

USN 기반 AMI 서비스 및 기술동향: 전력 산업과 USN 산업의 융합기술

The Convergence of Electric Power Technology and USN Technology:
A Trend Analysis of USN Based AMI Service and Technology

IT 융합 기술의 미래 전망 특집

김선진 (S.J. Kim)	RFID/USN서비스연구팀 선임연구원
서정해 (J.H. Seo)	RFID/USN서비스연구팀 연구원
전종암 (J.A. Jun)	분산센서네트워크연구팀 팀장
표철식 (C.S. Pyo)	RFID/USN서비스연구팀 팀장

목 차

-
- I. 개요
 - II. AMI 서비스 시장동향 및 전망
 - III. AMI 기술동향 및 적용사례 분석
 - IV. AMI 기술비교 및 기회 분석
 - V. 결론

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신 선도기반기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [u-City 적용 센서 네트워크 시스템 개발]

환경 및 에너지 자원의 보호 일환으로 세계 각국에서 도입이 적극 검토되는 AMI는 에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 서비스로, 소비자에게 실시간으로 에너지 사용량 정보가 제공되어 소비자 스스로 혹은 자동화된 기기 제어를 통해 에너지 사용을 제어함으로써 가정 및 기업의 에너지 비용을 절감할 수 있다. 또한 유틸리티 회사들 역시 검침 및 유지관리 비용의 절감뿐만 아니라 요구 응답과 에너지 부하 제어를 통해 피크 때의 최대 출력을 줄임으로써 에너지 생산 비용 혹은 추가적인 인프라 확장을 방지하는 효과를 기대할 수 있다. AMI 시스템 구축에 유용한 것으로 평가되는 USN 기술과 전력 기술을 융합한 USN 기반 AMI 서비스는 국내 에너지 효율 향상과 세계 AMI 시장 선점을 위해 연구개발이 필요하다. 본 고에서는 AMI 서비스 시장전망과 기술동향, 국내의 시범사업과 적용사례를 살펴본다. 마지막으로 AMI 제공을 위한 주요 기술들을 비교 분석하고, USN 기반 AMI의 국내적용에 대한 기회 및 위험을 살펴보기로 한다.

I. 개요

에너지 부족, 에너지 생산을 위한 비용 증가, 환경문제 등으로 인하여 에너지 관련 이슈가 증대되고 있는 상황에서, 세계 각국에서는 지구 온난화의 심각성에 대응하고 고유가 시대를 맞아 에너지 절약 대책을 마련하기 위하여 다양한 정책·규제 및 프로젝트를 추진하고 있다. 이러한 움직임에 맞춰, 세계 에너지 시장은 차별화된 서비스를 요구하는 고객의 니즈, 유틸리티 회사 간 경쟁 증대 및 자원 보존과 고객 보호에 대한 의무 규정 등으로 급격히 변화를 겪고 있다[1]. 따라서 유틸리티 회사가 고객에게 사용량에 대해 보다 다양한 정보를 제공하고 에너지 부하를 제어하도록 하는 규제를 따르면서 시스템을 최적화하기 위해서는 기존 인프라의 업그레이드가 필요하다.

에너지 시장의 이러한 수요와 공급 측면의 이슈와 직면해서 시장 참여자들은 원격검침(AMR), 양방향 데이터 교환 및 에너지 부하 제어(load control)와 같은 차세대 성능을 지원하기 위한 차세대 검침인프라(AMI)를 도입 및 검토하고 있다. 이를 위해서는 기본적으로 원격검침이 선행되어야 하며, 이를 통해 얻어진 정보는 향후 에너지 사용과 관련된 각종 부가 서비스를 제공할 수 있는 AMI의 기본정보로 활용된다[2].

현재까지는 주로 북미나 유럽을 중심으로 AMI의 도입 및 시스템이 개발되고 있고, 대다수의 나라에서는 아직까지 전자식 미터기(검침기) 교체로 AMR 도입을 계획하고 있는 실정이다.¹⁾

AMI의 일반적인 개요를 (그림 1)에 도식화 하였다. 가정 및 빌딩 내에 설치된 미터기에 의해 실시간으로 에너지 사용량이 유틸리티 회사측으로 제공되고, 이렇게 수집된 정보가 분석 및 가공되어 사용자는 가정 및 빌딩 내에 있는 디스플레이로부터 에너

지 사용 현황에 대한 정보 및 에너지 자원의 비용 정보를 실시간으로 확인할 수 있다. 이로부터 사용자가 스스로 에너지 사용을 제어하거나 유틸리티 회사 혹은 에너지 제어 관련 업체가 규약에 의해 기기를 직접 제어할 수 있다. AMI는 위 서비스를 제공할 수 있도록 하는 하드웨어와 소프트웨어를 포함하는 포괄적인 시스템으로 간주하고, 서비스 제공 및 시스템 구축은 이후에서 동일한 의미로 사용되겠다.

AMI는 에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 시스템 및 서비스로, 소비자에게 실시간으로 에너지 사용량에 대한 정보가 제공되어 소비자 스스로 혹은 자동화된 기기 제어를 통해 에너지 사용을 제어함으로써 가정 및 기업의 에너지 비용을 절감할 수 있고, 에너지 생산 주체인 유틸리티 회사들 역시 검침 및 유지관리 비용의 절감뿐만 아니라 요구 응답(demand response)과 에너지 부하 제어를 통해 피크 때의 최대 출력을 줄임으로써 에너지 생산 비용 혹은 추가적인 인프라 확장을 방지하는 효과를 기대할 수 있다.

이와 같은 혜택으로 인해 세계 각국의 정부는 환경 및 에너지 자원 보호 등의 일환으로 AMI 도입을 적극적으로 검토하고 있다. 본 고에서는 전기, 가스, 수도 등 여러 에너지 산업에서 파급효과 및 시급성이 높은 전력 산업에 초점을 두기로 한다.

