

빌딩 그린화를 위한 새로운 에너지시스템 구축기술

홍원 표 <한밭대학교 건축설비공학과 교수>

1 서론

현대 건축물·시설물은 경제성장과 질 높은 작업(거주)환경의 요구에 따라 고층화, 대형화 그리고 기능이 다양화하고 있으며 이에 대부분의 건물의 에너지를 운영하는 건축설비의 기능과 역할이 고급화, 체계화, 자동화, 지능화되고, 더나가 지구환경의 위기를 인식함에 따라 그린화로 적극 추진되고 있다. 이를 충족시키기 위하여 빌딩설비·자동화, 정보통신, 영상시스템, 사무자동화가 통합된 서비스를 요구하는 지능형빌딩(Smart building)의 보편화를 넘어 범지구적 환경문제에 기인한 그린빌딩(green building)과 zero energy house 시대라 요약할 수 있다. 이제 에너지를 “저 탄소 생산하고” “저 손실 전송해야 하며” “고 효율 활용”할 수 있는 기술과 사회 구조로 들어서고 있다. 지난 20년은 IT로 급성장한 시대였다면 향후 20년은 에너지와 그린(green)이라는 기술로 새로운 세상을 열 것으로 판단된다[1-2].

건물은 이미 에너지 네트워크의 중심으로 G(green)-IT의 총합이며 홈네트워크를 통한 모든 가전제품과의 유기적인 네트워크 시스템이며 각종 서비스가 집중되어 전달되는 컨슈머포트이고 이제 에너지와 통신이 일체화 되어 양방향에너지 흐름이 이루

어지는 빌딩마이크로그리드(Prosumer라고도함) 집합체이다. 따라서 이제 건물은 모든 기술과 서비스가 집중되는 공간이며 허브라 할 수 있다[3].

건물의 에너지는 시스템은 BAS(building automation systems)의 EMS(energy management system)를 중심으로 제어 운영되고 있으며 이를 BEMS(building energy management system)라 칭한다. 우리나라는 이 시스템을 활용한 에너지 절약율은 10[%]미만으로 선진국에 비하여 매우 저조한 실정이다. 이는 빌딩의 다양한 설비를 통신, 제어, 에너지(전기, 열) 등을 건축환경적인 관점에서 통합 운영하는 전문기술의 부족이 가장 중요한 요인이고 또한 이를 운영·관리할 관리회사 및 전문인력의 부족과 중요한 기술은 다국적기업인 Honeywell과 Siemens 등이 독점하고 있는 실정이다. 현재 빌딩시스템은 우리나라 에너지 수요의 25[%]에 달하고 앞으로 수송 및 산업분야보다 에너지 소비 증가율이 높아질 것으로 예상되며 이산화탄소발생의 30[%], 그리고 자원소비의 40[%]를 차지하고 있다. 이는 선진국과 우리나라에서 건물에너지를 소비를 줄이고 효율을 높이는 기술이 저탄소 녹색성장의 핵심적인 국가정책임을 알 수 있다. 또한 제로에너지빌딩(ZEB) 및 하우스를 구축하기 위하여 신재생에너지 및 열병합발

전시스템이 정부의 정책드라이브와 2013년부터 탄소거래와 탄소의 의무감축국 수준으로 지정됨에 따라서 빌딩내의 도입이 비약적으로 도입될 것으로 전망된다. 건물에서는 현재 건물통합형태양광발전(BIPV), 태양열, 지열, 연료전지 및 마이크로터빈 등이 본격적으로 도입되고 있으며 계속적인 증가가 예상된다. 이는 새로운 빌딩에너지시스템을 요구하고 있으며 이를 빌딩마이크로그리드(Building Microgrid)라 칭하고 그 기능 및 역할은 기존 건물의 에너지관리(BEMS)+RES+Trigeneration(CCHP: Combined Cooling Heating and Power)의 에너지를 통합적으로 구축하여 운영·관리할 수 있는 새로운 빌딩마이크로그리드 에너지관리시스템의 관련기술 개발이 필수적이다. 새로운 빌딩마이크로그리드시스템을 구축하기 위하여 기축 및 신축빌딩의 에너지 통합성능분석이 필수적으로 수행되어야 하고 이의 결과를 토대로 하이브리드 분산에너지시스템의 최적 구성을 위한 면밀한 분석을 전제로 이루어져야 한다. 이를 토대 위에 소규모분산전원시스템의 다양한 복합운전시스템의 전기적 열적 특성을 파악해야 하며 다양한 빌딩부하 특성에 적절하게 운영·관리하는 기술개발이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 고에서는 빌딩의 그린화를 위한 빌딩의 에너지와 네트워크 현황 및 기술개발방향, 건물의 에너지네트워크 구축 및 운영기술의 최근 동향에 대하여 기술하고자 한다. 본 고를 통하여 한국환경에 적합한 제로 에너지 빌딩 기반기술을 개발함으로써 2025년의 '제로에너지 건축물'을 의무화하는 국가적 목표를 조기 달성하는데 기여하고 이와 관련한 기술개발의 방향을 설정하는데 기여하고자 한다.

2. 기후변화와 건물

2.1 건물의 그린화를 위한 새로운 기술

우리는 화석연료로 에너지를 만들어 창출하여 이

록된 디지털 컨버전스의 시대에 살고 있다. 지구역사상 이렇게 편리하고 풍요로운 문명을 공유하는 시대는 없는 것 같다. 그러나 산업혁명 이래 더 많은 물질적 풍요와 편리를 지고의 가치로 추구해온 문명적 기조는 이제 기후변화라는 엄청난 난제에 부딪혔다. 또한 모든 기술은 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 전환되고 있으며 디지털 통신 네트워크는 우리의 삶의 모든 분야에 직접적으로 영향을 미치고 있다. 즉 디지털 컨버전스의 시대가 도래하고 있다. 위에서 언급한 2가지 현상에 의하여 전력산업은 이제 전력이란 말 자체의 수정이 불가피할 만큼 새로운 환경에 적응해야 할 시점에 와 있다. 전력 에너지 분야의 기술 및 서비스 모든 영역에서도 이제 집중적 사고에서 분산적 사고로의 패러다임 전환이 절실히 요구되고 있다. 이 현상은 전력에너지 산업 분야에서 에너지의 규제가 완화되고 시장 자유화가 진행되고 있는 가운데 새로운 에너지 이용기술이나 재생에너지 이용기술 및 2차 전지와 같은 분산형전원이 수용가와 수용가 인접에 설치할 수 있다는 점과 범지구적 규모의 환경문제의 심각성에 기인한다. 이는 전력도 에너지라는 사고틀에서 기술, 자본, 서비스 및 제도의 혁신이 필요하다. 즉 전력에너지는 비동기화 된 운영과 관리방식, 마이크로그리드 방식의 분산된 지능형 아키텍처설계와 개발, 양방향 자유로운 디지털 통신을 기반으로 하는 패킷 기반의 에너지 거래체계 확립, 다양한 품질과 소비의 자유 형식을 제공하는 멀티포달 서비스제공, 기후변화라는 환경적 난제 및 탄소시장 부상과 전 산업의 환경을 고려한 비즈니스 모델의 구축 등 해결해야 할 과제를 안고 있다. 이에 미국을 중심으로 하는 선진국에서는 이러한 환경의 전력에너지 유통의 새로운 전환틀을 만들기 위한 노력을 경주하고 있다. 미국은 연방정부 주도 하에 민간기업과 국책연구소 등의 전 역량을 결집하는 인텔리그리드(Intelli-Grid) 프로젝트를 추진하여 21세기 디지털 시대를 지원하는 에너지 정보 결합 인프라를 구축함으로써 지식기

반 산업 경쟁력과 국가 에너지 기반 인프라의 안정성을 확보하려는 노력 중에 있으며 2020년까지 Advanced Distribution Automation 개발관련 유연한 배전계통, 개방형표준통신 시스템 및 전력거래 시스템을 목표로 하는 연구를 진행 중에 있다[4]. 일본은 ECONET이라는 전력시스템 관련 기술개발 전략도 국가경쟁력 창출을 위한 전 산업부문의 기본 전략인 “유비쿼터스”라는 국가비전의 틀 아래 통합적으로 추진하고 있다. 국내에서도 전력 IT 사업을 국가적 주도로 추진하고 있어 전력에너지 양방향 유통시스템에 대비한 통신 네트워크인프라를 효과적으로 활용할 수 있는 기술개발을 2005년도부터 추진되고 있다.

