마트 혁명은 기존 인프라 간의 전체 최적을 구현하고 있다는 관점에서 인프라 생태계의 과거·현재·미래를 가능하게 하여 준다.

(그림 6)에서 제시된 만물지능기반 인프라는 정보·에너지·사물의 이동과 제어라는 요구조건이 서로 다른 복수의 네트워크 아키텍처나 서비스를 동시에 수용하는 메타 인프라라고 할 수 있다. 미래인터넷의 핵심 기술로서 '네트워크 가상화(network virtualization)'라는 개념이 주목되고 있다. 컴퓨터 네트워크 자원을 가상화 기술에 의해 분리(resource isolation)하고, 다시 애플리케이션별로 특화하여 자유롭게 프로그램 가능한 '독립 네트워크'를 복수 공존하게 하는 기술이다.

뿐만 아니라 네트워크 가상화 개념은 기존 네트워크와 신규 네트워크의 동시운용에 의한 지속진화 가능성

의 실현이 가능하다는 점에서, 미래인터넷을 시험 운영하는 테스트베드 기능에 필수적으로 탑재되기도 한다. 동시에 단말 물리 인프라를 복수의 가상 인프라로 운용할 수 있게 한다.

이러한 가상화 기술을 서로 다른 복수의 인프라 아키텍처와 서비스를 동시에 수용하는 메타 인프라로서 활용하면, 만물지능통신 기반의 새로운 초연결 인프라 개념이 부상한다.

정전교·초연결 인프라는 지능형 전력망, 스마트 자동차와 지능형 교통체계 등 도시 전체의 하부구조가 동기화되면서 그 기반이 구축된다. 가령 스마트 자동차의 보급은 전기자동차의 전원충전 인프라를 통하여 시너지 효과를 드러낸다. 전원충전 시스템의 단말로서의 전기자동차와 스마트그리드가 연계된 인프라를 구축해야 하기 때문이다. 더 나아가 전기자동차를 무선으로 충전할 수 있는 모바일 전원 충전 인프라가 보급된다면, 전기자동차 인프라와 스마트그리드의 초연결은 한층 탄력을 받게 될 것이다.

정전교·초연결 인프라로의 진화는 강력한 유무선 네트워크와 클라우드 컴퓨팅 간의 선순환 피드백이 진행되면서 가속도가 붙을 전망이다. 스마트 미래인터넷은 전력·에너지 인프라와 교통 인프라와의 상호의존성을 증대시키면서 사실상 하나의 생태계로 작동하는 거대 유기체 인프라이기도 하다.

뿐만 아니라 물리적 공간에 수많은 초소형 컴퓨터가 탑재되는 엠비언트 컴퓨팅 환경이 성숙됨에 따라 물리 공간, 즉 우리의 현실세계와의 연결은 더욱 긴밀해진다. (그림 7)은 2020년대의 가정은 통째로 거대한 로봇이자 거대 컴퓨터 단말인 상황을 보여준다. 집안의 요소요소에 배치된 센서나 카메라가 집 안팎의 소음, 일광, 온도, 습도, 공기 오염 등을 측정하여 가족들에게 쾌적한 상태를 유지하도록 전체 최적으로 제어된다.

가족들이 입고 있는 파자마에도 웨어러블 센서가 부착되어 심장박동, 발한, 체온 등의 데이터를 자동으로



(그림 7) 정전교·초연결 거대 단말로서의 미래주택

흡 서버로 보낸다. 실내와 신체의 다양한 정보에 기반하여 필요한 작업을 컴퓨터가 처리하여, 집 안의 수많은 디바이스를 자동으로 제어하고 실시간 정보를 병렬적으로 처리한다. 실내의 공기가 오염되었다고 판단되면, 공기 청정기 기능 에어컨이 작동되고, 햇빛이 강하다고 느껴지면 자외선 필터가 작동된다. 미래의 주택과 빌딩은 부분 최적화된 수백 개, 수천 개의 초소형 컴퓨터가 네트워크로 연결된 디지털 유기체 공간이자 만물지능통신 기반·초연결 인프라의 핵심 구성요소이다.

만물지능통신 환경의 사물은 대상별로 다양한 시스템을 구성한다. 전력 시스템에 연결되는 무수한 가전제품, 교통 시스템과 일체화되어 있는 도로와 교량 그리고 신호체계와 가로등 등이 일종의 생태계를 구성한다. 정전교·초연결 인프라는 디바이스로서의 부분 최적화, 인프라로서의 전체 최적화 그리고 부분과 전체가 어우러진 공감형 최적화를 추구하는 방향으로 나아갈 것이다.