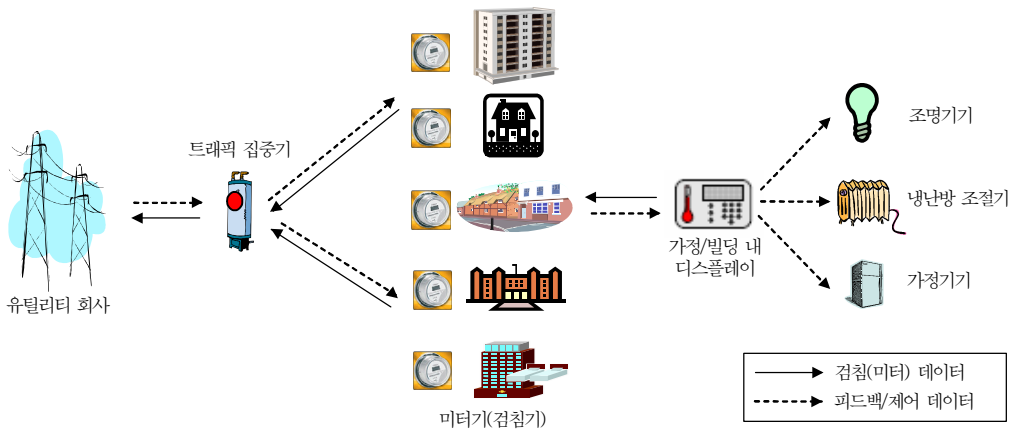
● 용어 해설 ●

요구 응답(Demand Response): 인프라의 신뢰성과 최적화를 지원하기 위해 에너지 부하를 전체적인 수요의 변동에 따라 능동적으로 제어하도록 하는 기술을 의미한다. 예를 들어, 부하가 집중되는 피크 시간대의 요금을 높게 책정하여 에너지 사용을 줄이는 방향으로 DR이 동작하게 한다.

원격 검침(AMR): 전기, 가스, 수도, 온수 등 각종 에너지 사용량에 대한 정보가 사람이 직접 살펴보지 않더라도 디지털 미터기와 유·무선 네트워크를 통해 자동으로 검침되어 유틸리티 회사 측으로 제공되는 것을 의미한다.

에너지 부하 제어(Load Control): 유틸리티 회사 또는 에너지 제어 관련 업체와의 상호 합의 하에 자동화된 방법으로 기기의 동작을 제어함으로써 에너지 부하를 조절하는 기술을 의미한다.

1) 일반적으로 AMR 제공 후 AMI 도입을 고려하고 있으나, AMR을 도입하는 과정에서 AMI로의 확장까지 동시에 고려하여 추진하기도 한다. 따라서 본 고에서 AMR은 AMI 시스템을 구성하는 일부 혹은 AMI 시스템 구축과 관련된 회사를 지칭한다.



(그림 1) AMI 개요

AMI 시스템 구축을 위한 주요 기술로는 전용선, 전력선 통신(PLC), USN 기술 등이 존재한다. 비록 각 기술은 장·단점을 가지지만 무선 센서네트워크 기술에 기반한 USN 기술은 AMI 시스템을 구축하는 데 있어 여러 면에서 유용한 것으로 평가되고 있다. 따라서 전력 기술과 USN 기술을 융합한 USN 기반 AMI 서비스는 국내 에너지 효율 향상과 세계 AMI 시장 선점을 위해 연구개발이 필요하다.

본 고에서는 AMI 서비스 시장전망과 기술동향 및 국내외 시범사업과 적용사례를 살펴본다. 마지막으로 AMI 제공을 위한 주요 기술들을 비교 분석하고, USN 기반 AMI의 국내적용에 대한 기회 및 위험을 살펴보기로 한다.

II. AMI 서비스 시장동향 및 전망

해외 시장에서의 AMI의 도입은 에너지 문제에 적극적으로 대처하고 있는 선진국을 중심으로 확산되고 있으며, 북미와 유럽 등의 전력회사들은 원가 절감을 이루는 동시에 고품질 서비스 제공을 통해 고객을 유치하기 위한 주요 전략으로서 AMI 시스템을 적극 채택하고 있다.

반면 아시아 지역의 AMI 도입은 일본, 한국 등 일부 국가를 제외하면 초기 성장 단계에 있으며, 최근 중국의 주요 전력회사가 AMI 도입에 나서면서

수년 내 중국이 AMI 기술 및 서비스의 주요 시장이자 공급업체로 부상할 전망이다.

1. 북미

미국에서는 에너지 절감과 관련된 고객 권리의 능동적 확보와 전력회사의 검침 효율성 제고 측면에서 AMI의 도입을 고려하고 있으며, 2005년 차세대 검침과 요구 응답 등 에너지의 효율적 활용 및 절감을 위한 다양한 내용을 포괄하고 있는 에너지 정책 법안(The U.S. Energy Policy Act of 2005)이 통과되면서 AMI 도입에 활기를 띄게 되었다. 법안에 따르면 각 전력회사들은 자사 고객들에게 시간대별 차등요금제²⁾를 실시해야 하며, 개별 고객이 time-based 미터기를 요구할 경우 이를 제공할 의무를 가진다.

각 주 단위에서는 에너지 위기에 대비해 신규 발전소 건설을 피하고 온실가스 배출 감소를 지원하기 위해 AMI의 구축을 권장하고 있으며, 해당 기업에 인센티브를 주는 입법안도 검토되고 있다. 2005년 기준 약 2,700만 대의 전자식 미터기가 구축되었으며, 2010년까지 추가로 2,500만 대가 더 도입될 전망으로[3], ZigBee Alliance에 따르면 미국에서 향후 5년 동안 진보적인 전력회사들과 주 의회들이 약

2) 계절 및 각 시간의 전력 공급원가에 따라 요금을 다르게 구분하는 제도

3천만 가구에 새로운 스마트 미터기를 공급할 것으로 예상하고 있다[4].

한편, 캐나다에서는 온타리오주가 AMI의 도입을 주도하고 있으며, 2005년부터 스마트 미터기 교체 작업을 시작하여 2010년 말 교체 완료를 목표로 하고 있다. 2007년 말까지 온타리오주는 100만 대 이상의 스마트 미터기가 설치되었다. 정부 측은 스마트 미터기 도입을 통해 33%의 전기료 절약이 가능하다고 보고 있으며, 시간대별 차등요금제 도입과 함께 소비자 교육, 부하 이전 및 절감 전략을 통해 에너지 이용을 줄여나갈 계획이다[5].

2. 유럽

2005년 말 노르웨이와 스위스를 포함한 EU 국가들에 있는 미터기 수는 약 2억 3천만 대로 이 중 AMR을 위한 통신 기능을 갖추고 있는 미터기의 비중은 약 13%로 추정되며, 일부 국가들은 인구밀도가 높고 전력회사 경쟁구조도 복잡한 편이다[6].

