

스마트 그리드 기술의 현대농업에의 활용방안

김 광 만*

*인덕대학교 테크노경영과

Smart Grid Utilization of modern technology in agriculture

Kwang-Man Kim*

*Dept. of Technology & Systems Management, Induk College

Abstract

In this paper, we propose a system architecture of the AMI to be applied in the modern agricultural sector. Agricultural electricity costs in South Korea is very inexpensive compared with other industries. It is expected to increase oil prices to rise over the medium to long term so the facilities must to be installed for farmers in terms of energy savings and energy costs. The research and development of plant factory which can replace the ills of modern agriculture is very active. The technologies of smart grid and plant factory are good paradigm of next generation agricultural sector. Good use of smart grid technologies, the traditional energy consumption industries, agriculture sector can be self-sufficiency industry. In this article the AMI architecture is developed and it will be applicable for modern farmers plant factory.

Keywords: Smart Grid, AMI, Factory Plant, Renewable Energy, Modern agriculture

1. 서 론

새로운 전력 공급 및 수요 방식으로서 기존의 전력망 구조에 IT 기술이 접목된 스마트 그리드(Smart Grid: 지능형 전력망)에 대한 국가적 차원의 투자가 이루어져, 많은 연구가 수행되고 있다[1][2][3]. 스마트 그리드는 기존의 생산자가 통제하는 중앙 집중적인 네트워크 방식이 아니라 다양한 공급자와 공급방식이 존재하며 수요자와 공급자 간에 상호작용을 가능케 하는 시스템으로서 적용분야와 그 실행방법 또한 매우 방대하다. 또한, 용어의 정의도 다양하고 추진 주체의 지향점에 따라서 진행 양상이 많이 다르게 나타나고 있다.

예를 들어서 미국의 경우는 노후된 전력망의 교체의 필요성에서 대두된 바가 크기 때문에 노후 전력망의

교체에 주안점을 둔 지능형 전력망(Intelligent Grid)으로 실행하고 있으며, 유럽의 경우는 신재생에너지를 중심으로 한 프로젝트가 진행되고 있다. 국내에서도 실행 로드맵의 작성과 시범 지자체가 지정되어 많은 연구와 프로젝트가 활발히 진행 중에 있지만 다분히 IT 성장 동력 산업으로서의 방향으로 치우쳐 지향하는 측면이 많이 강조된 것으로 보인다[4].

본 논문은 이러한 배경에서 그간 신기술의 적용에서 타 산업과 비교하여 그 적용이 늦었던 농업분야에 대한 내용을 다루고자 한다. 농업에서의 스마트 그리드는 미국이 지향하는 지능형 전력망과 함께 유럽의 신재생 에너지 중심의 그것과 IT 기술 지향적인 국내의 모든 방향이 동시에 융합되어야 함을 강조한다.

† 본 연구는 2010년도 인덕대학교 학술연구비의 지원을 받아 수행되었음.

† 교신저자: Kwang Man Kim, Dept. of Technology & Systems Management, Induk College, Seoul, Korea
M · P: 010-9454-7664, E-mail: kmkwang@induk.ac.kr

2012년 10월 20일 접수; 2012년 12월 9일 수정본 접수; 2012년 12월 11일 게재확정

본 논문에서는 스마트 그리드적용을 위한 현대농업에서의 식물공장을 소개하고 이에 대한 적용 방안에 관하여 기술한다. 2장에서는 전형적인 에너지 소비산업이라고 여겨졌던 농업이 신재생에너지의 잠재력이 있음을 기술한다. 3장에서는 전통적인 농업과 비교하여 현대 농업의 병폐를 살펴보고 식물공장의 당위성을 기술한다. 4장에서는 스마트그리드가 현대 농업에 적용되기 위하여 고려해야 할 사항을 기술하고, 5장에서는 스마트그리드의 주요 구성 요소인 AMI 시스템을 연구제안 한다.