이처럼 2020년을 시계로 하는 미래사회에서는 우리의 생활이 IT·에너지·교통 시스템 간의 경계를 의식하지 못하는 초연결 네트워크, 초연결 인프라로 생태계의 전이가 진행되어 간다. 아마도 이러한 추세는 2020년대의 정전교·초연결 인프라 시대를 거쳐, 2030년에는 미래인터넷·분산 에너지·스마트 지능형 교통이 살아 있는 하나의 시스템으로 작동하는 정전교·공감형 인프라로 진화되어 갈 것이다.

IV. 만물지능통신 기반·초연결 인프라의 재편 구도

1. 정전교·초연결 준거틀로서의 SoS 모델

세계적인 석학 제레미 리프킨은 화석연료로 구축한 산업 인프라와 이에 기반한 생활양식은 일몰과 같이 서서히 저물고, 재생 에너지와 인터넷 기술이 융합된 ‘강력한 제3차 산업혁명’이 발생하고 있다고 주장한다. 수 억 명의 사람들이 집과 사무실, 공장 그리고 이동현장에서 스스로 녹색 에너지를 생산하고, ‘에너지 인터넷’ 안에서 서로 에너지 정보를 공유하는 청사진을 펼쳐 보인다. 그는 3차 산업혁명을 통해 수천 개의 비즈니스와 수백만 개의 일자리가 창출되고, 수평적 관계가 정립되고 경제·사회·문화·교육 전반에 변화의 바람이 불어올 것이라고 말하면서, 지금 준비하지 않으면 안 된다고 웅변한다[5].

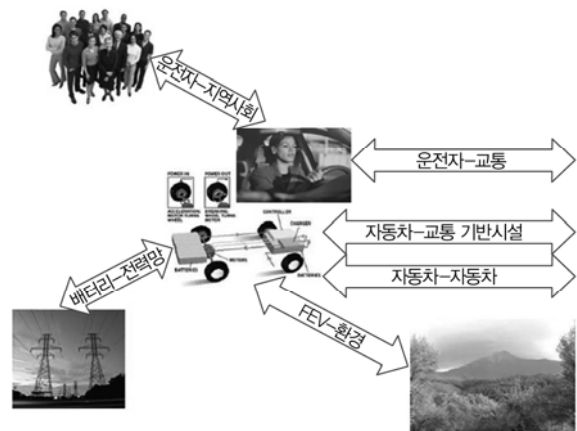
3차 산업혁명으로 전환되는 과도기라고 할 수 있는 지금도, IT는 모든 핵심적 사회·경제적 과정에 주요 기초 기반시설을 제공함과 동시에 모든 산업에 걸쳐 일어나는 대부분의 혁신에 가장 큰 영향을 미친다. IT는 세계 경제에 지극히 중대한 기반시설을 제공하며, 인류가 당면한 사회적 과제를 해결하는 데도 더욱 필수불가결해지고 있다. 사회적 혁신이란 수많은 사회적 요구를 충족하는 새로운 전략과 개념, 아이디어, 조직을 일컫는다. 기술혁신이 일어나면 사회적 혁신을 고무한다. 또한 사회적 요구를 충족하는 시스템을 구축하고자 하는 욕망에 의해 기술혁신도 일어날 수 있다.

특히 스마트 혁명은 성숙된 기존 기술이 차세대 기술로 대체된 전형적인 비연속적 이노베이션(discontinuous innovation) 사례이다. 비연속적 이노베이션은 메인프레임 컴퓨터가 PC로, 진공관 라디오가 트랜지스터 라디오로 이행된 사례에서 보듯, 그 과정에서 기존 기술의 단순한 연장이 아니라 양자 간에 기술적 단절이 존재한다. 스마트폰은 단말성능의 획기적 혁신으로 서비스 공급의 기축을 통신사업자 네트워크 외부로 이동시킴으로

써, 통신사업자의 개입 양상이 크게 변화하는 새로운 비즈니스 모델로 패러다임 변화를 가져왔다.

EU의 ISTAG(The Information Study Technology Advisory Group)는 “인터넷이 실질적으로 장소와 시간의 제약 없이 이용 가능한 글로벌 기반시설로서 빠르게 보급되면서, 시간과 거리를 초월하는 새로운 차원의 통합을 이끌었다”고 진단한다. 역사적으로 전 세계적으로 보급된 시스템이 오늘날처럼 이토록 유기적으로 연결된 전례가 없었다고 전제하고, ICT는 ‘시스템의 시스템’, 즉 메타 시스템(System of Systems: SoS)의 기축점이 되고 있다고 본다[6]. SoS 패러다임은 초거대 시스템에 적용하는 복잡성 관리모델이다. 공통목표를 공유하는 수많은 구성요소로 이루어지며, 전체구조(아키텍처)와 상호작용(인터페이스)을 중시하는 사회생태학적 인식에 기반을 둔다.