이탈리아와 스웨덴은 향후 3, 4년 내에 세계에서 가장 먼저 AMR로 전환을 완료하는 국가가 될 전망이다. 덴마크와 핀란드 역시 주요 시장 플레이어의 주도 하에 대규모 AMI 프로젝트를 진행중에 있다. 스웨덴의 경우 2009년부터 모든 계량기의 자동검침을 의무화함으로써 본격적인 AMI 시장 진입을 앞두고 있다[7]. 그러나 실제로 북유럽 국가의 대다수 전력회사들은 운영 상의 효율 등 비즈니스 측면에서 자발적으로 AMI를 도입하고 있다. 유럽 최대의 AMI 프로젝트는 이탈리아의 Enel에 의해 주도되고 있으나, 스웨덴, 덴마크를 비롯한 북유럽 국가들의 AMI 도입성공 여부가 앞으로 형성될 유럽 AMI 시장의 지표 역할을 할 것으로 예상된다.

3. 호주 및 아시아

호주에서는 2002년 Energy Market Review Panel 보고서에서 수요자 측면에서의 전력수요 참여에 대한 이슈가 제기되면서 AMI 구축에 대한 논의가 본격화 되었다. 2004년 7월 호주 빅토리아 정

부는 2008년부터 모든 빅토리아 전기 소비가구에 AMI 및 스마트 미터기를 설치하기 위한 프로그램을 시작하기로 하였다[8]. 이로 인해 4년간 240만 대의 새로운 미터기가 보급될 전망이며, 온실가스 배출을 감소시키고 보다 효율적으로 에너지 이용을 관리할 수 있을 것으로 기대하고 있다[9]. 또한 주요 전력회사 및 AMR 업체들도 PLC 등 다양한 AMR/AMI 기술을 이용한 시범사업을 전개하고 있다.

아시아 지역은 AMI 구축에 있어 미국과 유럽에 이어 세번째로 큰 시장이며, 급속한 경제 발전에 따른 에너지 소비증가와 전력회사의 민영화에 따른 진보된 서비스 도입의 이유로 향후 십 년간 세계에서 가장 높은 성장률을 보일 전망이다.

급속한 성장이 예상되는 중국은 11차 5개년 계획에서 국가 전체의 미터기 및 과금, AMR 및 데이터 관리 시스템 업그레이드에 상당히 투자할 계획을 발표했다[10]. 제한된 자원 공급의 문제를 해결하기 위해 2010년까지 약 1억 대의 전자식 미터기가 구축될 예정으로 중국 시장의 AMI 관련 플레이어들에게 상당한 기회가 될 전망이다[3].

그 외 말레이시아, 싱가포르, 필리핀 등 동남아시아의 주요 국가도 AMI 도입을 위한 시범사업을 전개하고 있으며, 동남아 일부 국가들은 최근 국내 AMR/AMI 관련 업체들의 주요 진출 대상이 되고 있다.

4. 국내

국내 AMI 서비스 및 시스템 시장은 크게 아파트를 중심으로 건설회사 및 AMR/AMI 업체가 주도하는 시장과 개별 주택을 중심으로 전력회사 및 지방자치단체가 주도하는 시장으로 구분할 수 있다.

전자의 시장에서는 이미 원격검침의 도입이 일반화되어, 최근 신축되는 아파트에는 대부분 원격검침 시스템이 구축되고 있다. 전용선 방식 기반의 시스템이 현재 주류를 이루고 있으며, 일부 기업에서는 시범적으로 PLC 방식을 도입하고 있다. 후자의 경우, 고압 전력 부문은 1990년대 후반 시범사업을 실

시하여 현재는 13만 가구의 고압 고객(2.2만V 이상)을 대상으로 CDMA 방식의 원격검침이 전면 도입된 상태이다. 한국전력은 일반 저압 가구로 원격검침을 확대하기 위해 2001년부터 CDMA, Zig-Bee, PLC 등 다양한 통신기술을 이용해 시범사업을 진행중에 있다.

2006년 4월 한국전력은 ‘전력계량업무 중장기 마스터 플랜’을 발표하고, 일부 지역에서 시범적으로 실시해 오던 전자식 저압 미터기를 2015년까지 전격 교체하는 등 전자식 저압 미터기 도입을 본격화하기로 하였다. 전자식 미터기로의 교체는 전력품질 제고 및 부하관리라는 기능적인 측면 외에도 원격검침을 통한 전력시스템 관리에도 그 목적이 있다. 이에 따라 향후 10년내 일반 주택 시장에서도 원격검침이 보편화될 전망이다, 이 경우 전체 2,155만 가구 대상으로 약 1조 5천억 원 규모의 시장이 형성될 것으로 예상된다[11].

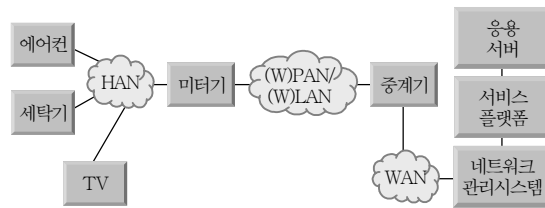
Ⅲ. AMI 기술동향 및 적용사례 분석

AMI를 제공하기 위해서는 하드웨어 및 소프트웨어 등 다양한 기술을 필요로 한다. 최근 AMI에서 가장 필수적인 사항인 원격검침에 여러 기술들이 적극 검토되고 있다.

본 장에서는 원격검침 기술에 초점을 두어 동향을 살펴보고, AMI에 대한 국내외 시범사업 및 적용에 대한 사례를 분석하고자 한다.

1. AMI 기술동향

AMI에 대한 최근 지역 및 국제 표준화 단체의 흐름은 (그림 2)와 같이 미터기(검침기)와 AMI 관리 시스템 간의 직·간접 통신 방식을 취하고 있으며, 이를 기반으로 홈네트워크 사업자, AMR/AMI 사업자, 전력회사 등의 사업자 형태에 따라 유연하게 시스템 구성을 변경하기도 한다. 미터기는 자체적으로 통신 모듈을 내장하고 있으며, 지역적 네트워크 망



(그림 2) AMI 시스템 구성도

(예, ZigBee, PLC 등)에 우선 연결되어 중계기를 통하여 또 다른 통신 방식(예, CDMA 등)으로 AMI 관리 시스템에 접근하는 형태가 된다[12].

원격검침 데이터가 AMI 관리 시스템까지 전송되기 위해서는 네트워크가 필요하며, 데이터 전송방법에 따라 크게 전용선 방식, 전력선 방식, 무선 방식으로 구분할 수 있다.