2. 농업과 에너지

2.1 농업에서의 에너지 사용 변화

에너지는 모든 산업의 전분야에서 필요한 것이지만 대표적인 에너지 소비형 산업인 농업의 경우 과거 태양에너지에만 전적으로 의존하던 것이 산업혁명을 거치면서 화석 에너지에 대한 의존도가 점차 심화되어 왔다. 산업혁명 이전에는 농기구나 비료, 가축용 사료는 모두 자연상태 그대로를 사용하였다. 예를 들면 밭을 일구는 데 필요한 농기구는 사람이 작업하거나 기르던 가축들을 활용하였으며 비료는 가축의 분뇨를 사용하였고 가축의 사료는 목초와 건초를 활용하여 해결하였다. 사실상 목초와 건초는 태양 에너지로부터 가능하게 된 광합성 작용으로 성장한 것이므로 결국 태양 에너지를 에너지원으로 사용했다고 볼 수 있다. 산업혁명 이후로부터 현대농업의 시설농업의 일반화로 농업 경영비에서 에너지가 차지하는 비중이 점차로 증가하고 있다. 농업분야의 2007년 에너지 소비량은 2,086천 TOE이다. 이 중 석유류가 1,516천TOE(72.7%), 전력이 406천TOE(19.4%), 연탄이 158천TOE(7.6%)이며, 신·재생에너지는 사용실적이 거의 없다. 그러나 향후 유가가 상승할 경우 석유류 소비량은 감소하고 스마트 그리드 기술의 적용이 증가하면서 점차적으로 신·재생에너지 소비량이 증가할 것으로 보인다. 농업분야의 에너지원 사용실태를 <Table 1>에 기술하였다[5].

<Table 1> Usage of the energy sources in agricultural sector(2007)

(단위: 천TOE)

구분	연탄	석유류	가스	전력	신탄	신·재생 에너지	계
사용량	158	1,516	6.0	406	1.0	0	2,086
비중	7.6	72.7	0.3	19.4	-	0	100

2.2 농업용 전력 효율 현황

일반적으로 농업용 에너지 효율이 타 산업분야의 에너지 효율보다 전반적으로 낮은 실정이다. 시설원예의 경우 대부분의 온실이 10여년 전에 설치되어 노후화되어 있으며, 노후화 면적이 온실면적의 90% 이상을 차지하고 있어 가온시설에 대한 열 효율성이 낮은 실정이다. 농기계의 경우는 에너지 소비효율등급 표시제도가 없으며, 에너지 절약형 농기계 개발이 미흡하고, 경지가 소규모로 분산되어 있어 이동에 의한 에너지 소비가 많고, 작업단위의 규모가 작아 기계의 작업효율이 낮은 상황이다.

농업용 전기 비용은 일반용에 비하여 매우 저렴하지만, 중장기적으로 유가가 상승하여 에너지 비용이 증가할 것으로 전망되므로 농가 차원에서 에너지 절감시설을 설치해야 하지만, 초기 투자비가 크고, 에너지 절감 시설에 대한 기술수준을 신뢰하지 못해, 지열히트펌프 냉난방기, 목재펠릿 보일러 등 에너지절감시설의 공급이 확대되지 못하고 있다.

3. 현대농업의 특징

3.1 전통농업과 현대농업

현대농업과 전통농업의 가장 큰 차이는 작부 체계이다. 작부 체계란 한정된 땅에 몇 가지 작물을 조합하여 순서대로 재배하는 방식을 말하는 데 넓게는 작물을 생산할 때 필요한 자원 관리, 자재 투입, 재배 기술 등도 이에 포함된다. 자급 위주의 중소농이 중심이었던 전통농업에서는 상품정보다는 먹는 데 초점을 맞춰 작물들의 다양한 특성을 파악해 한정된 땅에서 서로 어울리게 길렀다.

