

에너지-IT 융합기술 동향 및 주요 이슈

국민대학교 | 장병준 · 한상규

1. 서론

최근 ‘저탄소 녹색성장’이 우리나라 국가발전의 화두가 됨에 따라 그린 IT(Green IT)와 스마트 그리드(Smart Grid)라는 개념이 새롭게 등장하고 있다. 이 중 그린 IT는 환경을 의미하는 녹색(Green)과 정보통신 기술(IT)의 합성어로 크게 ‘IT 부문 녹색화(Green of IT)’와 ‘IT 융합에 의한 녹색화(Green by IT)’로 나눌 수 있다. 먼저, Green of IT는 IT 제품 및 서비스의 라이프사이클 전반을 녹색화하는 것으로 저전력·고효율 IT기기의 개발과 보급을 통해 IT 부문 자체에서의 CO₂를 획기적으로 감축하는 것을 의미한다. 특히, 인터넷 데이터센터(IDC : Internet Data Center)와 이동통신 기지국 등은 전력 소비량이 매우 높아 저전력화·고효율화가 매우 중요한 것으로 알려져 있다. 다음으로 Green by IT는 IT기술을 활용하여 IT 부문이외의 영역에서 그린화를 추진하는 것을 말하는데, 대표적인 사례로는 지능형 교통시스템을 활용하여 교통 소통을 원활하게 함으로써 교통 정체에 따른 에너지 소모량을 줄인다든지, 원격 교육이나 원격 진료기술을 활용하여 학생이나 환자가 물리적인 이동을 하지 않도록 함으로써 이동에 따른 에너지 소모를 줄이는 것을 들 수 있다. 이와 같이 그린 IT는 특정 기술을 의미한다기보다는 일종의 패러다임이라 볼 수 있으며 사회 각 분야에서의 에너지와 환경문제 해결에 기여하는 존재로서의 IT를 의미하고 있다[1].

다음으로 스마트 그리드란 기존 전력망에 IT기술을 접목하여 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 향상시키고, 전력의 생산 및 소비 정보를 양방향·실시간으로 유통함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망 기술을 의미한다. 전 세계적인 스마트 그리드의 도입 배경을 살펴보면, 미국은 노후화된 전력계통의

고도화, 유럽은 신재생 에너지의 활용 활성화, 일본은 효율적인 에너지 관리 등과 같이 각 국가별 필요성에 의해 시작되었다. 우리나라는 ‘저탄소 녹색성장’이라는 비전의 구체적인 실행방안으로 세계 최초 국가단위 스마트 그리드를 2030년까지 구축할 계획을 가지고 스마트 그리드 선도국가로서 국제협력을 주도하고자 하고 있다. 따라서 스마트 그리드는 하나의 특정 기술을 지칭하는 것이 아니라 에너지원, 전력전자, 통신, 제어, 소프트웨어, 컴퓨팅, 가전기기, 반도체 등 다양한 기술 분야를 포함하며 관련 국가정책, 시장동향과 매우 밀접하게 관련되어 있는 분야이다[2].

이러한 그린 IT와 스마트 그리드 패러다임을 구현하기 위한 핵심 요소기술이 바로 본 고에서 다루고자 하는 에너지-IT 융합기술이라 할 수 있다. 에너지-IT 융합기술에는 다양한 분야가 있으나, 본 고에서는 다음과 같이 최근 관심이 집중되고 있는 5가지의 대표적인 에너지-IT 융합기술을 선정하여 관련 동향 및 주요 이슈들을 살펴보고자 한다. 5가지의 대표적인 기술은 에너지-IT 융합기술 중 기초가 되는 요소기술, 개발이 되는 경우 파급효과가 매우 커서 현재 관심이 집중되고 있는 기술을 중심으로 선정하였다[3,4].

- IDC, 기지국 등 kW급 이상의 고출력 전원이 사용되는 대전력 전원시스템의 고효율화, 소형·경량화, 고기능화 기술
- 태양광, 풍력, 연료전지 등의 신재생에너지로부터 고효율로 에너지를 생산하기 위한 신재생에너지 시스템 기술
- 환경오염의 주범인 배터리의 사용량을 줄이기 위해 전원선을 없애고 무선으로 가전기기나 전기자동차에 전원을 공급하는 무선전력전송(WPT : Wireless Power Transfer) 기술
- LED(Light Emitting Diode) 조명의 등장과 함께 통신모뎀의 부착 없이 고효율 LED 드라이버를 빠르게 on/off시킴으로써 조명제어 및 통신을 동시

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2009-C1090-0904-0002).

에 수행하는 가시광통신(VLC : Visual Light Communication) 기술

- o 전력사용을 효율적으로 하기 위해 각종 전자제품의 전력 사용량에 대한 정보를 상호 교환할 수 있도록 하는 지능형 전력서비스 네트워크(SUN : Smart Utility Neighborhood)와 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 기술

이 중 대전력 전원시스템과 신재생에너지 시스템 기술은 에너지-IT 융합기술의 핵심 요소기술에 해당하며, 무선전력전송기술, 가시광 통신기술 및 지능형 전력서비스 네트워크와 AMI 기술은 개발될 경우 파급효과가 매우 큰 기술에 해당한다.