ISTAG 보고서는 이러한 SoS 개념을 적용하여 편익을 얻을 수 있는 사례로 전기자동차 에코 시스템(Fully Electrical Vehicle ecosystem: FEV)을 들고 있다. (그림 8)에서 보듯 FEV는 전기자동차와 교통 시스템, 스마트 그리드 등을 구성하는 하위 시스템들과 초연결되어 있고, 이들 시스템들은 각각의 복잡성을 가지고 있다. 그러나 전체 체계로서의 교통 시스템을 관리할 경우, 각 하위 시스템 사이의 인터페이스를 표준화함으로써 하위



(그림 8) 정전교·초연결 모델로서의 FEV 생태계

시스템 내부의 복잡성과 무관하게 전체 체계의 관리가 가능하다.

유기적 생태계로서의 FFEV 관련 구성요소는 배터리, 전력망, FFEV, 운전자, 지역 공동체, 환경, 그 밖의 자동차, 교통 기반시설 등으로 이루어진다. (그림 8)에서 보듯 해당 인터페이스는 화살표로 표시하고 있다. 동 인터페이스 명세서에는 기술 명세서뿐만 아니라 해당 인터페이스 사용 계약서도 포함되어 있다.

따라서 동 인터페이스는 FFEV와 배터리 그리고 전력망 간의 인터페이스를 의미하는 개념이다. FFEV 사용 대수가 충분해지면, 막대한 가용전력 저장장치를 확보하는 셈이 된다. 하루 종일 생성된 분산 에너지를 저장하기 위해 저장 용량을 적극적으로 활용할 수 있다. 결과적으로 보다 효율적으로 태양 에너지를 활용할 수 있게 되면서 ‘에너지 인터넷’이 구현되고, 초연결 인프라로서의 미래도시의 생태계로 작동하게 된다고 할 수 있다.

2. 만물지능통신 기반 · 초연결 인프라의 재편 구도

사람 · 사물 · 공간 그리고 시스템(인프라)이 초연결되는 만물지능통신 환경에서는, 모든 사물이나 시스템이 추상화 내지 논리화된 네트워크를 구성하는 노드(결절점)와 그 노드 간의 연결(링크)로서 인식될 수 있다.

네트워크 등 현실세계의 시스템을 가상화하여, 하나의 네트워크를 복수 네트워크로, 하나의 기기를 복수처럼 활용하는 소프트웨어 네트워크 정의(SDN) 기술 등이 진화하면 현실세계의 모든 시스템을 네트워크상에서 가상적 혹은 추상적으로 구현할 수 있다.

추상화된 노드와 링크는 PC나 가전 등과 같이 추상화 이전의 사물, 또는 전력 시스템, 교통 시스템 등 시스템 고유의 특징과는 상관없이 이종 시스템을 연결하는 소프트웨어 정의 시스템(SDS: Software Defined System)으로 인식될 수 있다. 다가오는 만물지능사회에서는 인터넷상에 무수한 새로운 노드와 링크가 대량으로 발생하기 때문에 이들 새로운 노드와 링크를 어떤 식으로 재

