

에너지 통신 네트워크 융합의 꿈: 한국 전력선 통신(Power Line Communication)의 태동과 전개

김성원(서울대)

1. 머리말

2000년대 초에 접어들면서 전력선통신(Power Line Communication)이 21세기 정보사회를 상징하는 꿈의 융합기술처럼 부각되기 시작했다. 전력선 통신이 실용화되면 별도의 통신선을 깔 필요 없이 초고속 인터넷은 물론 홈오토크메이션(HA)을 비롯한 각종 서비스를 저렴한 가격으로 이용할 수 있을 것이라는 예측이 곧잘 신문 지상에 등장했다. 전력선통신(PLC)과 관련된 기술적인 진전이 발표될 때마다 초고속 전력선 인터넷이 멀지 않아 상용화 될 것이라는 전망이 나오기도 했다.

그렇지만 한국에서 본격적으로 기술 개발이 시작된 지 10여년이 지난 지금까지도 실생활에서 전력선 통신의 모습을 찾아보기는 쉽지 않다. 전력선 송배전 제어나 공장자동화(FA), 가택자동화(HA) 차원의 원격 조명 관리, 원격 검침 등과 같은 제어 영역에서 전력선통신이 활용되고 있을 따름이다. 아직 전력선통신 기술의 성과를 논할 만큼 시간이 지난 것은 아니라는 점을 고려하더라도 그 동안 눈앞에 초고속 전력선 인터넷이 다가온 것처럼 조명해 온 언론 보도와는 분명 괴리가 있는 모습이 아닐 수 없다.

이 글에서는 1990년대 이후 한국에서 전력선통신 기술시스템이 태동하고 전개된 과정을 살펴보면서 융합(convergence)의 의미를 구체적으로 분석해보고자 한다. 전력선통신의 태동 및 전개 과정은 융합이 단순히 기술시스템 일부 구성요소의 변화만으로 환원될 수 없는 복합적인 현상임을 보여주고 있다. 전력선통신 기술시스템의 사례를 통해 융합이 기술시스템의 전반적인 변환을 반영하는 현상임을 알 수 있는 것이다. 이 과정에서 에너지와 통신 네트워크의 융합을 지향하는 전력선통신 기술시스템 개발의 이상과 현실의 괴리에 대해서도 살펴볼 것이다.

글의 순서는 다음과 같다. 2절에서는 전력선통신(PLC) 기술시스템의 원리에 대해 개관하면서 1990년대 이후 한국에서 전력선통신 기술시스템의 전개 과정에 대해 살펴보

도록 하겠다. 3절에서는 전력선통신 기술시스템의 개발 과정에서 드러난 문제점과 사회적 갈등을 분석하면서 기술시스템의 변환 문제에 대해 고찰해 보겠다. 맺음말에서는 전력선통신 기술시스템의 출현과 전개 과정에서 찾을 수 있는 융합의 함의가 무엇인지에 대해 논하도록 하겠다.

2. 1990년대 이후 한국 전력선통신 기술의 개발 과정

일반적으로 전력선통신 개론서에서는 전력선통신의 기술의 시초를 1920년대 전력 송배전 제어를 위한 데이터 통신 방식인 전력선 신호 반송(Carrier Transmission over Powerlines, CTP) 기술로 소급하고 있다. CTP는 원격 전력 미터기의 전압검사를 위해 전력선에 신호를 전송하는 제어 방식이었다. 이러한 전력선 신호 반송 기술은 원격 조명 제어나 검침 기술 뿐 아니라 고압선을 매체로 한 저속의 아날로그 음성 신호 전송에도 활용되었다. 전력선을 이용하여 아날로그 음성 신호를 전송하는 전력선 반송 전화도 CTP를 이용한 전력선통신 기술의 산물이라 할 수 있다.