2. 대전력 전원시스템 기술동향 및 주요 이슈

최근 전자·통신 분야에서 안정된 전원 공급과 에너지효율 및 소비전력 저감에 대한 관심이 고조됨에 따라 전력 변환장치의 고효율화, 소형 경량화, 고기능화 등에 대한 중요성이 급격히 대두되고 있으며 학계 및 산업계에서는 이에 대한 투자와 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

2.1 대전력 전원 시스템의 고효율화

그림 1은 일반적인 전원장치의 구조를 보이고 있다. 일반적으로 90~270Vac의 상용 라인전압을 입력으로 하며 고조파 규제를 만족하기 위한 PFC(Power Factor Correction) 회로가 전단에 존재하고 후단에는 부하의 사양에 따른 최종 출력전압을 만들어 주는 절연형 DC/DC 컨버터가 위치한다[5,6].

PFC 단의 경우 주로 대용량에 적합한 Continuous Current Mode(CCM) 부스트 컨버터가 사용되며 이를 위한 제어 IC로 최근에는 기존 Average current control을 단순화시켜 입력전압의 검출 없이도 PFC가 가능한 One-cycle control이나 출력 다이오드의 역회복 특성에 우수한 Interleaved Boundary Current Mode(BCM) control 등 다양한 방식의 IC들이 출시되고 있으며 국내외 몇

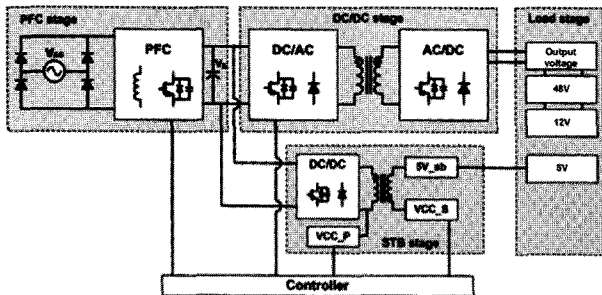


그림 1 일반적인 전원 장치 구조

몇 전력컨버터 업체들은 독자기술의 노출을 방지하기 위해 전용IC를 개발하여 적용하기도 한다.

절연형 DC/DC 컨버터의 경우 용량별로 다양한 토폴로지가 있으며 대용량을 위한 DC/DC 컨버터로서 출력전류 맥동성분과 도통손실이 작고 모든 전력스위치의 소프트 스위칭이 가능한 위상천이 플브리지 컨버터 혹은 그 변형된 형태의 플브리지 컨버터가 주로 채용되고 있다[5,6].

2.2 대전력 전원 시스템의 소형·경량화

전원시스템의 고전력밀도화는 컴퓨터, 통신, 가전기기 및 자동차 분야, 산업, 수송, 우주, 군사용 등 다양한 분야에서 급격히 요구됨에 따라 대전력 전원 시스템의 고집적화를 통한 소형화 기술이 꾸준히 연구되고 있다. 현재 전자통신 기기에 있어 시스템 부분은 반도체 집적회로의 발전에 수반하여 소형·경량화가 활발히 이루어지고 있는 반면 전원 부분은 에너지 저장 및 변환을 위한 인덕터, 캐패시터, 변압기등의 용량성(reactive) 소자나 방열을 위한 장치들로 인하여 소형·경량화에 한계가 존재해 왔다. 이를 위해 최근에는 그림 2와 같이 슬림화에 유리한 평면변압기(Planar Transformer), 패키징(Packaging)기술과 Low Profile Magnetic 설계 기술을 접목한 고밀도 전원, Hybrid Packing 기술을 적용한 스마트 파워 IC 등에 관한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다.

2.2 대전력 전원 시스템의 고기능화

전통적인 전력변환시스템은 그 구조가 단순하고 요구되는 출력전압 및 동작 시퀀스도 간단하여 아날로그 제어가 거의 대부분이었으나 최근에는 부하에서 요구되는 전압의 종류와 동작이 매우 복잡해짐에 따라 디지털 제어에 대한 필요성이 대두되고 있다. 뿐만 아니라 디지털 제어를 위한 종래의 마이컴이나 DSP는 매우 고가인데다 전력변환장치의 고밀도화를 위해 스

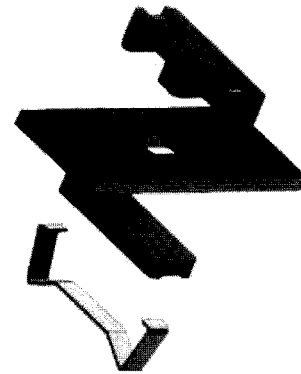


그림 2 평면 변압기 구조

위칭 주파수를 수백kHz로 높일 만큼의 성능을 보유하지 못하였으나 최근 전력변환장치를 위한 저가 및 고성능의 마이컴이나 DSP(Digital Signal Processor)가 다양한 업체에서 출시되고 있어 디지털파워에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 대규모 현장 및 비상 전력 시스템, 무정전 전력을 요구하는 중요한 시설, 복잡한 배전 시스템 및 선형과 비선형 부하가 섞인 경우에는 디지털 제어 방식이 구현의 용이함과 성능 측면에서 탁월하며 다양한 기능을 하나의 IC로 동시에 구현할 수 있는 장점이 있다.

3. 신재생에너지 시스템 기술동향 및 주요 이슈

화석 에너지의 고갈에 따른 대체에너지원의 필요성과 동시에 지구 온난화와 환경문제가 심각히 대두됨에 따라 풍력, 태양광, 연료전지 등 신재생에너지에 의한 전력생산과 활용방안에 대한 연구개발이 지속적으로 이루어져 오고 있으며 최근에는 태양광 및 풍력 등의 신재생 에너지원에 배터리와 같은 에너지 저장장치를 부가하여 보다 신뢰성이 높고 안정적인 전력생산이 가능한 신재생 에너지 시스템에 관한 연구들이 주를 이루고 있다.