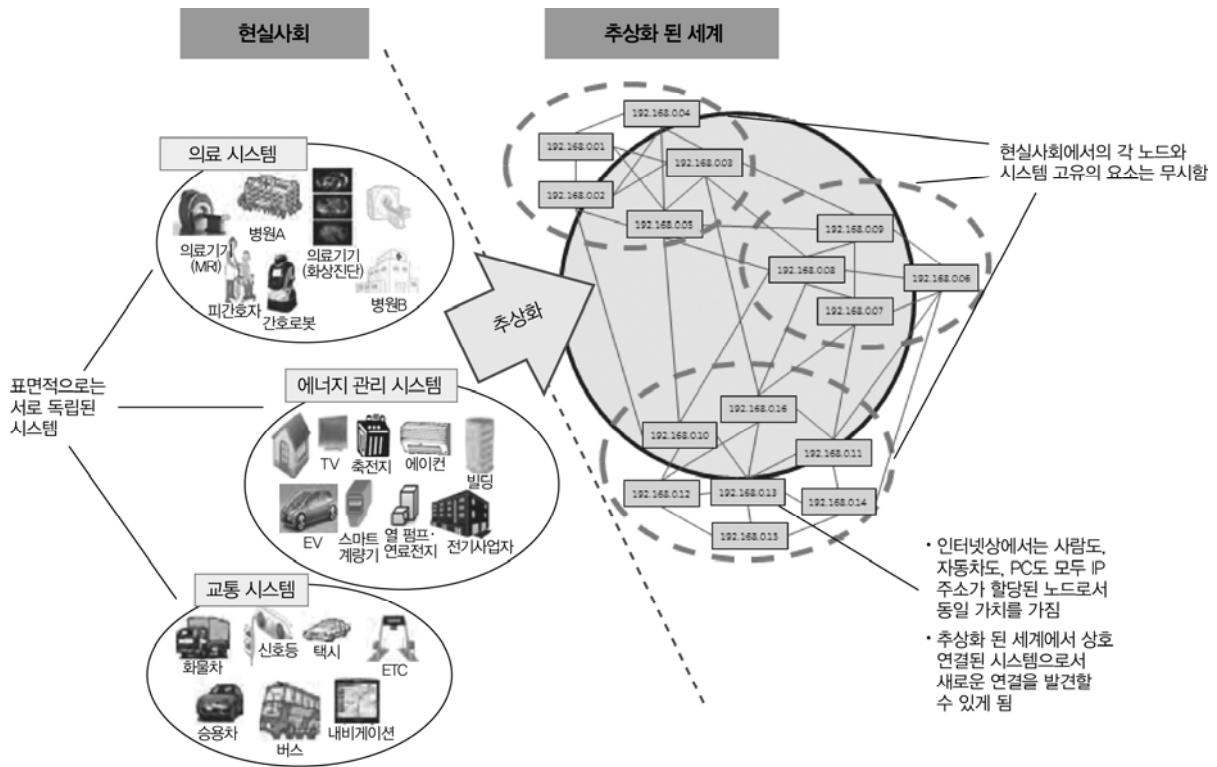
구성하여 새로운 시스템으로 만들어낼 것인가가 중요해진다.

일본 정부의 산업구조심의회에서는 세계와 일본이 안고 있는 환경문제와 의료문제 등 사회적 과제에 대응하기 위해서는 모든 산업 · 시스템을 고차화(高次化)하는 과제 해결형 사회시스템을 대담하게 구상할 것을 제안하고 있다[7]. 이 제안에서는 지금까지의 ‘사람과 사람을 연결하는 네트워크 시대’를 뛰어넘어 ‘모든 사물과 사물, 사물과 사람을 연결하는 사회’로의 혁신모델로 ‘스마트 커뮤니티’ 개념을 제시하고, 동 개념의 도시를 실현하는 데 요구되는 물리적 시스템과 추상화 시스템 간의 재구성 논리를 (그림 9)와 같이 설명하고 있다.

(그림 9)에서는 디지털화와 네트워크화에 의하여 모든 사물이나 사람은 네트워크를 구성하는 노드로서 동등하게 인식되지만, 추상화된 노드와 링크의 집합을 재구성함으로써 현실사회에 있어서 새로운 경제적 가치를 창출하는 것이 가능한 새로운 사회시스템으로 전환할 수 있는 논리구도를 보여준다. 이를 위해서는 기존의 산업 시스템의 체계에 의존할 것이 아니라 서로 다른 산업, 기술, 사업, 시스템 그리고 지역과의 초연결이 이루어지는 플랫폼이나 인프라의 창출이 필요하다.

현실사회에 있어서 의료 시스템, 에너지 관리 시스템 그리고 교통 시스템 등은 표면적으로는 상호 독립된 시스템이다. 그러나 인터넷상에서는 사람도 자동차도 PC도 IP 주소를 배정받은 노드로서 등당한 가치를 지닌다. 바로 이 추상화된 세계에서는 서로 연결된 시스템으로서 새로운 연결 고리를 찾는 것이 가능하다. 즉 추상화된 노드와 링크를 재구성함으로써 표면적으로는 별도의 시스템으로 보이는 기기나 시스템을 융합하여 새로운 의미가 부여된 혁신적 서비스를 탄생시킬 수 있는 것이다.