현대식농업은 상품성의 정도에 따라서 작물을 선택하여 인위적인 환경을 만들어 재배한다. 따라서 주어진 환경에 잘 맞지 않는 채소류의 작물들을 재배하다보니 비닐하우스 재배가 늘 수밖에 없고 화학비료·농약 등 석유에 의존하는 고투입 농업이 될 수밖에 없는 현실이다. 고투입 농업이 야기하는 환경 문제로는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- 농약과 인공비료에 의한 토양과 수질 오염
- 토양침식과 비옥도 소실
- 관개 경작토의 염류농도 상승
- 화석 연료 사용에 의한 대기 오염
- 농약에 대한 병충해의 약제 저항성
- 농약 및 항생물질의 식품 잔류

이러한 현대농업에 대한 환경오염 문제, 전통농업 및 현대농업의 보완 등의 대안으로서 도시농업과 이를 위한 식물공장의 개념이 소개되어 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 식물공장은 농산물 수요처인 도심 인근에 위치해 농작물 운송에 따른 에너지 소비 및 온실가스 배출을 저감할 수 있는 장점이 있으나 초기의 많은 투자비용과 지속적인 에너지 소비 등의 문제로 시장 경쟁력은 아직 확보되지 않은 실정이다. 하지만 갈수록 빈발하고 있는 국지성 호우와 가뭄, 폭설 등 기상이변으로 인한 농작물 피해 및 소비자가격 폭등으로 인해 새롭게 조명되고 있다.

3.2 도시농업과 식물공장

도시농업은 도시의 다양한 공간을 활용한 농사행위이다. 세계적으로는 일본의 시민농원, 영국의 얼랏먼트, 독일의 클라인가르텐, 러시아의 다차, 쿠바 아바나의 도시농업, 캐나다의 커뮤니티가든 등 다양한 형태로 존재하며 매우 활발한 활동이 이루어지고 있고 국내에서도 활발한 연구개발과 프로젝트가 진행 중이다.

식물공장이란 통상적으로는 도시공간 시설 내에서 광, 온도, CO₂, 습도, 기류속도, 무기영양 등의 재배환경을 최적상태로 제어하고, 재배공정을 자동화하여 식물을 연속적으로 계획 생산하는 효율성 높은 식물생산 시스템을 뜻한다. 이는 고도수경재배시스템으로 식물을 생산하는 좁은 의미의 식물공장, 클론증식시스템, 세포대량배양시스템으로 나누어진다. 그러나 일반적으로 식물생산시스템은 고도 환경제어와 자동화 기술을 이용하여 공산품을 생산하는 것처럼 시설내에서 수경재배 방식에 따라 농산물이나 고기능성의 바이오매스를 주로 계획 생산하는 식물공장생산시스템만을 의미하는 경우가 많다[6][7][8].

식물의 경우 주요 생장의 에너지 원천은 바로 태양이다. 식물공장에서는 이를 인공광원으로 대체해야 하는데, 이용하는 광원의 종류에 따라 인공광중심의 완전제어형, 인공광과 태양광을 함께 사용하는 태양광병용형, 태양광만을 이용하는 태양광 이용형 등으로 구분된다. <Figure 1>에 식물공장의 두 가지 예를 나타내었다. 이 인공광원이 식물공장에서 가장 많은 전력을 사용하는 요소이다. 현재까지의 식물공장은 그 투입에 맞는 수준의 고품질을 제공하지만 에너지 소비의 관점에서는 생산성이 미흡한 수준이므로 스마트 그리드 기술과 같은 효율적 전력 공급 개념 적용이 필요한 분야라고 할 수 있다.