그림 3은 배터리와 같은 에너지 저장장치를 갖는 계통연계형 태양광 발전 시스템의 일례를 보이고 있다. 이러한 시스템은 에너지 저장장치인 배터리가 존재하므로, 태양광 발전이 가능한 낮에는 부하에서 요구되는 전력을 태양광 발전을 통해 공급하고 잉여 전력을 전력계통으로 되팔거나 배터리에 저장할 수 있으며 값싼 심야전력을 저장했다가 전력단가가 높고 전력소비량이 큰 주간에 이를 이용함으로써 에너지소비를 효율적으로 관리할 수 있다. 특히 배터리에 저장된 전력은 정전 시에도 부하에 전력을 공급할 수 있는

UPS(Uninterruptible Power Supply)기능이 가능하고 혹서기나 저녁시간과 같이 소비전력이 과도하게 클 경우 요구되는 소비 전력을 배터리에서 일시적으로 공급함으로써 발전소에서 감당하는 Peak 전력을 낮출 수 있어 계통의 신뢰성을 높일 수 있고 추가적 발전소의 건립을 최소화 할 수 있다[7-10].

이러한 에너지 저장장치를 갖는 계통연계형 태양광 발전시스템의 요소기술은 크게 최대 전력점 추종기, 충전장치 및 축전지, 계통 연계형 인버터로 나눌 수 있다.

3.1 최대 전력점 추종기

태양 전지의 출력은 일사량, 표면 온도 등이 환경에 따라 동작 전압과 전류의 상태를 나타내는 I-V 특성이 비선형적으로 변화하는 비선형 특성을 가지며, 특성 곡선상의 전압-전류의 동작점이 결정되면 이에 따라 출력량이 결정된다. 따라서 제어기는 태양 전지에서 발전된 전력을 최대한으로 이용할 수 있도록 하는 최대 출력점 추종제어(MPPT)를 수행 하여야한다. 최근까지 태양전지의 출력량을 높이기 위한 최대출력점 추종제어에 대하여 다양한 연구들이 이루어지고 있으며, 전력비교법(Perturb and Observe Method : P&O Method)과 도체 증분법(Incremental Conductance Method; IncCond Method)이 주로 적용되고 있다. 그 외 퍼지(Fuzzy)제어, 적응(Adaptive) 제어 등의 비선형 제어기법들이 연구되고 있다. 또한 태양전지 어레이가 직, 병렬로 구성된 경우, 부분 음영에 의해 다수의 국부적 최대전력점이 존재하게 된다. 이에 의한 전력 손실은 약 70%에 달한다는 연구결과가 있으며 현재 Two-Stage 기법, GP Tracking 기법, PSO(Particle Swarm Optimization)기법 등이 제시되고 있다[7-10].

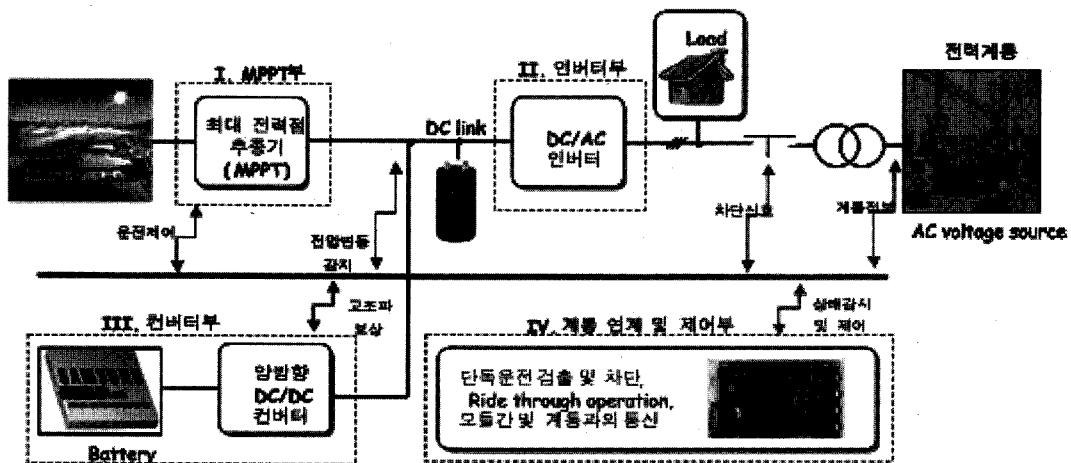


그림 3 계통 연계형 태양광 발전시스템 블록도

3.2 충전장치 및 축전지

일반적으로 충전장치는 양방향 DC/DC 컨버터를 사용하며, 입력 측에는 대용량의 배터리가 연결되고 출력 측은 고전압의 링크 캐패시터와 연결된다. 양방향 DC/DC 컨버터는 높은 인버터의 입력전압을 이용하여 낮은 배터리 전압을 충전시키는 벡(Buck) 동작을 하고, 일사량의 급격한 감소에 의한 인버터 출력 전압의 강하 및 전력 계통측의 순시전압 강하 문제점을 보상하기 위해 배터리에 충전된 전력을 이용하여 발전동작을 유지하는 부스트(Boost) 동작을 하게 된다. 따라서 최근에는 고효율 및 높은 승압비율을 가지는 양방향 컨버터 토폴로지 및 2차 전지의 수명을 고려하여 최적의 동작점에서 구동할 수 있는 효율적인 충방전 알고리즘이 연구되고 있다. 또한, 과전압, 과전류, 과충전, 과방전 등과 같은 보호 기법, 계통의 순시 전압 강하를 보상하기 위한 Ride-through 기법, 발전시스템의 전력품질 개선 기법 등에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다[9].