차세대 도시로서의 스마트 시티는 특정 지역을 통째로 저탄소 · 녹색도시로 재구축하려는 구상이다. 이러한 스마트 시티를 실현하기 위해서는 IT와 재생가능 에너지 등 광범위한 첨단기술을 동원하여 종합적인 시점으로 새로운 사회 인프라를 구축하는 것이 요구된다. 동시



〈자료〉: 日本 經濟産業省 産業構造審議會, 參照資料, 2011. 7.

(그림 9) 물리적 인프라의 추상화 인프라로의 재구성

에 시민들의 라이프 스타일 변화도 수반되어야 한다.

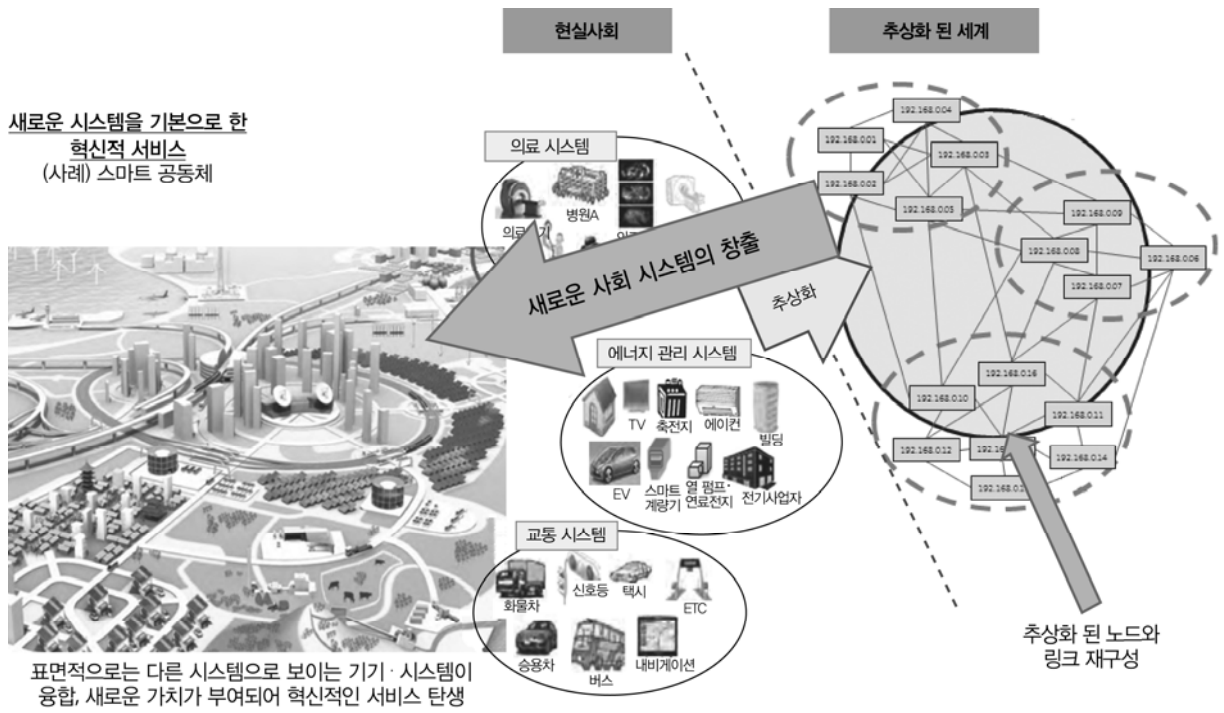
스마트 시티에서는 전기자동차(EV), 축전지, 스마트 미터 등이 스마트 네트워크 단말의 형태로 연결되고, 전력망이 양방향화되거나 자동차가 스마트 시티 내의 움직이는 소형발전소로 인식될 수 있다. 그 결과 전력 시스템이나 도시 교통 시스템 나아가 가전이나 주택 자체의 기능과 수행하는 역할이 재정의된다. 도시공간에 있어서 노드와 링크가 새롭게 탄생하게 되어, 저탄소 사회의 창출, 미래도시 자체의 최적설계 등 새로운 의미가 부여된 가치창출이 가능해진다.

지금까지 고찰한 바와 같이 만물지능기반 사회에 있어서는 IT에 의하여 생겨나는 기존 산업을 뛰어넘는 본질적인 변화의 2단계 프로세스가 필요하다. 먼저 디지털화·네트워크화에 의한 추상화 프로세스가 필요하다. 현실사회의 교통 시스템, 에너지 관리 시스템, 의료 시스템은 각각 별도의 시스템을 구성한다. 이러한 물리적

사물이나 시스템을 IP로 처리하여, 논리화하는 사이버 세계에서는 추상화된 노드와 링크로 재구성할 수 있다.