주택을 건설하는 단계에 전기배선, 수도·가스 배관 등과 더불어 검침용 신호선을 기본적으로 설치하는데 이를 이용하여 검침 데이터를 전송하는 방식을 전용선 방식 또는 유선 방식이라 부른다. 일반적으로 전용선 방식의 경우 RS-485를 주로 사용한다. 전용선으로 연결되어 데이터의 신뢰도는 높지만 배선 비용 등 설치 비용이 다소 높다는 단점이 있다.

전력선 통신(PLC) 기술은 가정 내에서 필수적으로 설치되는 전력선을 이용하는 기술로 모뎀 이외에 별도의 인프라가 필요하지 않은 것이 특징이다. 수 kbps 수준의 저속 PLC에서 시작하여 현재 수십 Mbps 이상의 속도를 가지는 고속 PLC가 개발된 상태이나 잡음, 정확성 등의 문제로 인해 확대 보급은 아직까지 미뤄진 상태이다.

원격검침 데이터는 고객의 개인 정보 및 요금 관련 정보로 이뤄지기 때문에 높은 보안성을 요구하지만 저속 PLC 방식은 업체들간 이견으로 표준 프로토콜을 거의 사용하지 않고 있으며, 제어정보/데이터 전송시 유출 및 위·변조 가능성이 존재하여 보안적으로 다소 취약하다는 단점이 있다[13]. 고속 PLC 방식은 KS 규격을 제정하였으나, 상호운용성 및 적합성 시험이 마련되지 않은 상태로 표준을 채택한 제품은 미비하고, 아직 보안성이 완전히 해결됐다고 보기 힘들다. 또한 전용 통신을 위한 다른 네

트위크 기술보다 통신 신호에 대한 잡음 문제, 발열 현상으로 인한 열잡음 문제와 전력선 자체가 전자기 등의 EMC/EMI에 매우 민감하기 때문에 헤어드 라이기, 전자레인지 등을 근거리에서 사용할 경우 통신의 신뢰성을 보장하기 힘든 부분이 있다.

유선 방식만으로 배선이 용이하지 않는 상황을 극복하기 위해 무선 방식이 도입되기 시작하였다. 무선 방식은 특정한 대역의 소출력 주파수를 이용하여 원격검침을 수행하는 기술로서, 424MHz(해외는 433MHz, 315MHz)와 2.4GHz 대역을 사용한다. 무선 방식으로는 ZigBee, Z-Wave 등이 원격검침 용으로 활용 및 검토되고 있다.

ZigBee는 ZigBee Alliance에서 활발하게 명세서가 발표되고 있으며 다양한 업체들로부터 그에 적합한 칩, 스택, 프로파일 등이 개발되고 있다. ZigBee의 특징은 모든 노드 간 통신 기능과 라우팅 기능이 tree/star 방식 이외에 mesh 방식으로 지원되며, 중계기 역할을 하는 라우터에 의해 센서네트워크 기반의 라우팅 알고리즘을 바탕으로 통신 신뢰성이 향상되고 있다는 점이다. mesh 네트워크를 통해 이미 설치된 통신 기반을 최소한으로 사용하면서 각각의 단말이 라우터로서의 임무도 수행할 수 있기 때문에 재해/재난 지역, 전쟁터 등 특수한 환경에서 신뢰성 있는 무선 통신 네트워크를 확보할 수 있다. ZigBee는 신호 자체에 대한 암호화와 잡음에 대한 내성을 가지는 효과를 주기 위해 DSSS 방식을 사용하며[14], AES-128 보안을 적용하고 있다.

Z-Wave는 868.32MHz(유럽), 908.42MHz(미국) 주파수로 10~40kbps의 전송속도를 갖는 무선 RF 기술로, 양방향 통신을 지원하는 무선 mesh 기술을 사용하며 ZigBee에 비해 전력 소모면에서 우수하다. ZigBee가 부모 노드와 자식 노드간의 연결이 재설정 가능한 구조로 네트워크의 신뢰성을 확보하고 있는 반면, Z-Wave는 자식 노드의 연결이 끊어졌을 경우에 대한 대처와 자동 네트워크 접속 및 해제 등의 프로토콜이 지원되지 않는다. 그러나 낮은 복잡성에 기인하여 네트워크 효율성을 제공하는 장점을 가진다. 현재 Z-Wave Alliance에서도 이 기

술을 원격검침에 적용하려는 움직임이 있는데, 아직 자세한 방법에 대한 언급은 없는 상황이다.

2. AMI 시범사업 및 적용사례 분석

가. 북미

미국 에너지부(Department of Energy)는 산하 기관인 퍼시픽 노스웨스트 국립연구소(Pacific Northwest National Lab)와 GE, IBM, Cisco, Whirlpool 등 30여 개 기업으로 구성된 GridWise 컨소시엄을 통해 지능형 온도조절장치, 온수기, 의류건조기 등을 갖추도록 하는 지능형 스마트 에너지 파일럿 프로그램을 2006년 초부터 2007년 3월까지 오리건 주 112가구를 대상으로 시행하였다. 시범사업 효과를 분석한 결과, 참여자들은 에너지 비용을 10% 정도 줄인 것으로 나타났다[15].

PG&E 회사 주도로 2006년부터 RF(802.15.4, 2.4GHz, 900MHz) 및 PLC를 이용한 SmartMeter 프로그램을 통해서 시간 당 인터벌 데이터 수집 및 피크시간대 에너지 사용 절감을 유도할 목적으로 단계적으로 프로젝트를 수행하고 있다. 2008년 2월 기준 15만 대의 미터기에 SmartMeter 기술을 적용하여 매일 원격에서 미터 정보를 수집하고 있으며, 근시일 내에 모든 미터기로부터 시간별로 인터벌 데이터를 수집할 계획으로 향후 2011년까지 서비스 지역 내 1,030만 대로 확대할 예정이다[16].

BGE사 주도 하에 2008년 6월부터 6개월간 볼티모어 및 웨스트민스터 내 3천 가구를 대상으로 RF(450~470MHz) 기술을 이용하여 필드기술 및 시스템 통합 테스트와 사업성 평가를 목적으로 시범사업이 수행되었다. 미터기 및 데이터 관리시스템 간의 양방향 통신을 테스트하고, 고객들에게 상세한 에너지 사용정보 제공으로 피크 시간대 에너지 소비 감소 및 요금 절감을 유도하였다. BGE는 2009년부터 이 프로그램을 전체 시스템으로 확장할 예정이며, 2012년까지 미터기 설치를 완료할 계획이다[17].