마이크로그리드(Microgrid)는 소규모분산에너지원(Microsource or Distributed Energy Resource : DER)들이 수요지에서 하나의 작은 그리드를 형성하여 전력 및 잉여 열에너지를 생산하여 수요자에게 직접 공급하는 새로운 개념의 소규모 전력시스템으로서 유틸리티 그리드(grid-connected)에 연계 혹은 분리되어 단독운전(stand-alone operation)이 가능한 시스템으로 정의할 수 있다. 이의 핵심은 에너지 이용율(90[%]까지)을 높이고 재생가능한 자연에너지를 효과적으로 이용하는 것이다. 따라서 이러한 소형 지역 열병합 단위와 빌딩단위로 운영될 소형분산에너지시스템(마이크로그리드)은 이러한 기후변화 위기에 해결방안의 하나의 축이 될 것으로 판단된다. 전력시스템에 다양한 분산에너지시스템이 보급됨에 따라서 전력품질 및 신뢰도에 미치는 영향 등을 무시할 수 없게 되었으며 또한 소규모 빌딩단위로 도입된 분산전원(BCHP 시스템)은 빌딩내의 열수요와 통합된 제어 및 관리가 병행되어야 하는 어려운 과제를 가지고 있다. 현재 거주건물의 수용가도 수동(passive)네트워크에서 능동(active)네트워크로 크게 변모하고 있다. 종래의 소규모 분산전원을 가지는 수용가의 전력·에너지시스템의 제어 및 관리는

계층적 분산제어 혹은 집중제어관리방식에서 현재의 능동네트워크에 걸 맞는 분산화 된 지능 제어관리시스템을 요구하고 있다. 즉 종래에 중앙집중 방식으로 관리하는 기능들인 부하관리, 네트워크 복구 결정, 발전기최적구성과 급전, 에너지의 합리적 이용 및 통합적 관리 등이 분산화된 지능형 협조관리방법으로 전환되어야한다. 또한 전력시장의 자유화가 진전되어 DER의 비중이 확대됨에 따라 현재의 제어 및 관리 방식으로는 기술적 문제의 해결의 어려움을 초래함은 물론이고 다양한 품질과 서비스 제공이 불가능하게 된다[5].

현재 능동시스템이 당면하고 있는 문제점은 상위계통의 신배전시스템과 분산에너지시스템이 긴밀히 협조 운전하는 자율분산 운영체제 확립, 소규모 마이크로그리드 방식의 지능형 운용 아키텍처설계와 개발, 양방향 자유로운 디지털 통신을 기반으로 하는 패킷 기반의 에너지 거래체제 확립, 다양한 전력품질과 소비의 자유 형식을 제공하는 멀티포달 서비스제공 등으로 요약할 수 있다. 이는 수많은 컴포넌트와 시스템들이 시공간을 제약을 뛰어넘는 상호 밀접한 협력에 의한 제어관리 및 고품질 서비스 창출을 해야만 자유로운 에너지 유통 상품을 요구하는 전기에너지 환경 변화에 적응이 가능하다. 이에 새로운 복합 전력에너지시스템서의 ICT(Information communication technology) 적용기술과 개방된 통신기능이 부가된 고속 마이크로프로세서기술 광목할만한 진보 및 실시간 지능형알고리즘의 구현으로 인하여 유력한 대안 기술로 검토되고 있는 것이 협조와 자율을 기반으로 하는 지능형 다중 에이전트(Multi-agent)를 이용한 제어·관리방법이다. 이는 시장기반 제어·관리(market-based control and management), 현장의 기기제어 및 모니터링을 위하여 개방 프로토콜이 임베디드된 강력한 지능형 제어기 및 IED(intelligent electronic devices)의 활용, ICT기반 인프라를 활용한 환경의 다양한 변화에 능동적으로

응동하기 위하여 협력, 조정 및 협상기능을 가진 새로운 개념의 에이전트를 분산 및 계층분산화한 다중 에이전트를 이용한 빌딩그린화를 위한 새로운 빌딩에너지시스템과 복합 전력에너지시스템에서의 활용에 주목을 받게 되었다.

따라서 세계적으로 우수한 Green-IT기술을 적극적으로 활용하여 BEMS와 BAS와 막힘없이 상호작용성(Interoperability)을 갖는 저탄소 빌딩 구현을 위한 건물 내의 에너지와 환경정보, 부하 및 설비정보까지 수집하여 전송할 수 있는 스마트 제어(부하, 마이크로소스)모듈, 수집된 정보를 바탕으로 신재생 에너지와 설비시스템을 포함하는 에너지절약제어 및 관리의 통합기능과 역할을 갖는 새로운 BMEMS (building microgrid energy management system) 모듈의 구조와 계통연계 또는 독립운전 모드와 배전계통연계운전을 관리하는 BMGMS (building micro grid management system) 지능형 모듈의 기술개발과 이를 기반으로 태양광/풍력/연료전지/저장장치 다양한 조합의 하이브리드분산 에너지시스템과 빌딩자동화시스템과의 통합운전을 위한 운영기술개발과 기술기준이 시급히 이루어져야 한다.

2.2 에너지·자원·환경- 건물의 그린화

국내 최종 에너지 소비량중 약 25%는 건물에너지로 소비되고 있으며 건물에너지 소비량 중 약 75% 정도가 냉·난방에너지로 사용되고 있다. 2006년도 가정·상업부문의 에너지원별 소비실적을 보면 전력과 도시가스는 각각 36%와 36%로 2005년 대비 5.3%와 2.8%의 증가율을 각각 기록하고 있다. 건물에서의 전력소비 증가는 앞으로도 지속적인 증가가 계속될 것으로 예상된다. 한편 온실가스 배출비중도 1.7%로 세계 10위(2007년 기준)의 온실가스 배출국이다. 따라서 빌딩, 에너지

그리고 환경은 통합적 사고틀에서 해결점을 찾아야 한다.

유럽은 2020년까지 에너지 소비의 20%를 줄이고자 '20% Energy Saving by 2020'을 슬로건으로 걸고 구체적인 Action Plan을 작성하고 에너지공급의 확보, 경쟁력강화, 환경 보호를 달성하기 위한 수단으로 에너지 효율화에 의한 소비 절감을 추진하고 있다. 그 주요골자는 소형열병합과 빌딩의 에너지 효율화에 큰 초점이 맞추어져 있다. 이를 통하여 에너지 소비를 20%줄여 매년 600억 유로를 절감하기로 계획하고 있다. 미국도 2007년 'Energy Independence & security Act'를 제정하여 에너지 효율화 및 청정에너지 개발을 지원하기로 하였다. DOE는 'Grid 2030 Vision'을 발표하고 Smart Grid로 에너지 인프라를 구축하기 위한 'GridWise' 계획을 발표하였다. Energy Independence & Security Act에서의 주요 골자는 청정에너지 개발과 빌딩에서의 에너지 절약을 위하여 2018년까지 상업용 빌딩분야에서 순 에너지 사용량 '0'(Zero Net Energy Commercial Building) 달성하고, 신재생 에너지 개발에 초점이 맞추어져 있다. 우리나라는 2006. 11월 중장기에너지 계획인 에너지비전 2030에 따르면 2006년 말 현재 4.1%에 불과한 석유, 가스 등 에너지의 자주개발율을 35%로 확대키로 하고, 국내 소요 에너지의 3분의 1 이상이 석유공사 등 국내 기업의 개발분에 의해 충당되며 전체 에너지 소비량 중 2.2%에 그치고 있는 풍력과 조력, 태양광 등 신재생 에너지의 비중도 9%의 목표로 달해 이 분야에도 집중 투자될 전망으로 에너지 원단위를 0.20으로 잡고 에너지 저소비 사회로의 전환을 선언했다. 정부의 이른바 "저탄소 녹색성장"도 에너지 이용을 줄이며 친환경적인 성장을 이룩하려는 목표를 발표한 바 있으며 이는 건축설비분야와도 밀접한 관계를 가지고 있다. 건축설비 측면에서 그린화를 이루기 위해서는 건물의 에너지 이용을 최소화 하면서 저

탄소 목표를 실현할 수 있도록 저에너지 친환경 건축물을 설계하여야 한다. 저에너지 친환경 건축물은 지구환경 및 건축산업의 지속적인 개발을 목표로 에너지 부하저감, 고효율에너지설비, 자원 재활용, 환경공해 저감 기술 등을 적용하여 건물의 전 생애주기(설계, 시공, 사용, 해체, 및 폐기)에 걸쳐 환경의 피해가 최소가 되도록 계획된 건축물을 말한다. 친환경 건축물을 위한 설계 지침으로 Recycle, Reuse, Renewable, Reduce 등과 같은 “Four R”이 강조된다. Recycle는 재활용자재의 활용을 Reuse는 추후 가변성을 고려한 건축계획과 리모델링을 통한 기존 건물구조의 재사용을 말하며 그리고 Renewable은 무한하며 청정한 자연에너지의 사용을 의미한다. 마지막으로 Reduce는 자원사용의 최소화과 내재에너지가 작은 건축자재 사용 등의 지침으로 건물의 전 생애 주기와 관계한 기술을 나타내고 있다[6-7].