(그림 10)에서와 같이 추상화된 인프라를 초연결·현실 인프라로서 실제화하는 다음 과정에서, 미래 네트워크의 핵심 기술인 슬라이스(Slicing a Network of Networks) 기술이 확장적으로 원용될 것이다. 슬라이스란 네트워크 전체에서 일종의 예약이 가능한 컴퓨터·네트워크 자원의 집합체이다. 현재의 네트워크도 전화망을 비롯하여 패킷 네트워크, 센서 집적 및 분배 네트워크, 클라우드 액세스 네트워크, 영상 분배 네트워크, 방송전송 네트워크 등이 각 슬라이스 자원의 형태로 네트워크가 구성되어 있다.

또한 미래네트워크 환경에서는 각 슬라이스 자원을 이용하여 독립적으로 창조할 수 있는 다양한 이종 네트워크군이 부상할 것이다. 이러한 개념과 상황을 확장하여 보면 에너지 네트워크, 교통 네트워크 등을 거대 슬



(그림 10) 추상화한 인프라의 현실사회로의 실체화

라이스(이종 시스템 혹은 사업자 네트워크)로 볼 수 있고, 또 이러한 메타 슬라이스를 구현하는 과정이 바로 미래 만물지능통신 기반·초연결 인프라를 실현하는 메타 아키텍처가 될 수 있다.

디지털화·네트워크화됨으로써 모든 사물이나 사람은 네트워크를 구성하는 노드로서 동등 가치로 인식된다. 즉 만물지능통신 시스템상에서 노드와 링크의 집합을 재구성함으로써 스마트 시티와 같은 차세대 인프라의 설계가 가능해지고, 그 결과 현실사회에 있어서 새로운 경제적 가치를 창출하는 스마트 사회시스템으로 재구성된다. 향후 이러한 차세대 스마트 사회시스템은 만물지능 인프라의 형태로 점점 그 모습이 구체화될 것으로 전망된다.