1920년대부터 시작된 전력선통신의 원리는 사실 간단하다. 전력선의 전원 파형(60Hz)에 수백KHz에서 수십MHz의 대역폭에 걸친 통신 데이터 신호를 실어서 에너지 전송을 목적으로 하는 송배전선을 통해 정보를 전송하는 것이 전력선통신인 것이다. 이렇게 전원 파형에 실어서 전송된 통신 신호는 전력선 모뎀에 설치된 고주파 필터에 의해 에너지 신호와 분리되어 수신된다. 에너지 전송을 위한 전기 신호나 정보 전송을 위한 전기 신호나 전압과 전류 세기, 저항, 주파수의 차이가 있을 뿐 똑같은 전기 신호라는 점이 전력선통신을 가능케 하는 조건인 셈이다.

전력선통신은 전송 속도에 따라 협대역 전력선통신(Narrow Powerline Communication, NPL)과 광대역 전력선통신(Broadband Powerline Communication, BPL)로 구분된다. 보통 전송속도 1Mbps 미만을 협대역 전력선통신(NPL), 1Mbps 이상을 광대역 전력선통신(BPL)로 구분하는데 각기 용도에 차이가 있다. 저속 전력선통신은 원격 조명 제어나 가전기기 제어에 쓰이는데 모두 실용화 된 상태이다. 고속 전력선통신은 2008년 현재 아직 개발 단계에 놓여 있다.

전력선통신은 활용하는 전력선의 종류에 따라서도 구분할 수 있다. 110~400V의 배선망을 활용하는 저압선 전력선통신, 10-30kV의 송배전망을 활용하는 중압선 전력선통신, 110~380kV의 송배전망을 활용하는 고압선 전력선통신으로 구분할 수 있는 것이다. 이 중 저압선 전력선통신에 관한 기술은 2008년 현재 실용화 되었거나 상용화 단계에 있고, 중압선이나 고압선 전력선통신 기술은 아직 개발 단계에 놓여 있다.

한국에서 전력선통신(PLC) 기술이 도입된 시기는 1940년대로 거슬러 올라갈 수 있다. 1941년 일본은 압록강에 건설한 수풍댐에서 만주로 향하는 200kV의 고압송전선에 아날로그 통신신호(50~450kHz)를 중첩시킨 전력선 반송 전화를 설치했는데, 이것이 한국에 도입된 전력선통신(PLC)의 시초라 할 수 있는 것이다. 이렇게 1940년대 처음 시설된 전력선 반송 전화는 1980년대 중반까지 한국전력의 주요 통신망으로 활용되었다고 한다.

그러나 데이터통신으로서의 전력선통신이 본격적으로 개발되기 시작한 시점은 1990년대 들어서부터였다. 90년대 초반 국내 각 대학들에서는 100-300kHz의 협대역에서 60-1200bps 수준의 저속 전력선 통신에 대한 기초 연구를 수행하였다. 또한 이 무렵부터 전력선통신을 전공한 국내 대학원생의 학위 논문도 발표되기 시작했다. 산업계를 중심으로 전력선통신(PLC)을 활용한 원격 검침과 공장자동화(FA), 가정자동화(HA) 시스템 제어에 대한 연구도 이루어지기 시작했다.

1990년대 중후반 이후 정부의 IT 진흥 및 인터넷 대중화 정책 기조 속에서 전력선통신 기술 개발은 더욱 활기를 띠게 되었다. 인터넷 접속을 위한 초고속 데이터통신망의 수요가 늘어나면서 전력선통신이 ADSL, CATV, 무선인터넷에 이은 제4의 인터넷 접속 기술로 개발하자는 흐름이 생겨나기도 했다. 전력선통신은 새로운 망 부설 없이 기존의 전력 송배전선을 통신선으로 겸용할 수 있다는 점에서 투자비용을 크게 줄일 수 있는 기술로 주목받았다.