따라서 빌딩의 에너지 시스템의 새로운 전환이 필요한 시점으로 선진국과 우리나라에서도 공히 빌딩에너지를 중심으로 에너지자원의 유효이용을 위한 BCHP시스템 도입, 조명, 가전기기 등 에너지효율화를 위한 정책적 지원을 통하여 에너지의 자립도 향상과 온실가스 감축을 동시에 확보하기 위한 노력이 필요하다. 결론적으로 빌딩 에너지 환경을 고려할 때 통합적 사고를 통한 새로운 생태적 대안을 창출하기 위한 지속적인 노력을 요구한다.

3. 건물의 새로운 통합 에너지시스템 모델

3.1 새로운 빌딩에너지시스템 코어(Core)

새로운 빌딩에너지시스템 구성기기, 대응하는 부하, 운전방식 등에 따라 여러 가지로 분류된다. 구동방식에 의한 빌딩하이브리드에너지시스템 core 분류는 표 1과 같다. 또한 적용형태에 따라 자가발전방식(산업체 자가용과 건물자가용)과 집단에너지 공급방

식(산업단지, 지역냉·난방)으로 나눌 수 있으며 건물 자가용열병합발전시스템(BCHP)과 현재 건물에 주로 사용되는 500[kW]미만의 패키지형 가스 CHP시스템을 중심으로 실용화가 추진되고 있다. 장차 밀집되어 있는 건물 군과 테마파크 중심으로 다소 비 초고층 건물이 건설되는 소규모 지역, 기존 건물에 에너지 시스템을 빌딩하이브리드에너지시스템 중심으로 리모델링을 할 경우를 대상이 될 것으로 예상되며 일본과 미국, 영국을 중심으로 기술 개발이 지속적으로 추진되고 있어 실용화를 위한 상업화 단계에 있다. 그림 1은 새로운 빌딩에너지관리시스템의 에너지 프로우 및 레이아웃을 나타낸 것이다[9]. 수소에너지를 기반으로 하는 연료전지 시스템이 포함된 것으로 집단에너지공급방식까지 활용가능한 불력도이다. 또한 그림 2는 폐열을 포함한 2차 열 발생시스템이 포함된 BCHP시스템의 불력도로서 신재생에너지시스템(RES)이 추가되어 열과 전기 및 냉방서비스가 가능한 복합적 분산전원시스템으로 구성되어 있다. 전기에너지는 PV를 포함하는 소오스와 계통 및 BCHP시스템인 마이크로터빈과 연료전지가 공급한다. 열에너지는 태양열과 지열 및 BCHP의 폐열에서 발생되며 주로 난방과 급탕으로 사용된다. 냉방에너지는 2차열에너지발생기인 흡수식 냉동기(absorption chiller)와 열펌프(heat pump)를 통하여 BCHP로부터의 열과 전기를 활용할 수 있다. 또한 신재생에너지로부터 발생하는 전기를 활용하여 히트펌프 및 관련된 냉방기기를 구동하여 효율적인 에너지를 활용할 수 있다. 또한 신재생에너지 시스템은 수요와 공급의 매칭을 위하여 전기에너지저장장치인 배터리와 슈퍼커패시터시스템이 있으며 축열시스템을 포함한 열저장장치도 매우 중요한 설비이다. 새로운 수소에너지시대에 대비하여 수소에너지의 건물 도입이 적극적으로 이루어지고 있다. 연료전지는 전력과 열을 효율적으로 이용할 수 있는 친환경적 차세대 에너지 발전기술로 기존의 발전방식과는 달리 열역학적인 제

한(Carnot cycle)을 받지 않기 때문에 폐열 이용까지 고려했을 경우 총발전 효율이 최고 80~90% 정도로 매우 높은 고효율 발전기술이다. 연료전지의 발전방식은 수소 및 산소가 갖고 있는 화학에너지의 직접 변환방식을 채택하고 있기 때문에 터빈과 같은 대형 회전자가 없어 소음요인이 아주 적고, 소형 혹은 부분부하의 측면에서 볼 때 효율의 감소율이 적으며 부하 추종성이 매우 우수하다. 연료전지 발전시스템의 모든 구성요소들은 모듈 형태로 제작되기 때문에 대량생산 및 유지 보수, 수급 지역 내 설치가 용이하고 친환경적인 발전시스템으로 소음 수준이 낮고 유지 보수가 간편하여 주거용, 업무용, 연구소나 병원 등의 소형 코제너레이션시스템이 갖추어야 할 조건을 모두 만족시킬 수 있기 때문에 일본과 미국 및 독일을 중심으로 1~5[kW]급의 주택용 연료전지의 보급사업과 실증연구가 활발히 진행 중에 있다. 특히 빌딩 및 공동 주택을 대상으로 적용이 예상되는 연료전지는 고분자연료전지(PEMFC)와 고체산화물연료전지(SOFC)로 크게 나눌 수 있으며 PEMFC는 250[kW]까지 사용화 되고 있다. 특히 대도시의 빌딩과 공동주택 등 집단에너지공급시스템으로 적극적으로 검토되고 있다[2]. 이에 서울의 신재생에너지 20%보급을 통한 에너지 청정도 향상 및 에너지 자급기반 조성 일환으로 서울형 청정에너지 수소 집중 보급할 예정으로 '30년 700[MW]를 목표로 하고 있다. 또한 1[kW] 가정용 보급사업으로 '08년 30기, '09년 40기 설치하고 '30년까지 10만호(100[MW])를 목표로 하고 있다. 집단용 1,000~2,000세대 이상 공동주택, 연면적 5만[m²] 대형빌딩, 자원회수시설, 대규모 개발사업 등에 '30년까지 600[MW] (노원 2.4[MW] 등 5.2 [MW], 마곡 10[MW] 등) 설치할 계획이며 또한 폐열·여열·연료전지열병합발전 활용 집단에너지 200만호 공급하고 2천세대 이상 구역형 연료전지 열병합 발전시스템 500[MW]로 확충할 예정이다[6]. 특히 현재 PEMFC와 SOFC의

표 1. 구동방식에 의한 BCHP 시스템 core 분류

구분	가스엔진	디젤엔진	가스터빈 (마이크로)	연료전지	하이브리드
출력범위 [kW]	-1000	10,000	20~400	5-10,000	마이크로터빈+연료전지+풍력+신재생
종합효율[%]	75-90	67	75-85	75-85	미래기술
배열화수	온수	온수	증기	온수,증기	온수, 증기

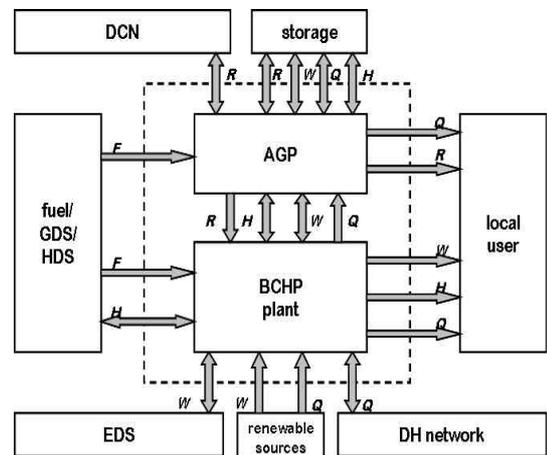


그림 1. 빌딩 그린화를 위한 빌딩에너지시스템의 에너지 프로우 및 레이아웃

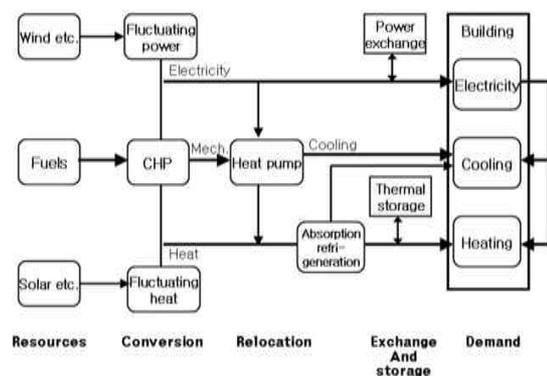


그림 2. 열을 포함한 빌딩하이브리드시스템과 2차 에너지 발생기기(히트펌프 및 흡수식 냉동기)

신뢰성과 저 코스트화가 진전되고 있어 에너지 빌딩 구축을 위하여 하이브리드 에너지시스템(WT/PV/FC/저장장치(SCB, 배터리)/수전해장치)에서의 매우 중요한 역할을 담당할 것으로 판단된다.