<Figure 1> Solar combination approach (left) and fully control method (right)

4. 스마트 그리드와 농업

4.1 농업과 신재생 에너지

신재생에너지 중에서는 대표적인 에너지 소비형 산업인 농업을 에너지 생산업으로 바꿀 수 있는 유망에너지 자원들도 존재하는데 폐기물에너지, 지열과 바이오에너지 등이 그것이다[9]. 컨테이너 완전폐쇄형 식물공장에서 LED 점등을 위한 태양광 발전(Solar Cell) 병용시험을 한 결과, 주요 전력소비원인 LED 조명 전력 소모량의 77.1%를 절약할 수 있다는 산업계에서의 연구가 있는 바[10], 농업분야에 신재생에너지의 도입을 적극 검토하여야 할 필요가 있다.

4.1.1 폐기물에너지

폐기물을 변환시켜 연료화하거나 직접 에너지를 생산하는 기술로 산업현장이나 가정에서 배출되는 태울 수 있는 폐기물을 활용한다. 종이, 나무 등 가연성 폐기물은 고체연료로, 폐윤활유 등의 폐유는 재생유로, 플라스틱, 타이어 등은 액체 연료로 재생한다[6].

4.1.2 지열에너지

지상과 땅 속, 지하수, 호수 등과의 온도차를 이용하여 냉난방에 활용하는 기술이다. 초기투자비용이 다소 높지만 투자회수가 빠른 것이 장점이다. 실제 지열시스템을 도입한 농가의 경우 70%~80% 이상의 연료비 절감 효과를 얻고 있다.

4.1.3 바이오에너지

농업분야에서 직접 생산한 소재로 만들 수 있는 에너지로서 경유와 휘발유를 대체할 수 있는 에너지원이다. 유채, 대두 등 유지 작물은 바이오디젤을, 고구마 쌀 등의 전분작물과 섬유질이 많은 식물체는 바이오에탄올을 생산한다. 축산분뇨는 발효시켜 바이오가스를

만들며, 볏짚, 나무 등의 유기물은 고체성형 연료로 만들어 난방용으로 사용한다. 농업분야의 경우는 이러한 신재생에너지원이 복합적으로 사용될 수 있으며 스마트 그리드 적용시에 반영되어야 한다.

4.2 농업용 스마트그리드 기술 요건

스마트그리드를 구성하는 기술 요소는 발전부분에서 청정에너지를 생산하는 분산전원 분야, 전력망 부분에서는 에너지 효율을 높이고 외부 충격이나 사고에도 자가 복구가 가능한 전력망 관리 분야, 그리고 사용자들의 에너지 효율을 높이고 전력품질을 높이는 사용자 전력관리 등 3가지 분야의 기술이 있다. 이 중에서 농업 적용을 위해 고려해야 할 내용을 그 특징과 함께 기술하였다.

4.2.1 분산전원분야

① 분산전원 (Distributed Resource) 계통 연결

농가의 경우 폐기물에너지, 지열에너지, 바이오에너지 소스를 이용한 전력망 구성과 통합 및 배분 시스템 등이 필요하다. 이를 위해 비닐하우스 등에 설치 가능한 미소전류 발전시스템을 적용하는 것을 고려하여야 한다. 특히 태양광의 경우는 식물공장 방식으로 광병용 방식을 채택할 경우 매우 중요한 에너지원이 될 것이며, 향후 식물공장의 보급 증가추세에 따라서 농업용 스마트 그리드의 주요 관리대상이 될 것으로 전망된다.

태양광 발전시설을 통해 전력을 생산해 식물공장에 공급하고, 주간, 월간, 연간 발전량과 이산화탄소 감소량을 한눈에 볼 수 있다. 낮에 태양광을 이용하다가도 만약 비가 오거나, 흐려진다면 LED 램프를 가동하는 방식이다. 식물공장은 또 지열 냉난방 시설을 갖추면 땅속의 열을 이용해 에너지를 절감하면서 냉난방을 할 수 있다.

4.2.2 전력망 관리

① 실시간 감시 (Real-time Monitoring)

양계장과 같은 축산농가에 있어서 일시적인 냉·난방에 실패하는 경우에도 집단 폐사나 집단발병 등이 발생할 수 있으며, 이는 막대한 손실을 초래할 수 있다. 실시간 감시는 분산전원시스템 및 송배전자동화 기능과 연동하여 유사시에는 대체 전력의 송배전이 가능하도록 하여야 한다.