3.3 계통연계형 인버터

계통연계형 태양광 발전 시스템은 태양전지를 전원으로 직류전력을 발전하여 직·교류 전력변환장치를 이용하여 상용 전력계통과 병렬 접속하기 때문에 배전선의 상태변화에 대한 추종성이 양호함과 동시에 계통의 주파수나 전압변화에 대한 운용능력, 계통사고시에 적절히 대응하는 기능 및 자체적으로 발생하는 고조파로 인한 통신유도 장애가 발생하지 않도록 하는 능력을 보유하여야 한다. 또한, 계통연계형 태양광 발전시스템이 배전선과의 연계운전 시에 계통의 정전 또는 사고 발생 시 태양광시스템의 발전출력의 역충전에 의하여 일부 계통에 부분적인 단독운전을 방지할 수 있는 보호검출 회로가 필요하다[8,10].

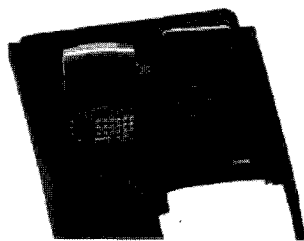
태양광발전 계통연계형 인버터의 종류는 변압기와 회로구성에 따라 저주파 절연 변압기 내장형, 무변압기(Transformerless)형, 고주파 링크형이 있으며 이에

따라 전력변환 효율에 큰 영향을 미치기 때문에 인버터의 고효율 동작은 전체 시스템 효율 향상에 필수 조건이다. 따라서 최근에는 고효율 양방향 인버터 토폴로지에 관한 다양한 연구결과들이 제시되고 있다.

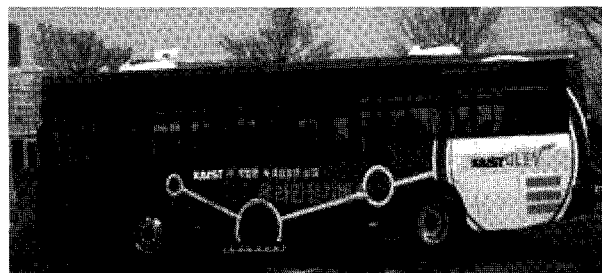
4. 무선전력전송 기술동향 및 주요 이슈

무선전력전송 기술은 전원선을 없애고 무선으로 에너지를 공급하는 기술로서 과거부터 RFID(Radio Frequency IDentification) 등에서 사용되어 왔었다[13]. RFID 기술은 내부에 전원이 없는 전자 태그(Tag)에 수록되어 있는 정보를 리더기로 판독하기 위하여 태그에 필요한 에너지를 리더가 무선으로 공급하는 기술로써 수 mW의 전력만이 공급될 수 있었다. 하지만 최근 관심을 끄는 무선전력전송기술은 수 Watt 이상의 전력을 무선으로 공급하는 것으로써 가정용 전기기기나 전기자동차 등에 상용화된다면 그 파급효과가 매우 크기 때문에 관심이 집중되고 있다. 특히 무선통신 기술의 핵심인 휴대용 IT 기기의 경우는 이동통신, 무선 LAN 등의 망을 통하여 통신은 무선으로 자유롭게 이루어지고 있으나, 기기의 전원공급은 유선으로 충전되는 배터리를 이용하고 있으므로 전원장치의 무선화에 대한 관심이 매우 높은 분야이다. 또한, KAIST에서는 무선전력전송을 이용한 온라인 전기자동차(OLEV : On-Line Electric Vehicle)를 개발하여 서울시 버스노선 등에서 상용화할 것이라는 계획을 발표하였다. 그림 4에 무선전력전송을 위한 대표적인 서비스로 자동차 내에서 아이폰 등 휴대용 IT기기를 충전하는 시스템과 KAIST에서 제작한 온라인 전기자동차의 시제품을 예로 보여주고 있다.

이러한 기술은 수 Watt 이상의 대전력을 무선으로 전송하는 것이 핵심기술이며, 이러한 기술을 개발하기 위해서는 다양한 요소기술이 필요하다. 먼저, 전송거리를 늘리는 것이 중요하다. 전송거리를 늘리기 위해서는 자기장 결합(magnetic coupling) 기술이 필요한데 자기장은 거리에 따라 급격히 감소하는 특성이 있는