AMI에 대한 관심이 높아지자 최근 텍사스 주에

서도 유사한 프로젝트를 시작하기로 결정하였다. 지난 2008년 7월 CCET에서는 델래스와 휴스턴에 여름과 가을 동안 시범사업을 추진하기로 결정하고 참여 고객을 모집하기 시작했다. 이 시범사업은 여름 기간 동안 고객의 전기 요금을 줄이고 텍사스 주의 에너지 사용량을 절감하기 위한 요구 응답 프로그램을 운영하는 것을 목적으로 한다[18].

캐나다에서는 2006년 8월부터 14개월 동안 평균 월간 전력소비 750kWh인 250가구를 대상으로 시간대별 차등요금제 실시 및 온도조절장치 원격제어와 DR 인센티브와 결합된 고객 반응 조사를 실시하였다. 원격제어 온도조절장치를 설치한 참여가구들은 그렇지 않은 가구보다 피크 시간대에 에너지 사용량이 훨씬 더 감소했으며, 피크 시기에 고객 당 평균 약 31%의 감소를 보였다. 2007년에는 500가구를 대상으로 동요금제 이용에 대해 조사한 결과, 여름 기간 중 부하이전효과는 평균 3.7%, 에너지절감효과는 평균 3.3%로 나타났다. 파일럿 결과 참여자들의 3/4은 전기요금이 평소보다 낮아졌으며, 87%가 파일럿 기간 중 전기이용 습관을 변화시켰다고 응답했다. 또한 디스플레이 이용자들의 2/3는 디스플레이가 에너지 절약에 도움이 되었으며 이를 통해 에너지 소비의 9%를 절감했다고 응답했다[19].

나. 유럽

스웨덴 최대의 전력회사인 예테보리 에너지(Göteborg Energi) AB사는 약 27만 가구를 대상으로 ZigBee 기반의 원격검침 시스템을 구축하는 세계 최대의 ZigBee 네트워크 구축사업을 시작하였다. 2007년 10월부터 2009년 9월까지 총 2년간 시행되는 이 사업은 엠버(Ember)사의 칩을 활용하여 누리텔레콤이 개발한 미터기, 집중기, 리피터, 소프트웨어 시스템 등 ZigBee 기반 원격검침 시스템의 적용을 통해 수동 검침비용의 획기적인 절감과 정확한 사용량 고지 등을 기대하고 있다[20].

한편, 덴마크의 신생 전력회사인 Modestrom은 덴마크 에너지기후부(Energy & Climate Ministry)

산하기관인 DEST의 후원으로 AMI 시스템을 개발하고 이에 기반한 서비스를 고객들에게 제공하고 있다. 기존의 미터기에 소형 카메라를 부착해 별도의 미터기 교체없이 에너지 사용량 정보를 웹사이트를 통해 제공하고 있으며, Z-Wave 기반의 에너지 사용 기기를 제공하는 서비스까지도 제공하고 있다. 이들은 이 시스템을 통해 고객들에게는 획기적으로 에너지 비용을 절감하는 서비스를 제공할 수 있고, 자신들은 향후 에너지 생산을 위해 구매해야 하는 CO₂ 배출권 비용을 절감할 수 있다고 기대하고 있다. 이들에 따르면, 연간 소비량이 4,000kWh를 소비하는 일반가정은 이 장치를 이용해 적어도 한해 2톤 가량의 CO₂를 줄일 수 있을 것으로 추정하고 있다[21].

다. 호주

빅토리아 주정부 주도 하에 다수 전력회사가 참여하여 2006년 4월부터 2007년 8월까지 빅토리아 주 전체에 걸친 AMI 구축에 앞서 주요 기술에 대한 평가를 실시하였다. 시험 결과 대부분의 기술에 개선이 필요한 것으로 나타났다. PLC는 통신을 위한 대역폭 및 전압 상태에 대해, DLC는 대역폭과 관련된 개선이 필요한 것으로 드러났고, Mesh Radio와 GPRS은 명세서 기준을 충족하는 충분한 대역폭을 갖고 있는 것으로 나타났다. 빅토리아 전역에 걸친 AMI 구축 이전에 기술 개선 및 추가 시험이 필요한 것으로 결론지어져 주요 전력회사들은 시스템을 개선중에 있다[22].

South East Water 주도 하에 Alinta, AMPY Email Metering 업체 등이 참여하여 2006년 5월부터 1년간 멜버른 시 50가구를 대상으로 가정 및 전력회사 간 양방향 통신을 지원하고, 소비자에게 실시간으로 에너지(전기, 가스, 수도 등) 사용량 및 요금 정보를 제공하는 시범사업을 실시하였다. 시범사업 결과 피크 시간대 수요가 30% 감소했으며, 이용자들이 전력 소비를 줄이기 위한 행동 패턴을 보이는 것으로 나타났다[23].

라. 국내

북미나 유럽에 비해 국내는 AMR이나 AMI에 대한 관심이 상대적으로 늦은 편이다. 그러나 국내에서도 100kW 이상 산업용 전력 수용가에 대해서는 이미 12만 대(미터기 기준) 이상이 구축되어 원격검침 시스템을 이용하고 있다[24]. 현재 국내에서 AMR/AMI에 대한 무선 기술의 적용 현황을 살펴보면, 고압 원격검침에서는 CDMA 기술을 독점적으로 이용하고 있는 반면, 저압 원격검침에서는 2001년 제주 지역에 무선통신 기반의 AMR 시스템을 1,500세대에 적용한 시범사업과 2005년 ZigBee를 이용한 시범사업을 수행한 바 있다.

최근 PLC 기술에 기반해 전기, 수도, 가스 데이터를 한꺼번에 묶어 원격 검침할 수 있는 ‘통합원격 검침기술’을 개발했다. 한국전력과 서울시 상수도사업본부, (주)서울도시가스가 서울 목동지역 100호를 대상으로 통합원격검침 시범사업을 1년에 걸쳐 시행하였고, 그 결과 검침 통신 성공률이 100%에 근접하는 등 성공적인 결과를 나타냈다. 이처럼 원격 검침에 관해서는 몇몇 사례가 존재하나 아직까지 국

내에는 사용자에게 검침 데이터를 제공하거나 기기를 제어하는 AMI 시범사업은 없는 실정이다[25].

IV. AMI 기술비교 및 기회 분석

본 장에서는 앞에서 살펴본 AMI 제공을 위한 주요 기술들을 비교 분석해 보고, 전문가 의견을 바탕으로 USN 기반 AMI의 국내적용에 대한 기회 및 위험을 살펴보기로 한다.