3.2 AGP(Additional generation plant)

2차 열 발생장치인 AGP(additional generation plant)는 냉난방을 생산하기 위한 여러 가지 기기로 구성되며 개별 냉방형과 bottoming 냉방형으로 구별할 수 있다. 개별냉방형은 보조장치로서 사용되며 가스구동형히트펌프(지중열, 태양열), 가스구동흡수식냉동기(이중효용), 엔진구동냉동기 및 엔진구동히트펌프 등으로 나눌 수 있다. bottoming 냉방형은 열 추종운전방식으로 열 활용에 주안점을 두고 운전하는 방식으로서 온수흡수식냉동기(가스엔진 : 이중효용), 증기흡수식냉동기(터빈과 엔진구동 : 이중효용), 터보냉동기(BCHP시스템 : 전기구동)와 직화흡수식 냉동기가 활용될 수 있다. 개별냉방형은 BCHP시스템과 분리되어 있으며 이 에너지는 BCHP시스템에서 발생되지 않는 에너지 백터에 의하여 공급되어진다. 반면에 bottoming 냉방형은 BCHP시스템으로부터 나오는 에너지 백터에 의하여 냉동시스템이 구동되는 경우이다. 또한 전기 bottoming 사이클로 전기에너지 백터를 이용하여 냉동기를 구동하는 방식이다. 따라서 BCHP시스템은 이러한 냉방기기 구동 사이클 방식을 선정하는 방식에 의하여 에너지이용율을 제고하고 경제적인전에 매우 큰 영향을 미치게 된다.

4. 빌딩 DE시스템의 구조

DE시스템의 클러스터(cluster)인 빌딩 마이크로 그리드는 DE시스템에서 전기와 열부하에 에너지를 공급하며 마이크로그리드내의 다른 DE시스템들과

통신하지 않는 독립적으로 제어가능 한 기능을 가지도록 제안되었다. DE시스템은 전력원으로서 전력을 생산하고 DC/AC전압형인버터(Voltage source inverter : VSI)을 사용하여 계통에 연계된다. 이는 DC입력을 일정한 주파수, 크기, 위상각을 가지는 AC전압 혹은 전류형태로 변환하여 출력하게 된다. 최근 신재생에너지 발전 등에 의한 기존의 분산전원용 전력변환장치는 일반적으로 전압형인버터를 사용한 전류제어방식을 채택하여 부하측 전압은 계통측전압에 의해 종속적으로 제어되는 형태였다. 그러나 최근 수용가들이 컴퓨터 등의 민감한 부하에 의한 고품질전력을 요구함에 따라 전압문제(voltage sag, swell)등 전력품질을 유지할 수 있는 제어방식으로 전압형인버터를 이용한 전압제어방식의 DE시스템 채택이 검토되고 있다. 따라서 PE시스템은 DE시스템을 통합하여 전력계통에서 고효율과 최적 성능을 발휘하기 위하여 매우 중요한 장치이다. 다수의 DE시스템이 마이크로그리드를 형성하면서 계통에 연계되었을 경우 전력시스템 및 부하에 유효 및 무효전력을 원활히 공급할 수 있어야 한다. DE시스템의 제어시스템에서는 여러 가지 제어 파라메타가 존재하며 마이크로시스템의 효율적이고 안정적인 운전을 위해서는 다수의 DE시스템 개개의 제어파라메타에 의한 유효 및 무효전력 등의 변동 및 상호작용에 대한 연구가 필요하다.

그림 3은 DE시스템과 연계된 전력전자(power electronics : PE)인터페이스 기반의 통합 블럭 다이어그램이다. PE인터페이스는 DE시스템에서 전력을 받아서 요구되는 전압과 주파수를 가진 교류 전력으로 변환시킨다. 저장시스템은 계통과 에너지시스템과의 양방향 전력흐름이 가능하도록 하는 제어스킴을 설계해야 한다. PE인터페이스모듈은 그림 3에서와 같이 크게 4종류의 모듈로 구성되어 있다[9]. 즉 DE입력컨버터, 인버터모듈, 출력인터페이스 모듈 및 제어모듈이다. 파란 단방향 표시는 DE소오스의

에너지 흐름을 표시한 것이고 빨간 화살표는 DE저장장치 양방향에너지 흐름을 표시한 것이다. AC출력을 발생시키는 DE시스템인 풍력터빈, 마이크로터빈(microturbine : MT), IC엔진, 프라이휠 저장장치는 AC-DC 컨버터를 필요로 한다. DC출력을 발생시키는 연료전지, PV, 배터리시스템은 DC-DC컨버터를 필요로 하며 DC전압을 제어할 수 있게 된다. 이 입력측제어기(기기측제어기)는 DE소오스의 전력의 입력전력의 특성에 따라 전력변환을 반드시 거치게 된다. DC-AC컨버터(인버터)는 모듈에서 가장 중요하며 DC소오스를 계통과 연계된 AC전력을 발생시킬 수 있는 능력을 가져야 한다. PE 인터페이스는 DE시스템이 요구되는 조건을 확보하기 위하여 제어 및 감시시스템을 기반으로 하는 운전시스템이 포함되어야 한다. 또한 이는 DE시스템과 병렬 연계운전을 위한 그리드의 보호기능, 그리드로부터의 분리기능이 포함된다. 부가적으로 제어 및 감시 모듈은 HMI, 통신인터페이스 그리고 전력관리 기능을 공급하게 된다. 특히 이 기능 중에는 유효전력, PCC지점에서의 전압모니터링이 매우 중요하다. DE시스템을 그리드와 동기시키기 위하여 DE제어기 출력은 그리드의 전압, 주파수, 상회전(phase rotation) 및 위상각이 같도록 해야한다. 이때 동기화는 2개의 에너지시스템이 병렬운전하기 전 상기의 4변수들이 적정 범위내에 있는지를 확인하는 작업이다. 출력인터페이스모듈인 필터와 제어모듈은 DE의 보호 및 계통과의 연계점(point-of-common-coupling : PCC)에서의 인터페이스로 동작하게 된다. 이러한 기능은 분산전원 배전계통연계기술기준(2004.2)과 IEEE 1547-2003 계통연계 요구조건을 만족하도록 구성하여야 한다. DC-DC 컨버터의 적용방법은 여러 종류가 있으며 제어가 어려운 입력 DC를 특별한 부하조건을 만족시키기 위하여 크기를 조정하게 된다. 이의 좋은 예는 PV 응용에서 입력태양에너지를 최대한 도출하기 위하여 설계되어진다. AC-AC 컨버터는 AC소오스 전압 크

기와 주파수를 계통의 전압과 주파수의 고정값으로 변환하기 위하여 사용된다. 이 컨버터는 그 자체의 고유한 단점으로 DE응용에는 사용하는 예가 적다. 표 2는 그림 3에 나타난 DE유닛별의 전형적인 인터페이스구조와 전력조류제어를 위한 방법을 요약한 것이다. 또한 DE시스템의 가장 중요한 부분은 제어시스템이다. 이 시스템은 일반적으로 크게 2부분으로 나누어진다. 1차소오스 입력전력은 전력변환유닛에 의하여 부하 또는 계통에 적합한 전기여로 변환되어지며 이의 변환기 구조는 1차에너지의 특성에 의하여 달리하며 이 토폴로지는 DE시스템의 효율성, 신뢰성 및 경제성에 크게 영향을 미치며 제어시스템과 매우 밀접하게 검토하여 사용되어야 한다. 여기에 나타난 불력들은 다음에 기술될 각 DE시스템별 모델 및 모의에서 자세히 검토될 것이다.