(a) 무선충전기술



(b) 온라인전기자동차 기술

그림 4 무선전력전송 기술의 응용 예

므로 전송거리를 늘리기 위해서는 일정 거리 이상에서도 상호 결합되도록 같은 주파수에서 공진하는 공진기의 특성을 이용해야 한다[14]. 하지만, 실제 상용화 시에는 부하 조건에 따른 임피던스의 변화, 주변 도체 등의 영향으로 공진조건을 유지하기가 어려울 수 있다. 다음으로 고주파에서 동작하는 대전력 구동회로 및 정류회로가 필요하다. 무선전력전송의 거리를 늘리기 위해서는 수 MHz 이상의 주파수에서 동작하는 스위칭 소자 등이 필요한데, 현재 대부분의 대전력 스위칭 소자 등의 특성은 MHz 이상에서는 성능이 급격히 나빠지는 특성이 있다. 반면 가격이 비싼 마이크로파 소자를 주파수를 낮춰 사용할 경우 가격 문제로 무선전력전송의 상용화에 장애가 될 수 있다. 또한, 적절한 주파수 할당 이슈도 중요하다. 무선전력전송을 위해서는 무선주파수를 사용해야 하는데 이 경우 타 시스템에의 간섭을 줄이고, 인체에 영향을 주지 않도록 각 국은 엄격하게 규제하고 있다. 또한 전 세계적으로 무선주파수는 주로 통신, 방송, 항행, 측위 등의 용도로 사용되고 있으며, 아직까지 무선전력전송을 위해서 특별하게 할당된 주파수 대역이 없다.

마지막으로 전자파에 의한 인체영향 이슈가 있다. 전자파에 의한 인체영향은 이동통신이 보급된 이후 핵심적이 이유가 되어 왔다. 인체영향에 대한 전 세계 가이드라인은 IEEE 또는 ICNIRP(International Commission on Non-Ionising Radiation Protection)에서 발표한 가이드라인을 기초로 하며, 각 국에서는 이를 근거로 다양한 국가 레벨을 제정하고 있다. 그림 5는 주파수에 따른 인체영향의 국제기준을 보여주고 있다. 이러한 인체영향 국제 기준을 만족하면서 대전력을 무선으로 전송하기 위해서는 전자파 차폐기술 등이 매우 중요하다[15].

이상과 같이 무선전력전송 기술은 기술의 패러다임

을 바꿀 수 있을 만큼 파급효과가 매우 큰 첨단기술이지만, 주파수 할당, 인체영향 및 기술적인 한계점 등 아직까지 해결되지 않은 문제가 많이 있으므로 체계적으로 접근해야 할 기술이다. 특히 기존 소출력 기술을 대출력까지 허용할 때의 전파법 등 기술기준 개정 문제, 상용화되었을 때의 인체영향 및 EMI/EMC 문제, 대전력 소자 등 기술적인 어려움을 단시일 내에 해결하는 것은 매우 어렵다. 이에 전 세계의 연구개발 동향을 예의 주시하고, 외국의 연구개발 사례를 타산지석으로 삼아 국내의 무선전력전송 기술연구 및 서비스 보급의 확대에 만반의 준비를 다할 필요가 있다고 사료된다[3,15].

5. 가시광통신 기술동향 및 주요 이슈

최근 LED 조명이 각광을 받고 있다. LED 조명은 친환경적 특성, 10만 시간 이상의 긴 수명, 백열등에 비해 90% 이상의 우수한 전력 효율 등의 장점이 있어 최근 기존의 백열전등 및 형광등을 대체하는 조명 수단으로 각광받고 있다. 특히, 전기신호를 빛으로 변환하는 속도가 약 30~250nsec 이하로 고속이므로 이러한 스위칭 특성을 통신 변조에 활용하면 가시광통신이 가능하다. 가시광 통신은 사람의 눈에 보이는 가시광 파장(380~780nm)을 이용한 통신으로 조명용 LED 장치의 점멸을 이용한 송신과 PD(Photo Diode)를 이용한 수신을 기본으로 한다. 가시광통신은 통신수단으로 빛을 사용하기 때문에 조명과 동시에 통신을 할 수 있는 장점이 있다. 특히, 전파에 비해 인체에 무해하며, 주파수할당 등의 허가가 필요없어 최근 관심이 높아지고 있다[16,17].

일반적인 가시광통신의 구조는 그림 6과 같다. 가시광통신 시스템은 크게 송신부와 수신부로 분리되며, 송신부는 전력변환부와 LED 드라이버, LED Array로