1. AMI 기술비교 분석

AMI 구축 기술로 최근 국내외 관심이 높아진 ZigBee, PLC³⁾ 및 Z-Wave 기술의 시장 및 기술 관점에서 비교 분석 결과를 제시하였다. 시장 관점에서는 비용 측면과 수요 측면에서 분석되었다. 비용 측면에서는 장비 비용⁴⁾과 AMI 서비스 외의 네트워크 활용도 항목에서, 수요 측면에서는 시장 수용도와 고객 관심도 항목에서 분석되었다. 기술 관점에서는 AMI 시스템의 기술 특성과 성능을 비교하는

〈표 1〉 시장 관점에서 기술비교 분석 결과

기술	비용 측면		수요 측면	
	장비 비용	네트워크 활용도	시장 수용도	고객 관심도
ZigBee	A	홈오메이션	- 업계 내 다수의 기업들이 해당 기술을 알고 있으나, 시장 채택 사례는 없음	- 업계 내 다수의 기업들이 해당 기술을 적용하고 있으며, 향후 지속적으로 확대 구축될 것으로 기대됨
PLC	A의 60%	전력 공급, 홈오메이션	- 업계 내 다수의 기업들이 해당 기술을 적용하고 있음	- 업계 표준화가 이뤄지지 않고 주요 칩 제조사들로부터 지지도가 약한 점은 AMI 시장 형성의 지연 요인으로 작용
Z-Wave	A와 비슷	홈오메이션	- 업계 내 다수의 기업들이 해당 기술을 알고 있음 - Panasonic, Intel, Cisco 등의 주요 기업들이 전략적 투자를 시행하고 있음	- 현재 덴마크 전력사업자인 Modstroem이 채택하고 있음 - Z-Wave 기반 제품은 주로 홈오메이션에 활용중이며, 전력장비 제어는 타 기술간의 결합을 통해서 가능할 것으로 보임
비교	AMI 액세스 네트워크 채택과 관련, 국내와 해외는 상당히 대조적인 양상을 보이고 있음. PLC는 국내에서 기존 “매개체”를 이용할 수 있다는 점에서 다소 정책적인 측면에서 높은 관심을 보이고 있는 한편, ZigBee는 맥내로의 액세스 네트워크 및 맥내 전력 기기 제어 기능을 중심으로 세계 시장에서 업계 내 폭넓은 자발적 수용도를 확보하고 있는 편임			

3) ZigBee와 Z-Wave의 데이터 전송 속도 면에서 비슷한 수준인 저속 PLC와 비교하였다.

4) 시스템의 상업화 이전이므로 자세한 데이터는 제시하지 않았다.

〈표 2〉 기술 관점에서 기술비교 분석 결과

항목	ZigBee	PLC	Z-Wave
통신 거리	1~75m+	100m	30m
데이터 전송 속도	40~250kbps	1~20kbps	10~40kbps
통신 안정성	통신 장애 및 구조물 환경에 따라 통신 안정성이 부분적으로 저하됨 ZigBee Alliance의 명세서 향상에 따라 점차 통신 기능 개선중	전파 장애, 잡음, 감쇄현상으로 매우 낮은 통신 안정성	무선 전화기, TRS, RFID(국내) 등의 900MHz 대역에서의 통신 간섭으로 낮은 통신 안정성
HAN 기기와의 호환성	매우 높음: OpenHAN을 중심으로 대내 전력기기로 ZigBee 기반 명세서 개발중	낮음: 표준화 결여로 기기간 폭넓은 호환성 확보 어려움. X10을 포함한 일부 표준의 경우 단방향만 지원	보통: Z-Wave는 홈오토메이션용으로 고안된 기술로 주로 대내 전력 장비 간의 통신에 특화된 기술임. 따라서, 현재의 ZigBee 기술과 같은 업계 보편의 수용성은 확보하지 못하고 있음
표준 지원	글로벌 표준: ZigBee Alliance, IEEE	지역별 de facto standard로서 존재	지역 표준 국한: Z-Wave Alliance
보안성	매우 양호: ZigBee는 당초 보안에 플리케이션을 고려하여 설계가 이뤄졌으며, 시제품에서도 상당 수준의 보안 기능 확보	양호: PLC 기술은 DES ¹⁾ 암호화 알고리즘 지원. 개별 전력선은 암호화 키를 갖기 때문에 전도체 상의 오류 발생시 데이터 소실 우려	양호: X10 보다 높은 보안성을 가짐. 초기 Z-Wave 칩에서 하드웨어 암호화 기술이 적용됐으나, 현재 버전에서는 적용되지 않고 있음
확장성 ²⁾	255+	20~255	232
구축 편의성	NLOS(Non-Line-Of-Site) 기능으로 다양한 구축 환경에 적합	기존 전력선을 활용한다는 점이 뛰어난 장점이지만, 전력선 상에서 별도의 리피터와 모뎀을 필요로 함	NLOS 기능으로 다양한 구축 환경에 적합
배터리 지원 ³⁾	수 주	배터리 지원 불가	수 주~수 개월
이동성	높음: 모든 이동성 노드에 적용 가능	매우 낮음: 전원이 공급 가능한 지역에 국한	보통: 이동성을 고려하여 설계됐음

* 1: DES(Data Encryption Standard), 2: 확장 디바이스 수, 3: AAA 배터리 하나로 1분 단위의 통신 주기를 가정

10개 항목으로 나누어 분석되었다.⁵⁾ <표 1>과 <표 2>에 주요 분석 결과를 제시하였다[26]-[31].

PLC는 비용 측면에서 경쟁력이 높은 편이며, 기존 “매개체”를 이용할 수 있다는 점에서 높은 관심을 보이고 있으나, 기술 관점에서 주기적이며 안정적인 데이터 통신과 보안성과 같은 AMI 시스템의 주요 요구사항에 대해 중대한 취약점을 가진다. PLC는 빈번하고 주기적인 통신과 높은 수준의 데이터 보안을 특별히 요구하지 않은 문단속 및 조명 조절과 같은 기본적인 홈네트워크 솔루션의 제공에 그 가치가 높다고 하겠다.

Z-Wave는 최근 다양한 분야에서 중요한 무선통신 기술로 검토되고 있으며, ZenSys를 주축으로 Z-

Wave Alliance가 구성되어 여러 활동을 시작하고 있으나 아직까지 업계의 포괄적인 참여가 저조하여 글로벌 표준으로 채택되기에는 일정 시간이 소요될 것으로 예상된다. 기술 관점에서 Z-Wave는 배터리 수명 면에서 ZigBee와 비교하여 성능이 좋은 편이나, 기술 차이는 근소한 것으로 나타났다. 그러나 데이터 전송 속도, 통신 안정성 및 보안성과 같은 중요 항목에서는 ZigBee보다 떨어진다.