(1) 입력측(DE시스템 측) 제어기 : 입력(DE)소오스로부터 최대 출력을 얻을 수 있도록 구성해야하며 입력측 컨버터는 이 제어시스템에서 역할을 수행해야 한다.

(2) 계통측 제어기 : 이 제어기의 기본적인 역할은 다음과 같다.

- 그리드로 발생시키는 유효전력의 제어
- DE시스템과 그리드사이의 무효전력의 수수
- DC링크전압의 제어
- 전력품질의 향상을 위한 제어
- 그리드와의 동기화

위의 기본적인 역할이외에 그리드측 제어기는 전압과 주파수의 조정, 전압고조파 보상 및 더나가 능동형 필터의 제어기능까지 수행해야 한다. 또한 DE시스템은 전압원으로 작동하므로 계통에 연결하기 위해서는 계통에 연계되는 인덕터가 필요하다. 계통연계용 인덕터는 DE시스템으로부터 계통으로 전달되는 유효·무효전력을 적정하게 제어할 수 있도록 해준다. DE시스템 측 단자전압 크기와 위상은 제어시스템의 PWM제어를 통해 제어되며 인버터 시스템은 인버터

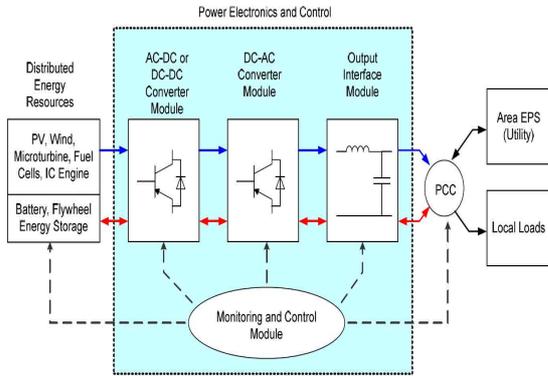


그림 3. DE power electronics interface의 구조

표 2. DE 유닛을 위한 인터페이스

	1차 에너지소스	인터페이스	전력조류 제어
DG기종	가스엔진 소수력 고속도풍력	동기발전기 유도발전기	AVR과 조속기 제어(+P, ±Q) 터빈의 피치제어(+P, -Q)
DG(신재생 +CHP시스템)	변속풍력	PEC (ac-dc-ac 변환)	터빈속도 dc 링크전압제어(+P, ±Q)
	태양광, FC	PEC (dc-dc-ac 변환)	MPPT, dc 링크전압제어(+P, ±Q)
장시간저장용	배터리저장	PEC (dc-dc-ac 변환)	SOC, 출력전압/주파수제어(+P, ±Q)
	수소저장시스템	수전해시스템(dc-dc 변환) 수소저장장치	링크전압제어, PV시스템 MPPT제어
단시간저장용	슈퍼커패시터	PEC (dc-dc-ac 변환)	SOC(+P, ±Q)
	프라이윌	PEC (ac-dc-ac 변환)	속도제어 (+P, ±Q)

측전압 V , δ_v 및 계통측 전압과 위상 E , δ_E 를 측정하여 원하고자 하는 유·무효전력 및 전압을 제어하는 피드백시스템으로 구성되어 있으며 수 [ms] 응답특성을 가진다. MT와 연료전지 등이 채용된 시스템에서는 순간적인 부하변화에 효과적으로 응답하고 전압을 유지하기 위해 통상 DC링크에 배터리와 함께 연결된다. 충전된 배터리에 의해 과도 응답을 보상하고 DC 링크전압은 상대적으로 경직(stiff)된 직류전압으로

볼 수 있으므로 인버터에 배터리가 연결된 시스템은 전력전자시스템을 설계하고 해석하는데 용이하게 해준다. 외부에서 주어져야 되는 두 가지의 지령치는 다음과 같다.

- 투입요구 유효전력(P^*)
- 버스요구전압(E^*) 혹은 투입요구 무효전력(Q^*)

5. 빌딩하이브리드에너지시스템-빌딩마이크로그리드

현재 빌딩에 적용되고 있는 대체에너지분산발전(AEDG : alternative energy distributed generation)소스는 태양광발전시스템(PV)와 풍력발전시스템으로 매년 괄목할만한 성장을 하고 있다. 마이크로터빈발전시스템과 연료전지가 있으며 이 마이크로소스는 양호한 열을 얻을 수 있어 빌딩의 에너지원으로 매우 장점을 가진 에너지원이다. 연료전지(FC)는 공해가스가 거의 없는 매우 깨끗하고 효율이 높은 에너지로 성장가능성이 매우 높은 마이크로 소스로 최근에 기술개발로 경제성면에서도 큰 진전이 이루어지고 있다. 그러나 이들은 독립발전소 소스로 사용하기에는 매우가격이 비싸며 운영적 측면에서 한계를 가지고 있다. 특히 PV와 WT는 기후에 의존하는 제어할 수 없는 소스이고 FC와 MTG는 아직까지는 화석연료를 사용한다는 단점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위하여 FC의 연료인 수소를 얻기위하여 PV와 WT를 활용하는 하이브리드 에너지 시스템은 세계적으로 매우 큰 관심을 가지게 되었으며 실용화 개발이 이루어지고 있다. 이는 단독으로 사용하는 시스템에 비하여 높은 질과 유연성과 신뢰성을 가진 전력을 확보할 수 있다. 하이브리드 에너지 시스템은 다른 AEDG 조합과 저장장치의 결합하여 그림 4와 같이 구성할 수 있다[11]. 우선 BIPV와 WT가 가장 광범위하게 적용할 수 있는 신재생에너지이며 그 다음 FC와 MT는 신뢰성을 가진 전력을 생산

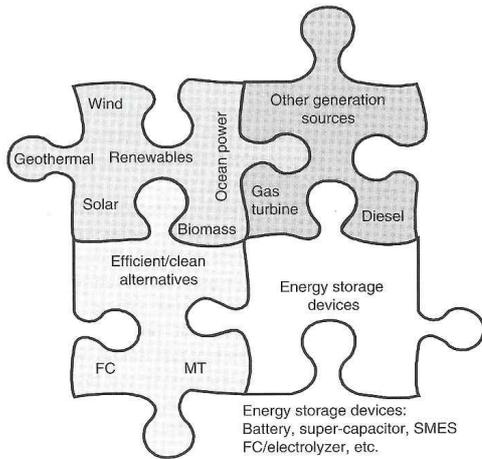


그림 4. 하이브리드에너지시스템의 AEDG

할 수 있을 뿐만 아니라 CHP 시스템을 구축할 수 있어 매우 효율이 높은 하이브리드에너지시스템을 구축할 수 있다. 이외에도 기존에 활용하고 있는 가스터빈과 디젤(가스)발전시스템은 PV-FC, FC-WT 및 WT-PV-FC 발전시스템의 신뢰성과 좋은 성능을 확보하기 위하여 사용되고 있다. 이 빌딩마이크로그리드는 전원의 구성방식, 전력계통과의 연계방식, 그리고 전원과 부하의 종류에 따라 세부적인 제어목표가 차이가 있다. 현재 다양한 DE유닛과 제어장치를 통합적으로 운영하여 빌딩스마트그리드의 목적을 달성하기 위한 연구개발 및 실용화가 진행되고 있다. IEEE P1547.4 워크 그룹이 분류한 마이크로그리드의 계통연계방식의 종류를 다음과 같이 분류하였다. Utility microgrid(변전소레벨), Multi-facility Microgrid(Feeder 레벨), 그리고 Single facility Microgrid(단독운영자 레벨)로 분류된다. 이외에도 섬 오지 등의 고립계통과 우주선, 비행기 등의 특수계통도 마이크로그리드라 볼 수 있다. 빌딩 마이크로그리드에 사용될 수 있는 DE유닛은 MTG, 가스엔진, 태양광발전과 풍력발전 등으로 기술개발과 가격저감의 노력으로 실용화에 근접하고 있다. 특히 태양광발전과 풍력발전시스템은 지역적, 시간적 특성에

따라 발전량이 변동되는데 서로 상호보완적인 관계를 가지고 있다.