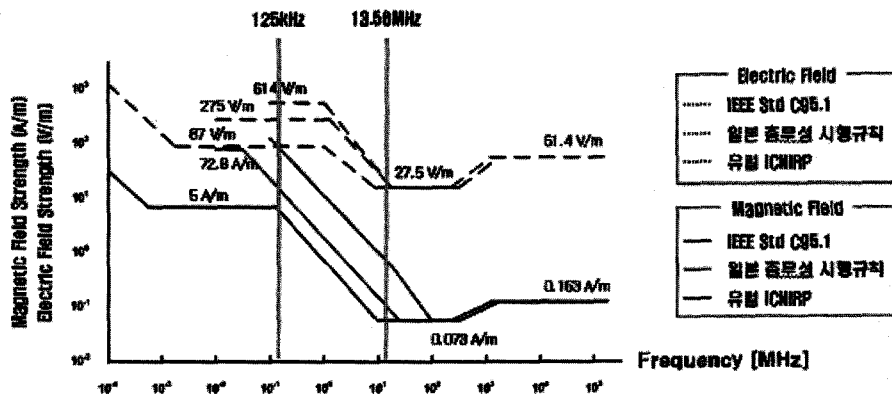


그림 5 주파수에 따른 인체영향 국제 기준

구성된다. 전력변환부는 AC 상용전원의 고주파 규제를 만족하기 위한 PFC 회로기능과 AC전원의 입력을 LED 구동에 적합한 형태의 DC전원으로 변환하는 역할을 한다. LED 드라이버는 가시광통신으로 송신할 데이터를 바탕으로 LED를 점멸하는데, 보통 전압원 구동 및 전류원 구동방식으로 구분된다. LED를 조명으로 사용하기 위해서는 다수의 LED를 배열하여 사용해야 하는데, 각각의 LED는 같은 반도체 공정을 사용하였을 경우에도 전압, 전류 특성이 다르다. 또한 LED는 열폭주 현상을 지닌 소자이기 때문에 정전압으로 제어를 할 경우 LED에 흐르는 전류는 시간이 지날수록 증가하게 된다. 따라서 이러한 LED를 구동하기 위해서는 정전류 방식의 구동회로가 필요하다. 가시광통신 시스템의 수신부는 크게 PD와 신호처리부로 구성된다. PD는 LED의 점멸을 통해 수신된 빛을 전기적 신호로 변환하며, 신호처리부는 PD에서 변환된 전기적 신호를 원하는 형태의 신호로 복조하게 된다.

그림 7은 가시광통신으로 디지털 오디오 시스템을 구현한 예를 보여준다. 먼저 AC전원의 신호는 전력변환부와 LED 드라이버를 통해 수십 W급의 LED를 구동한다. 이 때 DVD 플레이어에서 나오는 맨체스터(Manchester) 변조된 디지털 신호가 LED 드라이버를 ON/

OFF 시키게 된다. LED의 점멸 속도는 MHz 단위이므로 우리 눈에는 깜빡임이 전혀 보이지 않으며, 조명의 역할을 충실히 수행한다. 수신부의 PD는 입력되는 빛의 양에 따라 변하는 전기신호가 출력되며, 이를 적절한 신호처리부를 거쳐 복조하게 되면 스피커에서 음악이 나오게 된다.

이상의 가시광통신의 주요 이슈는 다음과 같다. 먼저 조명용 LED를 사용할 경우 데이터의 속도가 일방향이 된다는 단점이 있다. 가시광통신은 조명의 기능에 영향을 주어서는 안되므로 조명에서는 수십 W 이상의 밝은 빛이 나오는 반면 단말기에서 LED를 부착할 경우 소형 LED에서 나오는 빛의 양은 매우 미비하므로 빛의 통달거리가 다르게 되어 쌍방향 통신이 어렵게 된다. 최근에는 이러한 특성을 이용하여 실내 위치 인식, LED ID 등의 단방향 통신 응용이 각광을 받고 있다. 다음으로 조명기능의 LED에 다양한 방식의 고속 변조기를 부착하기 어렵기 때문에 데이터 속도를 높이기가 어렵다는 점이다. 물론 최근에는 Optical OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), Optical MIMO(Multiple Input Multiple Output), Color Code Modulation(CCM) 등의 방식 등이 적용되고는 있으나, 이는 소출력의 경우이며, 조명에 적용하기에는 회도가 일정하지 않아 어려운 단점이 있다. 또한 조명에는 dimming 제어 등의 기능이 필수적인데 이 경우 통신반경이 작아지거나 통신속도의 열화문제가 발생할 수 있다. 하지만 이러한 단점에도 불구하고 조명과 통신의 융합이 가능하다는 장점에 의해 최근 많은 연구 및 표준화가 활발히 진행되고 있으므로 서서히 극복되어져갈 것이라고 사료된다.

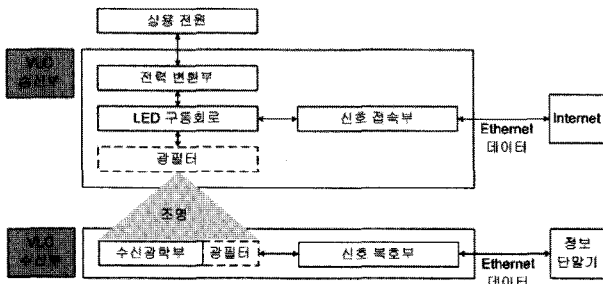
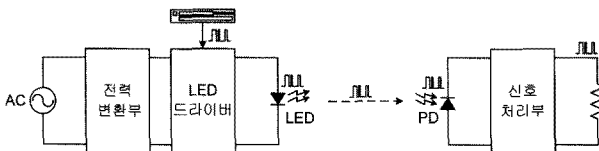
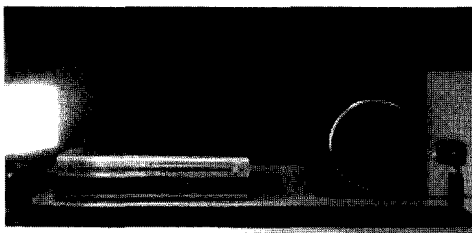


그림 6 가시광통신 시스템의 개념도



(a) 구성 블록도



(b) 구현된 사진

그림 7 가시광통신 시스템의 구현 예

6. SUN 및 AMI 기술동향 및 주요 이슈

2000년 이후 전 세계적으로 풍력, 태양광, 열병합 발전 등 분산전원이 전력계통에 다양하게 연결되고 있다. 이에 따라 에너지의 효율적 사용, 에너지 비용 절감 등의 긍정적인 효과가 나타나고 있으나, 전력품질 문제, 독립운전 문제 등의 부정적인 효과를 야기함으로써 지능형 전력정보망에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 통신네트워크와 소프트웨어를 이용하여 발전, 송전, 전력의 소비 등을 추적하고 제어하는 스마트 그리드 기술이 주목받고 있다. 여기서 스마트 그리드는 발전, 송전, 배전, 소비에 이르기까지 전력을 실어 나르는 모든 설비 및 기기가 국가 단위의 지능화된 전력망을 의미한다. 스마트 그리드의 여러 분야 중에서 분산전원과 각종 부하 및 소비자를 연결하여

소비자가 에너지 소모와 발전량을 유기적으로 제어하는 지능형 전력서비스 네트워크(SUN) 기술과 지능형 전력량계를 이용한 AMI기술이 각광을 받고 있다[18].