전력선통신의 잠재 수요가 높아진 상황 속에서 1999년 기인텔레콤(現 젤라인, www.xeline.com) 등 IT 벤처기업들이 전력선통신 기술시스템의 핵심 구성요소인 고속 전력선 모뎀과 전력선통신 칩을 개발하는 데 성공하였다. 핵심 원천 기술이라고 할 수 있는 고속 전력선 모뎀과 전력선통신 칩의 국산 개발이 성공하면서 전력선통신 기술 개발은 급물살을 타게 되었다. 1999년까지 해마다 많아야 20건 이상 넘지 못하던 전력선통신 관련 특허 출원건수가 2000년 전년도 대비 2배 이상인 40건, 2001년 80건이 출원되는 등 폭발적으로 늘어났다.

이와 함께 산업자원부(현 지식경제부)를 중심으로 한 정부의 전력선통신 기술 개발 지원 프로젝트도 가동되기 시작했다. 2000년 12월 산업자원부는 PLC업체, 가전업체, 건설업체, 통신망사업자, 기술표준원 등 정부와 39개 산·학·연 관계자들이 참여한 전력선통신 표준화 포럼(PLC 포럼)을 설립했다. 2001년 2월에는 서울 서초구의 10개 가구를 대상으로 전력선통신 인터넷 시범마을 사업을 실시하기도 했다. 2004년에는 전력선통신 기술 개발을 위해 정부 지원 1천 600억 원, 한전 등 공기업의 R&D투자 2천억 원, 민간 기업의 대응 투자 유도 1천 400억 원 등 총 5천억 원의 투자 계획이 산업자원부 주도로 수립되었다. 2007년 3월에는 산업자원부 산하에 전력선통신 등 전력기술과 정보통신 기술을 융합하는 기술시스템 개발을 관장하는 전력IT 사업단이 설립되었다.

한국전력도 전력선통신 기술 개발에 더욱 박차를 가하기 시작했다. 한국전력 계열사인 한전KDN은 2000년 전력선 인터넷 개발을 비롯한 정보통신 사업에 향후 3년간 총 1800억 원을 투자하기로 결정했다. 2004년 5월에는 한국전력 사장이 전력선통신 사업에 본격적으로 나서겠다고 선언하면서 KT, SKT와 홈네트워크 사업에서 경쟁할 것임을 공개적으로 천명하기도 했다. 2007년 11월에는 아시아 최초로 전력선통신 종합시험장이 대전에서 완공되었다. 2008년 들어서는 전력선통신을 이용한 화재 예방과 독거노인 안전 관리를 위한 '효심이 서비스' 등 다양한 서비스를 선보이기도 했다.

이렇게 1990년대 후반 이후 산업자원부와 한국전력, IT 벤처기업을 중심으로 전력선통신 기술 개발이 이루어지고 표준화 노력이 진척되면서 한국의 전력선통신 기술시스템은 상당한 진척을 보이게 되었다. 2007년 5월에는 24Mbps 급 고속 전력선통신 모뎀에 사용되는 칩을 민관 합작으로 제작하는 데 성공하기도 했다. 2008년에 들어서는 전력선통신의 확산을 가로막는 요인으로 지적되던 변압기 병목 현상을 해결하는 기술을 국내 벤처기업이 개발했다는 보도가 나오기도 했다.

3. 전력시스템 변환의 문제점과 전력선통신의 안정화

전력선통신 기술시스템이 개발되면서 전력시스템과 통신시스템이 융합(convergence)하게 되었다는 관측이 나타나기 시작했다. 역사적으로 별개의 기술시스템으로 진화한 전력시스템과 통신시스템이 전력-통신시스템이라는 통합 기술시스템으로 발전할 수 있게 되었다는 것이다. 이러한 시각에서는 전력선통신 기술을 융합기술의 대표적 사례로 인식하고 있다. 일각에서는 전력선통신 기술의 발달에 따라 전력산업과 통신산업의 경계가 모호해지고, 에너지 네트워크와 정보통신 네트워크가 융합하게 되었다는 성급한 관측마저 제기되기도 했다.