또한 빌딩의 열 에너지원으로 현재 태양열 및 지열을 중심으로 실용화되고 있으며 열원과 전력원의 하이브리드 시스템 구축도 매우 중요한 관심사이다. 현재 이러한 관점에서의 연구는 초보단계에서 이루어지고 있지만 제조사 및 시공사 중심으로 설치되고 있어 경제적인 운영 및 에너지 통합유지관리 등 측면에서 매우 큰 문제점을 가지고 있다. 각각의 독립적인 발전방식으로는 효율적인 발전과 운용을 하기 어렵기 때문에 MTG, 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 디젤(가스)발전 등과 에너지저장장치를 통합 운영하여 계통연계 또는 독립운전하는 하이브리드발전 형태의 방식이 요구되어져왔다[12]. 일반적으로 하이브리드시스템은 통신정보버스와 에너지버스를 갖고 통합적으로 운영, 제어 및 모니터링을 하는 새로운 통합운영시스템 개발이 시급한 실정이다. 이러한 하이브리드발전시스템은 전력선 연결 방법에 따라서 크게 AC 병렬형 하이브리드발전시스템과 DC 공통 하이브리드발전시스템으로 구분할 수가 있다[12].

5.1 AC 병렬형 하이브리드발전시스템

모든 DE유닛들은 AC부스바(bus bar)에 병렬로 연결되어 AC부하에 전력을 공급하는 시스템이다. 이 방식은 크게 두 가지 방식으로 나누어지며 그 하나는 그림 5 (a)의 전력주파수AC(PFAC)결합시스템이며 나머지는 그림 5 (b)의 고주파 AC (HFAC)결합시스템이다. PFAC시스템은 다른 에너지소스들이 각각의 전력변환기를 통하여 전력주파수 AC bus에 결합된 것으로 대개 결합인덕터가 AC bus와 전력변환기회로사이에 접속되어 원하는 전력조류제어와 관리를 수행하게 된다. HFAC시스템은 HFAC bus에 다른 에너지 소스와 HFAC 부하가 연결되어 있으며 이 구성방법은 비행기, 배, 잠수함 및 우주정거

장 등의 HFAC부하(400[Hz])에 적용하기 위하여 사용된다. HFAC는 정규부하에 전원을 공급하기 위하여 ac/ac 컨버터를 통하여 사용할 수 있으며 PFAC나 PFAC시스템에서 dc 전력은 ac/dc 정류기를 통하여 얻는다. 이 AC토폴로지는 DC토폴로지보다 우수한 특성을 가진다. 그 이유는 각각의 인버터는 부하에 독립적으로 공급하고 또한 다른 인버터와 동시에 공급할 수 있도록 발전기와 동기화 될 수 있기 때문이다. 이 방식은 커스터머부하수요에 에너지원이 잘 맞출 수 있도록 많은 유연성을 제공할 수 있다. 병렬운전 형태를 가지기 때문에 경부하 및 첨두부하에 대응할 수 있는 능력이 뛰어나다. 이러한 병렬운전 방식은 전력전자시스템의 용량과 발전기의 용량을 줄일 수 있는 특징이 있다. 이 토폴로지는 DC토폴로지와

비교하여 높은 에너지 효율, 높은 에너지이용률을 유지하면서 전력변환기 소형화, 디젤 발전기의 최적 활용 등 장점을 가지고 있다. 반면에 이 토폴로지의 제어 및 운용은 각 컴포넌트들 간에 요구되는 동기화의 프로세스 때문에 정교하게 제어·운영기술을 요구한다. 성능이 좋은 전력변환시스템은 제어 및 부하공급문제들을 간편하게 할 수 있는 단계에 와 있으며 이 토폴로지의 적용범위를 확대하는 계기를 가져왔다. 이러한 의미에서 수요의 증가 및 부하변화의 다양성 등으로 인하여 시스템의 확장 및 수정 등에서도 쉽게 적용할 수 있다. 이러한 하이브리드시스템의 설계 및 건설은 이 시스템의 유연성, 기능성, 전력품질 및 경제성 등에 결정적인 영향을 미친다. 이 하이브리드시스템은 신규투자비용을 줄이기 위하여 우선 설계, 건설 및 특히 전력변환기의 표준화가 시급하다.

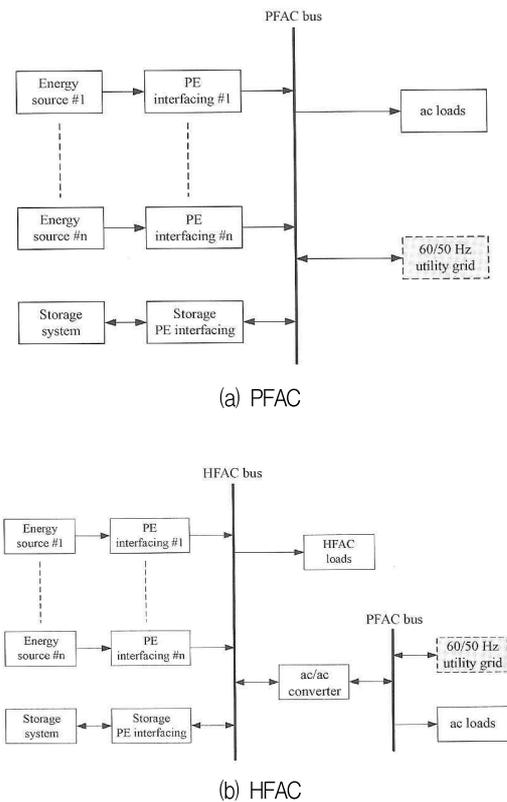


그림 5. AC 결합 하이브리드에너지시스템

5.2 DC 공통 복합발전시스템

모든 발전기와 저장장치가 DC bus에 연결되어 있으며 AC원의 출력은 DC bus에 연결되어 있는 DC/AC컨버터를 통하여 AC부하(60[Hz])에 전원을 공급하게 된다. 이 인버터는 다른 여러 DC유닛에서 발전된 DC전력을 AC의 정격전압과 주파수로 변환하여 공급하며 양방향 인버터기능을 가지고 있어야 한다. 그림 6은 이 시스템 블록도를 나타낸 것이다. 또한 계통에 연계되어 운전할 수 있다. 이 방식은 비교적 간단하며 다른 에너지소스를 결합할시 계통 주파수와 동기를 맞추는 필요가 없다. 그러나 인버터의 용량이 커야하고 인버터 고장 시 AC부하에 전력을 공급할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이를 대응하기 위하여 용량이 작은 인버터를 병렬로 사용하고 있지만 인버터의 부하분담제어가 필요하고 계통연계인버터는 계통과의 동기를 하여야한다. 인버터시스템은 피크부하수요에 대응할 수 있는 능력이 있어야하고 반면에 백업발전용량은 피크부하를 공급하고 동시에

짧은 시간에 에너지를 저장할 수 있어야 한다. 각 DC 유니트들이 DC/DC 컨버터를 통하여 DC bus에 연결되어 있는 것을 보여주고 있다. DC/DC컨버터는 배터리 및 연료전지와 DC bus에 연결되는 경우 양방향으로 설계해야하며 나머지 유니트에 사용하는 것은 단방향으로 설계된다. 이들 컨버터는 컨버터의 입력전압이 변해도 일정 DC전압을 공급하는데 목적이 있다.

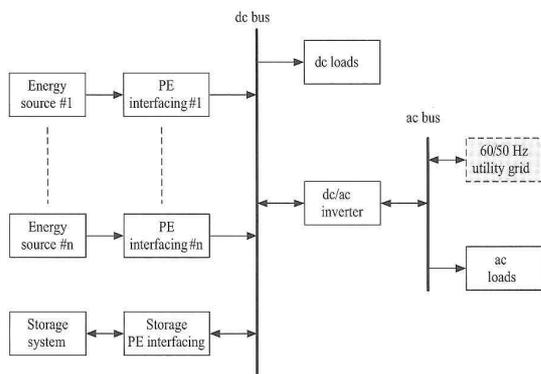


그림 6. dc-bus 결합 하이브리드에너지시스템 구성도

6. 다중에이전트 기반 빌딩에너지네트워크 시스템 구축

BCHP시스템과 신재생에너지 및 빌딩 설비를 통합제어하기 위해서는 지금까지 BAS위주로 생성된 Data와 정보보다 수집 배의 정보를 가지고 있기 때문에 현재의 제어 및 모니터링 시스템 구조로는 불가능하다. 따라서 그림 7에서와 같이 Data 네트워크에서 역할을 분담하고 FIPA 프레임워크[13]를 기반으로 하는 다중에이전트를 활용한 제어, 모니터링 및 데이터 및 에이전트간 상호 협력을 통하여 최적의사결정을 수행하도록 한다. 다중에이전트시스템(multi-agent system: MAS)에 있어서 에이전트란 분산 환경 하에서 상호협력을 통해 작업을 수행하는 프로그램을 말한다. 에이전트 수행 환경에서는 여러 프