VI. 총괄: 초연결 인프라를 지향한 합의 도출

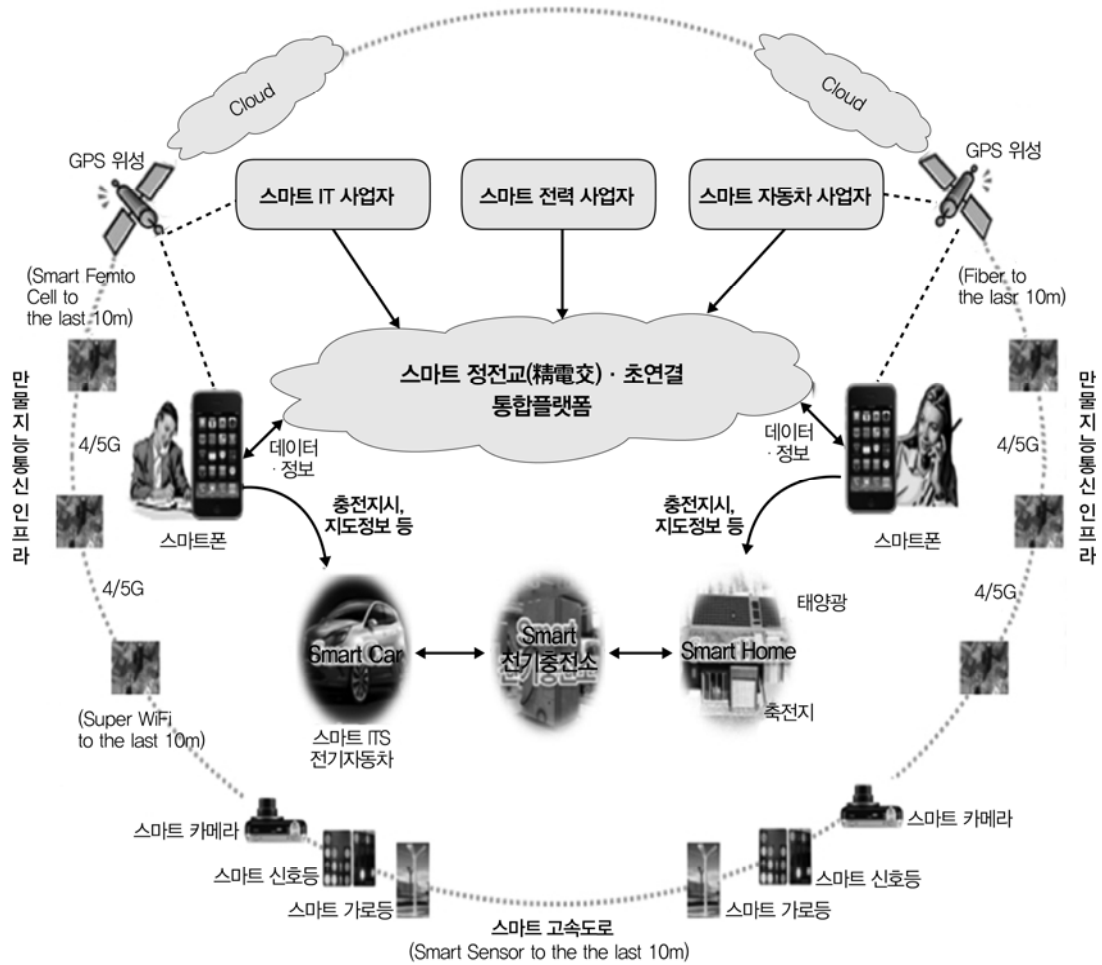
이상에서 만물지능통신 기반·초연결 인프라 개념의

부상 배경, 정보·전력·교통 인프라 간의 공진화, 초연결 인프라의 발전 방향과 재편 메커니즘을 고찰하여 보았다.

초연결 인프라의 대전환이 다소 생경하게 받아들여질 수 있지만, 우리의 예상보다 훨씬 빠르게 현실 인프라로 자리잡을 수 있는 잠재성에 대하여 ‘제3차 산업혁명’의 저자 제레미 리프킨의 메시지를 인용하기로 한다.

‘마치 휴대폰의 혜택을 오랫동안 못 받던 아프리카 대중들이 처음부터 스마트폰을 쓰는 것’과 같은 이치다. 현재 아프리카의 스마트폰 구입자는 상상을 초월할 정도로 많다. 제3차 산업혁명도 오히려 선진국보다 개발도상국에서 더 쉽게 받아들일 것이다[8].

(그림 11)은 초연결 인프라 환경에서는 단순히 인프라를 공급하고 판매하는 것이 아니라, 다양한 연계 인프라 서비스를 기반으로 복수 인프라 간의 연계화·서비스화가 일어나는 스마트 정전교·초연결 플랫폼 구도를 보여준다.



(그림 11) 스마트 정전교·초연결 통합플랫폼 구조

그러나 이 과정은 수많은 해결과제가 산적되어 있다. 스마트그리드와 ITS가 만물지능통신생태계로 편입되기 위해서는 Non IP(E2E) 네트워크 프로토콜과 기존 IP 프로토콜과 상호 운용되는 기술개발과 표준화 추진도 핵심 과제다. 미래인터넷, 스마트그리드, 지능형 ITS라는 가상화 네트워크를 관리·제어하는 통합 시스템도 개발되어야 한다. 복수의 가상화 노드에 지시를 하여 이들 가상 네트워크를 동적으로 구축하여, 애플리케이션에 특화된 네트워크를 안전하고 고품질로 관리·제어하기 위한 논리 네트워크의 구축과 운용은 담대한 연구개발 과정을 요구한다.

하나의 물리적 네트워크 자원, 컴퓨팅 자원 그리고 스

토리지 자원에서 복수의 가상 네트워크를 구축하는 가상 네트워크 기술과 운용경험의 확보도 스마트 정전교·초연결 인프라의 경쟁력 확보를 위한 불가결한 선택이다. 기본적인 고품질 서비스, 재해 시의 긴급 서비스 그리고 방대한 사람, 사물, 공간이 엮어지는 초연결 환경을 상정한 네트워크 가상화 기술, 소비전력을 극도로 억제하면서도 초대용량 통신을 실현하는 미래 네트워크 기술 등도 퍼스트 무버로서 확보해야 하는 핵심 기술이다.

또한 이러한 메타 네트워크 아키텍처의 실현을 위한 이중 네트워크·디바이스 연동 및 확장기능 개발, 이러한 확장기능을 테스트할 수 있는 실증 연구망 기반 확

중, 사회적 적용을 상징한 경제적 유용성과 사회적 편리성 그리고 글로벌 표준화 전략도 함께 대응해가야 한다.

이러한 초연결 인프라가 선구적으로 정착되기까지는 지난 20년간 방송과 통신의 융합을 둘러싸고 시행착오와 이해관계자 간의 갈등이 반복되어 왔듯이, 그 추진방식과 공급형태 등을 둘러싸고 기득권의 강력한 저항 등 주도권 다툼이 발생할 수 있을 것이다.