이러한 인식은 특히 전력선통신 기술을 소개하는 언론보도에서 많이 나타났다. <전자신문>과 같은 정보통신 전문지에서부터 종합일간지에 이르기까지 1990년대 말부터 전력선통신 기술에 관한 보도에서 대개 “별도의 통신선 연결이 필요 없이 초고속 인터넷을 할 수 있도록 하는 기술”이라는 식의 설명이 상투적으로 나타난 것이다. 일반인들 사이에서 전력선통신이 “전력선을 활용한 초고속 인터넷” 기술로 인식된 것도 언론 보도의 영향이 크다고 볼 수 있다.

하지만 전력선통신 기술의 발전에 따라 전력시스템과 통신시스템이 융합되고 있다는 시각은 기술결정론에 입각한 인식에 다름 아니다. 전력선통신에 대한 언론보도와 일반인의 인식과는 달리 전력시스템과 통신시스템이 하나의 기술시스템으로 융합되고 있다

고 보기에는 아직까지 미진한 점이 많다. 그럼에도 전력선통신 기술 개발에 따라 전력-통신 융합이 이루어지고 있다는 인식이 퍼져 있는 것은 융합의 본질에 대한 고찰이 부족한 데 기인한 탓이 아닌가 싶다.

전력시스템과 통신시스템의 융합은 단순히 기술시스템을 구성하는 기술적 인공물(technological artifact)의 변화에 의한 것으로 환원될 수 없는 복잡한 현상이다. 전기에너지 전송을 위해 설계된 전력시스템 전반의 변화가 수반되어야 가능한 일이기 때문이다. 전력시스템의 전반적인 변환은 기술의 창안과 발명, 기술의 전파, 시스템 모델의 성장, 시스템의 안정화 등 4단계에 걸쳐 일어나는 기술시스템의 출현에 준하는 과정을 통해 벌어진다고 볼 수 있다. 이러한 시스템의 전반적인 변환에 따라 새로운 기술시스템이 출현하면서 그것이 이전의 서로 다른 기술시스템들의 역할을 대체하는 것으로 인식될 때, 비로소 융합이 이루어졌다고 볼 수 있을 것이다.

이렇게 융합을 사고할 경우, 전력선통신 기술의 개발에도 불구하고 전력시스템과 통신시스템의 융합이 쉽지 않았던 요인에 대해 보다 설득력 있는 해석을 시도해 볼 수 있을 것이다. 기존 전력시스템의 전반적인 변환을 의미하는 전력선통신 기술시스템이 안정화되기 위해서는 각 단계별로 기술적 모멘텀(technological momentum)과 역돌출(reverse salient)을 극복할 수 있어야 가능한 일이다. 그렇지만 기술시스템을 구성하는 요소들의 개량에도 불구하고 극복하기 쉽지 않은 기술적 모멘텀과 역돌출의 문제가 계속 출현했는데, 그것이 전력선통신 기술시스템이 쉽게 안정화 단계로 넘어가지 못한 요인이라고 할 수 있다.

대표적으로 전력선통신 기술시스템의 문제점으로 지적되는 신호 잡음(noise) 문제를 살펴보자. 국내 전력선통신 기술 개발 초창기인 1990년대부터 절연되지 않은 전력선에서 전기 에너지 신호에 변조된 통신 신호로부터 발생하는 잡음(noise)이 방출되어 동일 주파수 대역의 무선통신이나 방송에 지장을 준다는 지적이 제기되어 왔다. 그 때문에 2004년 12월 전파법 개정을 통해서 전력선통신이 허용되는 주파수 대역을 중전의 450kHz에서 30MHz까지 대폭 늘리는 조치가 취해졌을 때, 국내 아마추어 무선통신사와 단파라디오사용자 집단은 이에 적극 항의하기도 했다. 전력선통신 기술개발자들 역시 기존 무선통신이나 방송사 등의 반발을 우려, 신호 잡음(noise)을 최소화하는 기술 개발에 나섰다. 그럼에도 신호 잡음(noise) 문제는 현재까지도 전력선통신이 인터넷 접속 기술로 상용화되는 것을 가로막는 주요 요인으로 작용하고 있다.