로그래를 활용하는 작업을 사람의 도움 없이 에이전트들이 자발적으로 처리한다. 단지 응용 에이전트들이 서로 개방하여 대화하며 자신이 필요한 서비스를 다른 에이전트에게 요청하고 도움을 받을 수 있다 [14-15]. 이 계통도는 제일 하부 소규모 마이크그리드는 빌딩 마이크그리드이며 배전계통관점에서 보면 변전소 단위의 수용가포탈기레벨까지 확대시킬 수 있다. 여기서 IED는 지능형 노트로 빌딩 네트워크 관점에서 개방형프로토콜을 가진 LonWorks, CAN 및 BACnet프로토콜을 가진 상호동작성이 확보된 지능형제어기의 일종이다. 이 노트는 신호처리 및 데이터 프로세싱을 필드에서 수행하고 통신을 네트워크 통하여 주어진 이벤트를 수행하게 된다. IED에이전트는 빌딩 마이크로 그리드 관점에서 보면 그림 8에서 Local 제어기(에이전트)라고 볼 수 있으며 이 로컬 IDE 에이전트는 크게 마이크로전원에이전트와 부하에이전트로 크게 나눌 수 있다. 또한 그림 7의 제어 에이전트는 IED로부터 얻은 정보와 데이터를 처리하고 이를 저장과 MMI을 위한 디스플레이를 위하여 역할을 수행하게 된다. 제어 에이전트로부터 전달된 데이터는 상태모니터링과 이벤트로깅데이터 처리를 위한 실시간 데이터 에이전트와 비 실시간 데이터 에이전트로 나누어 업무를 수행하게 된다. 에너지매니저 에이전트는 그림 8의 MGCC (Microgrid control center)과 같은 역할을 하며 마이크로소스에 의하여 빌딩의 전기부하와 열부하수요에 부합하도록 하며 빌딩 마이크그리드의 효율을 최대화하고 탄소배출 및 손실을 최소화하여 빌딩의 마이크그리드의 토탈에너지시스템 이용율을 극대화하도록 한다. MGCC는 로컬제어기와 협조하여 시스템의 운영의 최적화를 도모한다. 그림 7의 IED 에이전트 레벨로 데이터와 정보를 수집(Data acquisition)하는 역할을 담당하며 로컬에서 제어기능을 수행한다. 그림 9는 MAS 기반 빌딩마이크로그리드를 운영하기 위한 BMEMS 구성도를 나타낸 것이다. 에너지 소비가 큰 빌딩의 경우

신재생에너지와 열병합시스템이 이 빌딩부하를 담당하도록 구성하면 전력은 E-agent가 열은 H-agent가 냉방은 C-agent가 담당하게 되며 전체의 에너지 관리(Total energy management)는 그림 7의 에너지메니저(EM) agent 역할을 담당하게 된다. 빌딩 자동화관점에서는 건물의 에너지관리역할을 주로 담당하는 BMS와 통합시스템을 구축하여 BMEMS에 이전트로 운영하거나 Agent 플랫폼에서 각각의 역할을 가지고 빌딩전체의 에너지를 효율적으로 관리하도록 한다.

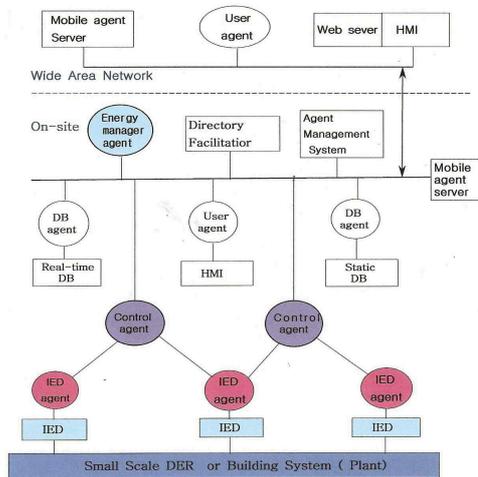


그림 7. 빌딩그리드 다중 에이전트 계통도

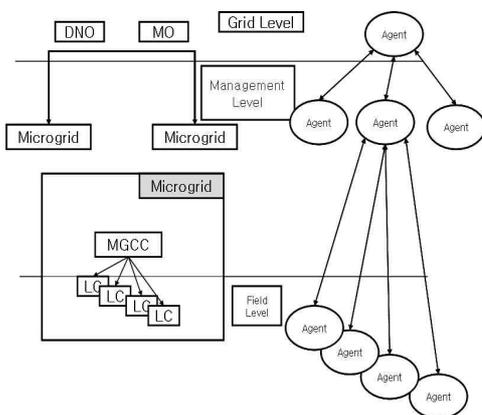


그림 8. 빌딩Microgrid의 에이전트기반 분산제어개념도

그림 8은 빌딩마이크로그리드 환경에서의 운영체통도를 나타낸 것이다. DNO(distribution Network Operator)는 배전시스템의 변전소나 구역전 기사업단위의 영대의 마이크로그리드를 가지고 운영할 때에 기술적 운영을 담당하는 디바이스다. MO (Market Operator) 여러 사이트의 마이크로그리드의 마켓운영 역할을 담당한다. 이 두 디바이스는 빌딩 마이크로그리드 범위에 속하지 않지만 MGCC와 관리레벨의 데이터를 교환하며 다수의 마이크로그리드가 상호 협력하여 각각의 마이크로그리드가 최적 운영조건을 가지도록 한다. 에이전트간의 통신을 위한 가장 큰 걸림돌은 각 에이전트가 가지고 있는 이질성(heterogeneity)이다. 이러한 이질성을 극복하고 통신하기 위해서는 상호 이해 가능한 언어와 프로토콜이 필요하다. 에이전트 플랫폼은 FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agent)이다. 모든 에이전트 통신은 메시지 전달을 기반으로 하며 이 메시지 표현은 ACL(Agent Communication Language)이다. 대표적인 예는 KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)과 FIPA-ACL이 있다. 그림 10은 MAS모듈 구조를 나타낸 것으로 IEDs를 중심으로 Data acquisition and control system 모듈은 IED agent-Data acquisition과 Control(plant) agent(TR, CB, RES, BCHP) 및 services Modules-ontology DB로 구성되며 필드의 모든 데이터를 수집하고 기본적인 제어 및 감시기능을 협조적으로 수행하게 된다. Local area modules(LAN)은 Database agent와 Document Agent를 중심으로 실시간 데이터 DB(logging event, alarms & condition monitoring data)와 static DB(configuration data) 기능을 수행하게 된다. Global modues(WAN)는 user agent를 중심으로 제어센터구실을 하며 서비스 모듈과 매우 긴밀히 협조하여 통합적 협조관리를 수행하게 된다.

특집 : 건물의 그린화를 위한 신기술동향 및 구축사례 현황

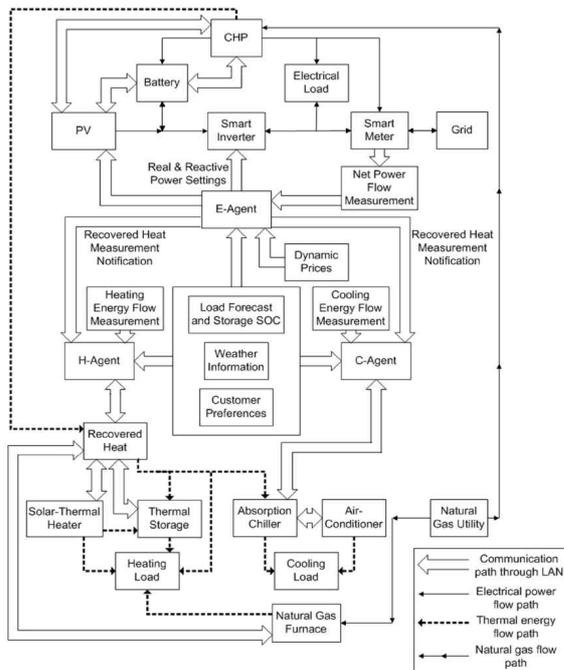


그림 9. 빌딩 Microgrid의 에너지 효율화를 위한 에이전트 기반 BMEMS

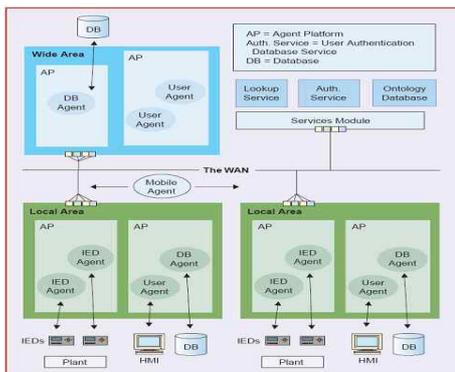


그림 10. Multi-Agent 시스템의 모듈 구조

그림 11은 MAS기반 DC 하이브리드에너지시스템을 구성도를 나타낸 것이다. 이는 분산 MAS를 활용하여 하이브리드에너지시스템의 관리의 성능을 파악하기 위하여 연구를 진행한 것으로 그 연구 결과를 [16]에 자세히 기술하였다. 이를 통하여 빌딩마이크로그리드는 BMS와 막힘없는 정보교환을 통하여 전

체의 빌딩에너지시스템을 최적으로 운전할 수 있음을 확인하였다.