② 송배전자동화 (Transmission/Distribution Automation)

이 기술을 통해 특정 지역에 전력 공급이 불안정하거나 정전이 되었을 때, 양계장이나 식물공장 등과 같이 냉·난방이 매우 중요하거나 필요한 곳에 자동적으로 안정적인 전력을 공급해 줄 수 있다.

③ 수요응답 (Demand Response)

전력 공급자와 수요자 사이의 양방향 통신을 통하여 전력망의 상태에 따라 유연하게 전력 사용량을 조절하는 기술이다. 이는 식물공장의 경우에 매우 중요하게 적용되는 부분이다. 업체류, 근채류 등 과종식물의 종류에 따라서 광원의 적용 방법이 모두 달라 필요한 생육기간동안의 전력공급 프로그래밍이 가능해야 한다.

경우에 따라서는 식물의 생육단계에서 태양광보다 인공광이 더욱 필요한 경우가 있을 수 있다. 특히, 장마철의 경우는 지속적인 광합성의 일관성을 위하여 태양광이 가용한 순간마다 번갈아가며 시스템을 토글하는 것보다는 차라리 인공광을 지속적으로 공급하는 것이 더욱 좋다. 이런 경우 에너지 소비라는 관점보다는 고품질을 제고할 수 있는 전력 수요의 탄력적 운영이 필요하다. 스마트 그리드기술을 농업에 적용하는 경우 전력비용의 액면만 고려해서는 안 될 것이다.

4.2.3 사용자 전력 관리

① 스마트 미터(Smart Meter)

전력 사용량을 시간마다 디지털 방식으로 기록하여 원격통신을 통해 보고한다. 일반적인 스마트미터의 경우 그 역할은 전력의 사용량을 중앙에 전달하는 일종의 센서 기능을 수행하는데 그 주요 역할이 있다. 그러나 농업에서 스마트미터를 적용하는 데는 설치된 곳에서 발생할 수 있는 유사시에 즉각 대비할 수 있는 기능이 내재되어야 한다. 예를 들면, 전력망관리 분야의 실시간 감시기능과 연계할 수 있는 기능이 내재되어야 한다.

② 스마트 농기계 제품(Smart Farm Appliance)

스마트 농기계 제품은 스마트 칩이 내장되어 전력망의 신호를 받아 전력망에 부하가 걸릴 시 사용을 줄일 수 있다. 또한 전기요금이 저렴할 때만 작동하도록 프로그래밍 할 수도 있다.

야간이나 새벽에 전기요금이 저렴할 때에 충전모드를 가동하여 온수기, 냉난방장치에 응용되어 피크 시의 전력사용을 줄이고 전력망의 안전성을 높일 수 있다.

5. 현대농가용 AMI 시스템 설계

현대 농가주택의 경우, 냉난방부하를 최소화 하여 비용을 절감시키는 패시브 하우스(Passive House)와 신재생에너지시스템 등의 요소를 접목하여 전력까지 충당함으로써 궁극적으로 외부로부터 에너지 공급 없이 스스로 자립이 가능한 제로에너지하우스 (Zero Energy House)가 동시에 병행 고려되어야 한다.

본 연구에서는 농가내에 설치된 식물공장을 염두에 둔 지능적인 전력수요관리 기능이 보장된 스마트 AMI를 정의하고, 이의 구조와 구성요소 및 알고리즘을 제안한다.