이러한 전력선통신 신호 잡음 문제는 서로 다른 이해관계를 지닌 사회 집단과 제도 사이의 갈등이 내재된 역돌출의 일종이다. 전력선통신의 신호 잡음은 순수한 기술적인 문제라기보다 이미 기술적 모멘텀을 획득한 기존의 무선통신, 방송시스템의 이해관계를 침해했기 때문에 문제화 된 것이기 때문이다. 주파수 할당에서부터 허용되는 신호 잡음

의 기준치 설정에 이르기까지 전력선통신이 기존 무선통신이나 방송시스템의 이해관계를 침해하지 않도록 규제하는 법률과 제도의 존재는 신호 잡음 문제에 내재된 갈등의 사회적 성격을 잘 보여준다고 할 수 있다.

전력선통신 기술시스템의 확산을 가로막는 요인이라 지적되었던 변압기 병목 현상 문제도 전력시스템에 내재된 기술적 모멘텀 극복의 어려움을 보여주는 것이라 할 수 있다. 변압기 병목이란 전력선통신의 신호가 변압기를 거치면 약화되고 왜곡되는 현상이다. 이러한 현상은 저전압선이나 고전압선에 흐르는 전력선통신 신호의 위상이 변압기를 거치면서 변화하기 때문에 빚어진다.

변압기 병목 현상은 장거리 에너지 전송을 위해 설계된 기존 송배전망 시스템과 정보 전송에 반드시 고전압의 전력 소모가 필요하지는 않은 전력선통신 시스템 사이의 괴리를 보여준다. 정보 전송을 위해 전압을 승압할 필요는 없기 때문에 통신만을 위해서는 변압기를 설치하지 않는 편이 유리할 것이다. 그렇지만 에너지 전송을 위한 네트워크로서 전력시스템의 사회적 역할을 방기할 수는 없기 때문에 변압기를 제거할 수는 없었다. 결국 전력시스템에 부여된 에너지 전송이라는 사회적 역할이 변압기 병목 현상을 해결하는 데 어려움을 가져다주고 있는 셈이다.

이번에는 전력선통신 기술시스템의 실용화와 관련해서 불거진 한국전력공사법 개정을 통한 한전 통신사업자 지정 문제를 살펴보자. 2008년 5월 한전과 지식경제부(구 산업자원부)는 현행 전기통신기본법 상 전력선통신을 이용한 화재 예방과 독거노인 안전관리 서비스를 위해서는 한전이 통신사업자로 지정되어야 한다며 한국전력공사법 개정을 추진했다. 이에 대해 방송통신위원회는 한전의 통신산업 진출이 중복 과잉 투자를 불러일으킬 소지가 있다면서 통신사업자 지정에 반대하는 입장을 피력했다. 일부 통신업체 관계자들도 한전이 전력선통신 기술을 바탕으로 통신산업에 진출하는 것 아니냐는 우려를 표명했다. 방통위와 통신업체의 반대와 우려에 직면한 지식경제부는 결국 한전이 전력선통신으로 제공할 수 있는 서비스 종류를 통합검침과 안전 및 복지사업으로 한정하는 한전법 개정안을 입법 예고했다. 그럼에도 한전의 통신산업 진출에 대한 의구심은 완전히 불식되지 않은 채 10월 국정감사에서 국회의원들에 의해 중복투자라는 비판을 받기도 했다.

2008년 불거진 한전 통신사업자 지정 문제는 기존의 통신시스템의 이해관계를 침해할 것을 우려한 이해당사자들이 전력선통신 기술시스템의 성장을 견제한 사건으로 볼 수 있다. 기술적 모멘텀을 확보하고 있는 통신시스템의 저항은 전력선통신 기술시스템으로 상징되는 전력시스템과 통신시스템의 융합을 가로막는 힘이라고 할 수 있는 것이다. 기술시스템에서 법과 제도가 차지하는 중요성에 비추어 볼 때, 이러한 사회적 영향이 전력선통신 기술시스템 성장에 부정적인 효과를 가져다 줄 수 있다는 점을 익히 짐

작할 수 있을 것이다.