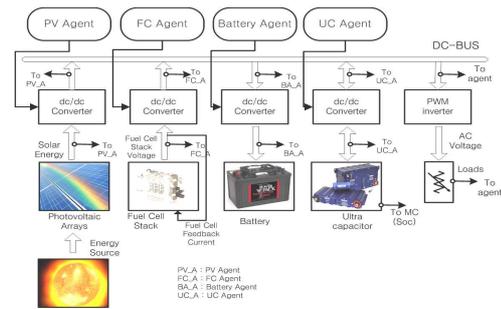


그림 11. MAS기반 독립형 빌딩마이크로그리드 시스템 운영

7. 결 론

빌딩의 그린화를 위하여 빌딩의 친환경 건축과 에너지 시스템의 구축은 신재생에너지 및 열병합시스템의 적극적인 도입 운전으로 매우 중요한 과제가 되었다. 그 이유는 건물에 소비는 1차 에너지가 선진국에서는 40[%]에 달하고 CO₂방출량도 전체의 50[%]에 이르기 때문이다. 토머스 프리드먼의 ‘code green’에서 에너지기후시대의 녹색혁명은 이제 ‘선택이 아니고 운명’이라고 선언했다. 일본, 유럽 및 미국을 중심으로 하는 선진국에서는 이미 건물을 중심으로 그린빌딩을 실현하기 위한 국가적인 과제를 10년전부터 수행하고 있다. 다양한 건물에 BCHP시스템과 신재생에너지 도입하여 앞으로 도래할 빌딩의 새로운 에너지 시스템의 개발, 도입 및 평가를 위한 연구가 매우 심도 있고 광범위하게 진행되고 있다. 영국은 거주건물에 2016년부터 제로에너지 의무화를 추진하고 있다. 우리나라의 경우 신축 건물의 신재생에너지 시스템의 도입이 진행되고 있지만 지열과 태양광 시스템 위주로 법적인 구색을 맞추기 위한 방편으로 도입되고 있는 실정이다. 에너지의 고 효율화를 위한 통합적 관리가 되지 않고 있으며 관련기술 개발과 사회

적 합의가 미약한 실정이다. 빌딩도 에너지의 시장기반 변화 및 BCHP 시스템과 신재생에너지의 도입으로 이제 소비중심에서 에너지를 생산하고 소비하며 그리드와 연계된 에너지와 데이터통신이 상호 양방향으로 유통하는 Prosumer가 실현되고 있다. 이를 위하여 현재 논의되고 있는 전력부분 스마트그리드 표준화, 홈네트워크, U-city, 그린홈, 건물 IT 등 다양한 플랫폼과 막힘없는 정보 및 에너지 유통이 이루어지도록 개방화 및 표준화 노력을 지속적으로 추진해야 한다. 본 고에서는 건물에 새로운 에너지시스템 도입을 위하여 통합적 에너지 관리시스템의 개발의 중요성을 빌딩에너지관리시스템과 관련하여 자세히 기술하였다. 빌딩의 하이브리드시스템은 PV/WI/FC/SCB(battery)/수전해장치 및 태양열/지열/히트펌프/마이크로터빈 등으로 구성되며 AC 기반과 전기자동차가 보편화 되면 DC기반하이브리드시스템으로 운전방식이 더 유력할 것으로 보인다. 따라서 새로운 빌딩마이크로그리드환경 하에서 냉방, 난방, 전기에너지를 통합적으로 운영하는 BMEMS와 BMGMS(building microgrid management system)모듈을 개발하여 Data 네트워크에서 FIPA 플랫폼기반으로 MAS(multi-agent system)의 운영관리기술의 개발이 유력한 대안이 될 것으로 보인다. 즉 빌딩의 에너지 인터넷의 실현이 먼저 이루어져야 한다. 이를 통하여 앞으로 전개될 광역 스마트그리드와의 연계 통합운전을 통하여 에너지와 정보들이 막힘없이 유통되어 시장기반의 에너지 거래기반구축, 건물의 새로운 에너지시스템 고효율화와 부하저감 및 탄소의 매출저감이라는 빌딩 그린화의 중요한 목표를 실현할 수 있을 것이라 확신한다.

참 고 문 헌

[1] 홍원표, "소형분산에너지시스템 특집: "빌딩 마이크로그리드 시스템 현황과 제어·운영기술", KIEE Magazine, Vol.23, No.2, pp.1-2, 2009. 4.
 [2] 홍원표, "Multi-Agent 기반 분산에너지시스템 연구", 1, 2차

년도 산업자원부 (기초전력연구원)보고서, 2008.7-2009.7.
 [3] 김창섭, " 건물부분의 기후변화 대응을 위한 새로운 제안", 설비, 제 26권, 제 5호, pp. 69-73, 2009.
 [4] 홍원표, "소형분산에너지시스템특집: "권두사", KIEE Magazine, Vol.23, No.2, pp.1-2, 2009. 4.
 [5] 홍원표, "건축물의 새로운 에너지 시스템 구축방향" KIEE Magazine, Vol.23, No.1, pp.53-62, 2009.2.
 [6] 홍민호, "기후변화 대응을 엔지니어링 분야의 역할", 설비, 제 26권, 제 5호, pp. 83-91, 2009.
 [7] 서울특별시, "세계 녹색 경쟁력 선도 도시 구현을 위한 2030 서울시 저탄소녹색성장", 2009.7.2.
 [8] 김선희, "온실가스감축과 국토정책방향 특집-도시 건축물 온실가스감축방향", 국토 2010 1월호(통 399호), pp. 4-31, 2010.
 [9] Gianfranco Chicco, "Distributed multi-generation: A comprehensive view," Renew Sustain Energy Review(2007), doi:10.1016/j.rser.2007.11.014.
 [10] W. Kramer, S. Chakraborty, "Advanced Power Electronic Interfaces for Distributed Energy Systems Part 1: Systems and Topologies", Technical Report NREL/TP-581-42672 March 2008.
 [11] M. H. Nehrir, "Modeling and Control of Fuel Cells" John Wiley & Sons, 2009.
 [12] Abou El-Maaty Metwally Metwally Aly Abd El-Aal, "Modelling and Simulation of a Photovoltaic Fuel Cell Hybrid System", Ph.D Dissertation, Electrical Engineering, University of Kassel in Germany, April 15, 2005.
 [13] M. Wooldridge, "MultiAgent Systems", John Wiley & Sons Ltd, 2002.
 [14] F. Jacques, Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence, Addison Wesley Professional, 1999.
 [15] J. Lagorse, D. Paire, A. Miraoui, "A multi-agent system for energy management of distributed power sources," Renewable Energy, vol. 35, no.1, pp. 174-182, Jan, 2010.
 [16] 홍원표, "Multi-Agent 기반 분산에너지시스템 연구", 3차년도 산업자원부(기초전력연구원)보고서, 2010.7.

◇ 저 자 소 개 ◇



홍원표(洪元杓)

1956년 5월 15일생. 1978년 숭실대 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학교 전기공학과 졸업(박사). 1979~1993년 한전전력연구원 선임연구원. 2007~2008년 UBC 방문교수. 현재 한밭대학교 건축설비공학과 교수. 본 학회 이사 및 편수위원. 대한설비공학회 에너지전문위원. 주요 연구분야는 필드버스제어 네트워크 적용. Green Building과 에너지 및 Smart space 구축기술임.
 Tel : 042-821-1179
 E-mail : wphong@hanbat.ac.kr