지금까지는 IT, 전력·에너지, 교통·수송에 있어서 각각의 독자적 생태계 속에서 개별 인프라와 시스템의 효율성을 위한 인프라 간 상호보완 단계에서는 문제점이 노출되지 않았다. 그러나 개별 인프라 간의 상호진입과 상호운용이 현실문제로 부각되는 인프라 간 상호대체 단계에서는 주도권 확보 다툼이 부처 간, 산업 간, 이해관계자 간에 다양하게 표출될 것이다.

그것은 기존 인프라의 창조적 해체와 신규 인프라로의 재편, 정전교·초연결 인프라로의 대전환 과정에서 있을 수 있는 구조적 문제이기도 하다. 또 한편으로 제레미 리프킨이 주장하듯 경쟁과 적자생존에서 협력과 평등 그리고 상생과 공존이라는 공감의 확산이라는 호모엠포티쿠스(공감하는 인간)의 탄생과 분산 에너지와 분산 네트워크라는 새로운 세계 경제체제의 출현[9]이

대전환기의 이행을 앞당길 수도 있다. 결국 이러한 갈등과 소모적 대립을 최소화하면서, 21세기 지식·지능시대의 초연결 인프라 건설에 성공하는 국가가 진정한 선진 일류 국가 대열에 신속하게 진입할 수 있게 될 것이다.¹⁾

약어 정리

AToN	All Things on Network
FEV	Fully Electrical Vehicle ecosystem
GPT	General Purpose Technology
IoI	Infrastructure of Infrastructures
ISTAG	The Information Study Technology Advisory Group
NoN	Network of Networks
SDN	Software Defined Network
SDS	Software Defined System
SoS	System of Systems
UFID	Unique Feature Identification

참고문헌

- [1] 林紘一郎, ネットワークキングの経済學, NTT出版, 1994.
- [2] S. Dutta and B. Bilbao-Qsorio, The Global Information Technology Report 2012: Living in a Hyperconnected World, World Economic Forum, 2012. <http://www.weforum.org/issues/global-information-technology/index.html>
- [3] Dorling Kindersley, How Nearly Everything was Invented, A Penguin Company, 2006.
- [4] M. Son, "SOFTBANK Next 30-Year Vision," SoftBank, June 25th, 2010.
- [5] 제레미 리프킨, 3차 산업혁명, 안진환 옮김, 민음사, 2012.
- [6] EU, Orientations for EU ICT R&D & Innovation beyond 2013: 10 KEY RECOMMENDATIONS, 2011. 7. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/istag>

용어해설

만물지능통신 기반 네트워킹 및 컴퓨팅의 대상으로 사람·사물(기계)·공간 그리고 시스템으로 확장한 미래정보통신 생태계. 조(兆) 단위의 사물과 디바이스가 상시 발신하는 데이터를 네트워크를 매개로 활용하는 서비스가 실현됨.

정전교(情電交)·초연결 인프라 정보·스마트그리드·ITS 등에 특화된 가상화 네트워크를 동시에 구축하여 각각의 서비스 별로 서로 다른 가상 네트워크와 표준화를 실현함으로써 마치 하나의 인프라처럼 작동하는 미래 인프라 환경

SoS(System of Systems) 모델 복잡한 이종 시스템의 관리와 진화 그리고 공통목표를 실현하기 위하여, 시스템과 시스템 간을 연결하여 주는 인터페이스 역할과 전체 구조(아키텍처)를 중시하는 전략적 접근 모델

스마트 정전교·초연결 통합플랫폼 정보·에너지·교통의 흐름을 양방향·통합적으로 연계하여, 소비자와 공급자 간의 실시간 연결과 전체 최적 제어를 통해 가치를 창출하고 진화하여 가는 미래 네트워크 산업 플랫폼

1) 포스트 스마트 IT 패러다임으로서의 만물지능통신 메가트렌드, 주요국의 추진동향, 단계별 구축전략과 국가비전 등에 대한 포괄적 접근으로, 하원규·최문기, Super IT KOREA 2020: 만물지능화IT 입국, 전자신문, 2009; 하원규·황성현, Super IT Korea 2030: 만물지능혁명국가, 전자신문, 2011,을 각각 참고할 것.

[7] 經濟産業省·産業構造審議會, 情報經濟革新戰略, 2010. 5.

[8] 매일경제, “EU는 제3차 산업혁명의 연구실…리더는 아

시아,” 2012. 6. 30.

[9] 제레미 리프킨, 공감의 시대, 이경남 옮김, 민음사, 2010.