그림 8은 소규모 스마트 그리드 시스템에서 무선통신망을 이용한 분산전원의 단독운전 방지 시스템의 예를 보여준다. 그림에서처럼 분산전원의 단독운전 방지를 위해 계통사고 시 계통의 주요 지점에 설치된 여러 개의 센서노드를 통해 계통 사고 시 감지된 계통의 상태 정보를 인접 센서노드간의 센서네트워크 통신을 통해 최종 제어대상인 분산전원 개폐기를 신속히 차단할 수 있다. 이는 기존이 분산전원이 연계된 계통에서 전압, 전류, 주파수를 단순 계측하여 계통과의 분리 여부를 판정하거나 연계선로에 미소 외란 신호를 임의로 주입하여 이 신호에 의해 계통의 변화를 감지하여 계통분리 여부를 판정하였던 간접 방식과는 확연한 차별성을 가질 수 있다. 특히 무선 기반의 센서네트워크를 활용함으로써 기존 방식에 비해 단독운전을 판정하지 못하는 NDZ(Non Detection Zone)이 전혀 존재하지 않으므로 신뢰성이 높으며 계통에 외란을 주입할 필요가 없으므로 계통의 전력품질에 전혀 영향을 주지 않는 장점이 있다.

AMI 시스템은 기존의 AMR(Automatic Meter Reading) 보다 기능이 향상된 개념으로 스마트 미터라 불리는 지능형 전력량계, 소비자 수요반응기기, 지능형 전력정보 관리시스템 및 관련 네트워크를 의미한다. 지능형 전력량계는 양방향 통신을 지원하고, 사용자에게 전력사용 정보를 제공한다. 소비자 수요반응기기는 빌딩, 홈 등과 같은 소비자의 에너지 사용량, 요금제도, 예상요금 등 에너지에 대한 다양한 정보를 인지하게 함으로써 자발적으로 에너지절감 프로그램에 동참할 수 있도록 의사결정을 돕는 제품을 의미한다. 이러

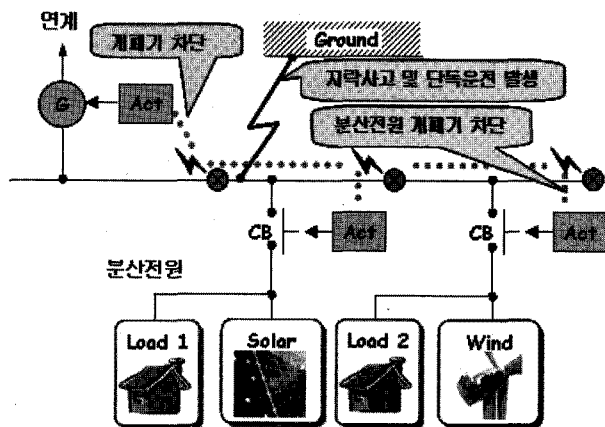


그림 8 센서네트워크를 이용한 소형 스마트 그리드의 단독운전 방지시스템의 구현 예

한 지능형 전력량계, 소비자 수요반응기기 등은 지능형 전력정보관리시스템에 의해 통합관리되게 된다.

이러한 SUN 및 AMI 기술이 대중화되기 위해서는 관련 통신 및 네트워크의 표준화, 테스트 베드를 통한 다양한 실증시험, 관련 소프트웨어의 발달 등이 전제가 되어야 한다. 주요 사업영역으로는 수요반응 프로그램, 홈네트워크 전력관리 시스템, 에너지포털 서비스, 에너지효율 컨설팅 서비스, 통합검침 등이 예상된다. 국내에서도 발 빠르게 제주시에 대략 3천가구를 대상으로 2012년까지 스마트 그리드 시범단지 조성을 진행 중에 있다. 시범단지에는 풍력/태양광으로 생산된 전력의 송배전 시설, 연료전지 등의 분산전원장치, 전기자동차 충전소, AMI 시스템 등 스마트 그리드 관련한 많은 기술들이 도입될 계획이다.

7. 결론

본 고에서는 최근 관심을 받고 있는 대표적인 에너지-IT 융합기술로 고효율 전력시스템, 신재생에너지 기술, 무선전력전송기술, 가시광통신기술, SUN 기술의 5가지를 선정하여 전반적인 동향 및 주요 이슈들을 살펴보았다. 미래에는 이러한 에너지-IT 융합기술들이 복합적으로 어우러져 에너지 생산 및 유통이 다양화될 것으로 판단되며, 에너지 산업과 관련된 와트콤(WattCom) 기업들이 대거 출현할 전망으로 보인다.