ZigBee는 PLC보다 다소 비용 측면에서 열위에 있지만, 많은 개발자 그룹이 ZigBee의 채택을 빠르게 추진하고 있으며, 규모의 경제 효과는 향후 시장 성숙과 함께 지속적으로 단위 비용을 낮출 것으로 전망되고 있다. 기술 관점에서, ZigBee는 Z-Wave와 비교하여 배터리 효율성 측면을 제외하고 상당한 경쟁력을 가진다.

비교 분석 결과를 종합해 보면, ZigBee는 PLC와

5) 시장 수용도는 AMR/AMI 시장을 넘어 전반적인 PAN/LAN 시장에서 해당 기술의 수용 정도를 의미하고, 고객 관심도는 AMI 기술에 대한 고객의 선호 및 의향 정도를 나타낸다.

Z-Wave와 비교하여 개선이 필요한 부분이 여전히 존재하지만, 전반적인 시장과 기술 관점에서 AMI 기술로 상당히 유망한 것으로 평가할 수 있으며, AMI의 구축에 필요한 독자적 또는 보완적 기술로서 유용할 것으로 보인다.

2. USN 기반 AMI의 국내적용을 위한 시장 기회 분석

현재 전용선 방식 기반 시스템의 한계를 극복하기 위해 무선 방식을 검토하고 있는 상황에서, AMI 도입과 관련하여 업계 전문가를 대상으로 USN 기술, 특히 ZigBee 기술에 기반하여 AMI를 도입하는 것에 대한 설문조사 결과를 바탕으로 USN 기반 AMI의 국내 시장 적용에 대한 기회 및 위험을 살펴 보았다.

ZigBee 기술에 근간하는 USN 기반 AMI는 기본적으로 무선 방식의 기술이다. 따라서 이러한 무선 방식 기술(이하 무선 기술) 적용 시의 기대효과에 대한 설문조사 결과, 다음과 같은 이점을 가지는 것으로 나타났다. 첫째, 무선 기술을 도입함으로써 AMI 구축에 필요한 배선 비용을 절감할 수 있으며, 시스템 구축 기간도 줄일 수 있다. 둘째, 잦은 구조변경이 필요한 건물이나 배선이 어려운 지점에도 해당 기술을 적용함으로써 보다 간단하게 시스템을 구축할 수 있으며, 이를 통해 점차 늘어나고 있는 건설회사의 인건비 부담도 감소시킬 수 있다. 셋째, 무선 기술의 적용은 첨단 건물로서의 브랜드 효과에도 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 마지막으로, AMI는 주택 시장에서 점차 홈네트워크 시스템의 일부로 취급되고 있으며, 이에 따라 AMI와 홈네트워크를 연계한 다양한 서비스가 도출될 수 있다. 즉, 에너지 사용량에 따른 가정 내 가전기기의 제어 등 차별화된 부가 서비스의 제공이 보다 용이해진다는 의미이다.

또한 최근의 AMI 관련 동향에서 많은 업체들이 AMI 시스템의 일부에 이동통신이나 무선 센서네트워크 시스템을 채택한 곳이 전체의 92%에 달하는 점은 무선 기술의 필요성을 절감하고 있다는 반증이

될 수 있다[32].

전문가를 대상으로 USN 기반 AMI를 도입하는 것에 대한 기회와 위험에 대한 의견을 분석한 결과, 일반적으로 알려진 바와 같이 기존 원격검침 시스템의 유선 인프라 대체에 따른 비용 절감과 구축 기간 단축 면에서 ZigBee는 여타 유선 방식에 비해 매우 유효한 기술로 평가하였다. 또한, 대규모 주거 단지의 경우 ZigBee 노드가 대량으로 구축되기 때문에 상대적인 비용 효과 면에서도 장점을 살릴 수 있으며, 매년 지속되는 노드 가격 하락은 이 같은 효과를 더욱 강화시킬 것으로 평가되었다. 한편, 여타 무선 기술과 비교할 때 ZigBee가 가진 Ad-hoc 네트워크 속성은 노드 간 통신 릴레이 및 자율 네트워크 형성 측면에서 다양한 설치 환경에 유연하게 적용이 가능하기 때문에, 음영 지역 해소나 데이터 중계 기능 면에서 우위 요인을 확보하고 있는 것으로 평가된다.

시장 니즈에 관련해서, 무선 기술 도입시 가치 차별화를 위한 기능으로 가정 내 전력 장비에 대한 자동 제어를 가장 중요한 요소로 보았으며, AMR/AMI, 홈네트워크, 건설업계 대부분의 응답자가 AMI 정보에 기반한 가정 내 전력장비 제어 기능에 대해 낙관적으로 시장을 전망했다. 최근 국내에서도 에너지 절감 차원에서 누진제 적용이 강화되고 있는 추세로 볼 때, 전력장비 제어 기능은 시장 잠재성이 높은 것으로 평가된다.

정책적인 측면에서는 2006년 4월 한국전력의 '전력계량업무 중장기 마스터 플랜' 발표 이후 가정용 미터기의 디지털화가 본격적으로 탄력을 받고 있으며, 향후 10년 이내 국내 AMR/AMI 시장이 보편화될 것으로 예상된다. 이는 기축 주택 시장을 중심으로 한 AMI 시장 형성의 기폭제 역할을 할 것으로 보이며, 탄력적이고 저렴하며 신속한 인프라 구축이 가능하다는 점에서 AMI 시스템에서의 ZigBee 기술 적용은 중요한 기회 요인으로 평가할 수 있다.

반면에, 전력장비 제어에 대한 업계의 전망이 전반적으로 낙관적임에도 불구하고, 현 시점에서 투입 비용 대비 기대되는 효과에 대해 AMR/AMI 장비 업계 일부에서는 회의적인 평가를 보이는 경우도 있었

다. 즉, 시스템 구축 업체 입장에서는 전력장비 제어에 따른 추가적 비용 상승 부담을 건설회사 등에 전가시키는 데에는 어려움이 수반되는 것으로, 현재 국내의 AMI 시스템의 필요성이 에너지 절감 관점에서 보다는 검침 프로세스의 합리화, 효율 제고 관점에서 도입되고 있는 국내의 특수한 환경을 반영한 것이라 볼 수 있다. 이 같은 점에서 전력장비 제어의 도입은 시장 출시 시기(time-to-market)가 중요한 요소이며, 이와 관련하여 에너지 절감형 장비 및 시스템을 제공하는 기업들에 대한 재정적 혜택, 적용 수용 가정에 대한 전력 비용 절감 혜택 등과 같은 정책적 지원이 필요하다는 주장도 제기되고 있다.