4. 맺음말

현재 전력선통신은 주로 저속 협대역 전력선통신을 중심으로 원격 검침이나 원격 조명, 화재 예보 등 제어 서비스 위주로 활용되고 있다. 유비쿼터스 도시(u-City)나 유비쿼터스 주택 등 홈 네트워킹 실용화와 관련된 논의가 진척되면서 전력선통신은 가택자동화(HA)를 위한 기반 제어기술의 후보군으로서 관심을 끌고 있다. 전력IT 사업단이나 한국전력 등 전력선통신 기술시스템 개발의 핵심 그룹들도 일단 제어 서비스 개발에 방점을 두고 있는 것으로 보인다. 반면 전력선통신을 이용한 인터넷 접속 서비스나 기타 음성통신, 데이터통신 서비스는 그리 확산되지 않고 있는 형편이다.

이러한 상황은 전력선통신보다 '전력선에 기반한 제어기술'(Powerline Control 또는 Control over Powerline)이라는 말이 전력선통신 기술시스템의 현주소를 보다 적절하게 표현하는 것으로 여겨질 수 있는 대목이 아닐 수 없다. 일반의 인식과 달리 전력시스템과 통신시스템의 융합 기술로서 전력선통신 기술시스템의 성장과 안정화는 당분간 미완의 과제라고 할 수 있다.

전력선통신 기술시스템의 사례에서 융합이란 기술시스템의 전반적인 변환이 전제되어야 나타날 수 있는 현상이라는 점을 알 수 있다. 단순히 전력선통신 모뎀을 전력시스템에 추가했다고 해서 에너지-통신 네트워크의 융합이 완성될 수는 없다. 융합은 결국 새로운 기술시스템의 출현을 반영하는 현상이기 때문이다. 새로운 기술시스템의 출현은 단순히 기존의 기술시스템들 간의 기계적·물리적 결합을 통해 이루어지는 것이 아니라 기술의 창안과 발명, 기술의 전파, 시스템 모델의 성장, 시스템의 안정화 등 4단계의 과정을 거치면서 기술적 모멘텀과 역돌출을 극복해 나가는 과정을 통해 성립된다.

앞으로 전력선통신 기술시스템은 어떤 방향으로 성장해 나갈 수 있을 것인가? 아직 기술 개발의 성과를 논하기 이른 시점에서 선불리 기술시스템의 진화 방향을 예측할 수는 없을 것이다. 하지만 한 가지 확실한 사실은 전력선통신이 어떤 방향으로 성장한다고 할지라도 그것이 단순히 기술적 우위와 같은 요인에 의해 결정된다고는 볼 수 없다는 것이다. 전력선통신이 인터넷 접속 기술로 대중화 된다고 하더라도 다른 인터넷 접속 방식보다 전력선통신이 기술적으로 특별히 우월해서 그런 것은 아닐 것이다. 마찬가지로 전력선통신이 홈네트워킹 제어 기술로 보편화 된다고 하더라도 그 또한 다른 제어 방식보다 기술적으로 우월하기 때문에 그런 것은 아닐 것이다.

이 글에서는 전력선통신 사례를 통해 융합의 의미를 분석하는 데 초점을 맞추다 보

니 여러 가지 한계를 노정하기도 했다. 1990년대부터 2000년대까지 전력선통신 발전 과정에서 찾아 볼 수 있는 정부의 기술 개발 정책의 특성이라든지, 전력선통신 기술개발에 참여한 과학기술자 사회의 면모와 특징, ADSL, FTTH 등 다른 통신시스템의 성장 과정과 비교해 볼 때 드러나는 전력선통신 기술시스템의 특성 등과 같은 흥미로운 주제들에 대해서는 깊이 있게 연구하지 못했다. 이에 대해서는 향후 후속 연구를 통해 보완할 수 있는 기회를 기약해 보도록 하겠다.