앞에서 살펴본 바와 같이 이러한 에너지-IT 융합기술은 기존의 IT기술의 패러다임을 바꿀 만큼 파급효과가 큰 첨단 기술이지만, 아직까지 해결되지 않은 이슈가 많이 있으므로 체계적으로 접근해야 할 기술들이다. 사실 전통적으로 IT기술은 소전력(small power) 전자소자 및 디지털 시스템을 기반으로 하는 정보통신과 소프트웨어를 중심으로 발전한 반면, 에너지 기술은 대전력 전기소자 및 아날로그 시스템을 기반으로 하는 전력전자(power electronics) 기술을 중심으로 발전한 별개의 산업 분야였다. 따라서 두 분야 간의 공통점을 찾기도 어려웠으며, 최근의 그린 IT, 스마트 그리드, 에너지-IT 등의 개념 정립도 명확하지 않은 상태라고 할 수 있다. 다행히 최근 녹색시장이 성장함에 따라 산·학·연을 중심으로 관련 연구가 활발히 진행 중에 있으므로 에너지-IT 융합기술의 미래는 밝다고 하겠다. 따라서 현 시점에서 주요 에너지-IT 융합기술의 소개, 관련 기술개발 동향, 핵심 이슈를 살펴보는 것은 에너지-IT 융합기술의 체계적인 개발에 도움이 될 수 있으므로 이에 본 고의 의의가 있다고 사료된다.

참고문헌

- [1] 홍진배, “그린 IT 국가전략의 이해”, OSIA S&TR, Vol. 36, No. 3, Sep. 2009.
- [2] 도윤미 외, “스마트 그리드 기술 동향: 전력망과 정보 통신의 융합기술”, 전자통신동향분석, Vol. 24, No. 5, pp.74-86, Oct. 2009.
- [3] 장병준, “RFID/USN을 활용한 에너지-IT 융합기술 동향”, 전파진흥, Vol. 19, No.3, pp.18-27, May 2009.
- [4] 장병준, “전자파기술 관련 대학 및 연구소 탐방기 - 국민대학교 에너지-IT 융합연구센터”, 한국전자파 학회지, Vol. 20, No.4, pp.51-54, Sep. 2009.
- [5] J.G. Cho, “IGBT based zero voltage transition full bridge PWM converter for high power applications”, IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 143, No. 6, pp. 475-480, November 1996.
- [6] R. Martinez and P. N. Enjeti, “A high-performance single-phase rectifier with input power factor correction”, IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 11, no. 2, pp. 311-317, March 1996.
- [7] M. Ashari. W.W. L. Keerthipala, C.V. Nayar, “A Single Phase Parallely Connected Uninterruptible Power Supply Demand Side Management System”, IEEE Transaction on Energy Conversion, vol. 15, pp. 97-102, March 2000.
- [8] H. Him, P. Mutschler, “Voltage Source Inverter for Grid Connected Photovoltaic Systems”, 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Australia, July 1998, pp. 2045-2048.
- [9] Jinhui Xue, Zhongdong Yin, Bingbing Wu, Ziping Wu, Jun Li, “Technology Research of Novel Energy Storage Control for the PV Generation System”, Power and Energy Engineering Conference, 2009, pp. 1-4.
- [10] P. Bolduc, D. Lehmicke, J. Smith, “Performance of a GRID-connected PV System with Energy Storage”, Photovoltaic Specialists Conference, 1993, pp. 1159-1162.
- [11] Matsuo M., Matsui K., Yamamoto I., Ueda F., “A comparison of various DC-DC converters and their application to power factor correction”, IECON 2000, 2000, pp.1007-1013
- [12] Dong-Yun Lee, Byoung-Kuk Lee, Sang-Bong You, and Dong-Seok Hyun, “An Improved Full-Bridge Zero-Voltaeg-Transition PWM DC/DC Converter with Zero-Voltage/Zero-Current Switching of the Auxiliary Swit-ches”, IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 36, No. 2, pp. 558-566, Mar./April 2000.
- [13] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook : Fundamentals and Applications in contactless smart cards and identification, Wiley 2002.
- [14] M. Soljagic et al, “Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonanaces”, Science, pp. 83-86, June 2007.
- [15] 장병준, 문성원 “국내외 전자파 인체보호 기준 및 관리동향”, 전파진흥, Vol. 20, No.3, pp.27-37, May 2010.
- [16] 강태규, 김태완, 정명애, 손승원, “LED 조명과 가시광 무선통신의 융합기술 동향 분석”, 전자통신동향 분석, Vol. 23, NO. 5, pp. 32-39, Oct. 2008.
- [17] T. Komine and M. Nakagawa, “Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights”, IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 50, No. 1, pp. 100-107, Feb. 2004.
- [18] 김선진, 서정해, 전종암, 표철식, “USN기반 AMI 서비스 및 기술동향:전력산업과 USN산업의 융합기술”, 전자통신동향분석, Vol. 23, No. 5, pp. 67-78, Oct. 2008.

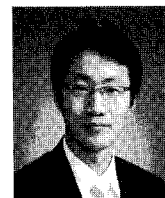
약 력



장병준

1990 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1992 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 현재 국민대학교 전자공학부 부교수
 관심분야 : RF/마이크로파 회로 및 시스템, 무선 통신 시스템, RFID/USN, 주파수 간섭, 에너지-IT 융합

E-mail : bjang@kookmin.ac.kr



한상규

1999 부산대학교 전기공학과(공학사)
 2001 한국과학기술원 전자전 산학과(공학석사)
 2005 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학 박사)
 현재 국민대 전자공학과 조교수
 관심분야 : 전력 회로 해석 및 설계, 신재생 에너지, 에너지-IT 융합 분야

E-mail : djhan@kookmin.ac.kr