V. 결론

지금까지 본 고에서는 AMI를 도입하게 된 배경, AMI 서비스 시장전망과 기술동향 및 적용사례를 살펴보고, AMI 제공을 위한 주요 기술들을 비교 분석하여 USN 기반 AMI의 국내적용에 대한 기회 및 위험을 고찰해 보았다.

비교 평가를 통해 각 기술은 각 비교 항목에서 차별화된 장·단점이 있음을 알 수 있었고, 이러한 기술적 차별화로 시장 접근을 모색할 수 있을 것으로 보인다. AMI 분야에서 비교적 ZigBee가 유용하다고 평가되었는데, 전력량을 체크하는 AMI 시스템에서 전력선과의 연관성은 배제할 수 없고 PLC의 투자 확대와 기술적 개선 속도로 보아 PLC와 ZigBee 간의 장·단점을 조화롭게 활용하여 상호 보완하는 방안을 만드는 것도 AMI의 사업화 및 확대를 위해 매우 중요하다고 판단된다.

세계의 움직임은 범국가적인 차원에서 효율적이고 친환경적인 시스템 개발에 박차를 가하고 있으며, 관련 업체들 역시 많은 자금을 투자하여 시장 확대를 위해 경쟁하고 있다. 따라서 IT 강국인 우리나라의 IT 기술, 특히 USN 기술과 전력 기술을 융합한 USN 기반 AMI 기술 및 서비스를 적극 개발하여 AMI 글로벌 시장에서 국제 경쟁력을 확보하기 위해 우리의 역량을 키워야 하겠다.

약어 정리

AES	Advanced Encryption Standard
AMI	Advanced Metering Infrastructure
AMR	Automated Meter Reading
BGE	Baltimore Gas and Electric Company
CCET	Center for the Commercialization of Electric Technology
CDMA	Code Division Multiple Access
DEST	Danish Energy Saving Trust
DLC	Distribution Line Carrier
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
EMC/EMI	Electromagnetic Compatibility/ Electromagnetic Interference
GPRS	General Packet Radio Service
HAN	Home Area Network
PLC	Power Line Communication
RF	Radio Frequency
RS-485	Recommend Standard number 485
USN	Ubiquitous Sensor Network
WAN	Wide Area Network
(W)LAN	(Wireless) Local Area Network
(W)PAN	(Wireless) Personal Area Network

참고 문헌

- [1] ZigBee Alliance, "Advanced Metering Infrastructure Market Requirements Document," Feb. 2007.
- [2] 표철식 외 7인, "흔히 보이는 RFID/USN," 전자신문사, 2008, pp.103-104.
- [3] SAP White Paper, "Advanced Meter Infrastructure: Composite Technologies to Meet New Demands in Sales and Customer Service," Aug. 2006, p.16.
- [4] ZigBee Alliance, "ZigBee Sees Strong Growth for Energy Management and Efficiency Solutions," May 2007.
- [5] Ontario Energy Association, "Introductory Remarks-Smart Metering Canada Conference," Feb. 2008.
- [6] Berg Insight, "Wireless M2M Communication and AMR," May 2005, p.99.
- [7] Berg Insight, "Smart Metering and Wireless M2M," Aug. 2007.
- [8] Essential Service Commission Victoria, "Mandatory Rollout of Interval Meters for Electricity Customers: Final Decision," Melbourne, ESC, July 2004.

- [9] Energy Futures Australia Pty Ltd, "Advanced Metering for Energy Supply in Australia," July 2007.
- [10] <http://www.meteringchina.com/>
- [11] 이태일리, "누리텔레콤, 턴어라운드 시작됐다-굿모닝신한," 2007. 1. 23.
- [12] ETRI, "AMI 서비스 기술분석 및 표준화 방안 개발에 관한 연구: AMI 주요기술 분석 및 서비스 프로파일 연구," 연구보고서, 2008. 3.
- [13] 김정태 외 3인, "유비쿼터스 홈 서버 보안 요구사항 및 구현방안," 전자통신동향분석, 제20권 제2호, 2005. 4., pp. 83-92.
- [14] 조경식, "저전력 저가격을 실현할 수 있는 LR WPAN 핵심 기술 분석," 한국산업기술대학원, 2004.
- [15] Pacific Northwest National Laboratory, "Pacific Northwest GridWise™ Testbed Demonstration Projects: Part I. Olympic Peninsula Project," Oct. 2007.
- [16] http://www.pge.com/about/news/mediarelations/news-releases/q1_2008/080117.shtml
- [17] <http://www.wtopnews.com/?nid=25&sid=1444384>
- [18] <http://www.metering.com/node/13030>
- [19] <http://www.metering.com/node/12678>
- [20] http://www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=11918
- [21] <http://green.tmcnet.com/topics/green/articles/24939-modstroem-provides-z-wave-based-tools-monitoring-energy.htm>
- [22] <http://www.metering.com/node/11311>
- [23] http://www.ampyemail.com.au/news_009.htm
- [24] 전자신문, "원격 검침 시스템 개발 속도 빠르다," 2005. 11. 3.
- [25] 전자신문, "한국전력, 전기·수도·가스 통합원격검침 시범사업 완료," 2008. 8. 25.
- [26] Antolin Moral Caballero et al., "Technical and Economic Viability of WiMAX-PLC Network Roll-Out to Supply Broadband Access in Rural and Ex-urban Areas," in *Papers presented at Int'l Telecommunications Society 18th European Regional Conf.*, Sep. 2007.
- [27] Electric Power Research Institute, "IntelliGrid Consumer Portal Telecommunications Assessment and Specification," Technical Report, Dec. 2005.
- [28] CRA International "Advanced Interval Meter Communications Study," Dec. 2005.
- [29] Javier Arriola, "PLC Services and Applications," in Material presented at PUA(PLC Utilities Alliance Workshop), May 2005.
- [30] Michael Thuresson, "Z-Wave, ZigBee Compete to Become Standard," Nikkei Electronics Asia, Jan. 2006.
- [31] Sanjay Chatterjee, "ZigBee: A New Frontier for Low Cost Active RFID Device," Technical Report of MindCommerce, Feb. 2007.
- [32] On World Inc., "WSN for AMI & Demand Response," Nov. 2007.