5.1 제안 AMI 시스템의 특징

스마트그리드를 위한 대표적인 기능으로는 AMR (Automatic Meter Reading) 또는 AMI (Advanced Metering Infrastructure)가 있다. AMR은 전력 사용량을 자동으로 검침 및 관리 할 수 있는 시스템이다. AMI는 스마트미터를 기반으로 전력 소비자와 생산자 간에 양방향 정보 교환을 가능하게 하는 시스템을 말한다. 따라서 스마트 그리드를 구현하는 핵심요소는 AMR의 단순한 원격 검침 기능 뿐 아니라 AMI와 같은 구조를 가져야 한다. 제안된 AMI는 농가 맥내의 에너지제어는 물론이고 농가에 설치된 식물공장을 동일 제어 범위에 두어 관리하도록 하고 있다.

제안된 AMI의 기능은 다음과 같다.

- 에너지 소비의 실시간 모니터링.
- 농가 맥내와 식물공장의 에너지 부하를 지능적으로 제어
- 에너지 소비의 통계 및 분석
- 에너지 품질에 대한 모니터링
- 다양한 에너지 정보 통합 관리



<Figure 2> AMI system structure

본 연구에서 제안하는 AMI 시스템 구조도를 <Figure 2>에 나타내었다.

5.2 시스템 기능 및 동작

5.2.1 맥내 홈게이트웨이 기반 AMI 모듈

홈 게이트웨이를 기반으로 하는 가정 내에 스마트가전을 관리하기 위한 통신 인프라로서 각 가전을 통합 관리하는 기능을 제공한다. AMI 기능이 동작하기 위한 홈 게이트웨이는 기존 홈 게이트웨이에 전력관리를 위한 보안 서비스 모듈 등을 추가하여 기존 서비스 모듈과 연동한다.

맥내의 에너지 부하관리는 Level 0에서 Level 3의 수준으로 나누어 관리하며 그 내용을 <Table 2>에 나타내었다.

<Table 2> Energy load management services group

그룹	내용	제어 가전	비고
L0	제어불가/불허	유무선통신, 네트워크 장비, 배전반	
L1	경고 후 제어가능 장비	TV, 컴퓨터, 세탁기, 오디오, 식기세척기,	경고 후 전원 차단
L2	자동제어 장비	냉장고, 냉·온풍기, 방조명등	전원소비 조정가능
L3	자동 전원차단	현관조명등, 스프링클러	

5.2.2 식물공장 게이트웨이 기반 AMI 모듈

게이트웨이 기반 AMI모듈은 식물공장내의 에너지를 관리하기 위한 것으로서 정시, 정량, 정질의 생산 효율성이 보장될 수 있도록 각 부분을 통합 관리하는 기능을 제공한다. 식물성장 최적화를 위한 조명 파장의 조합, 균조도 등 각종 파라미터의 관리는 물론이고 작물 재배의 라이프사이클을 고려한 지능형 제어기능을 수행한다. 각 구성부분을 다음에 기술하였다.

1) LED 조명부

조명부는 크게 5가지 분야로 구성된다. 작물별 최적의 성장파장 및 성분, 병해, 출하조절 등의 제어를 위한 파장제어, 작물의 시기(발아, 육묘, 축성, 성장)별 조명의 조사 강도를 조절하는 조명의 강도, 펄스의 형태

와 듀비티를 제어하는 펄스 및 듀비티 비율 제어, 작물 별로 요구되는 온/오프시간을 조절하는 온/오프제어, 그리고 각각의 재배단(열, 층)별로 제어하는 재배단 제어 등이다.

2) 양액부

양액부도 조명부와 마찬가지로 5가지 부분으로 구성된다. 조명의 조도와 비례하여 양액의 농도를 연동하여 제어하는 연동제어부, 작물의 시기별로 양액의 농도를 조절하는 시기별 예약 제어부, 양액의 온도를 조절하여 고온/저온 식물을 재배하는 양액온도 제어부. 작물의 성장에 도움이 되는 박테리아와 유해한 박테리아를 구분하여 살균하는 살균제어부, 각 재배단의 구역별로 제어하는 작물별 제어부 등이다.

3) 재배환경부

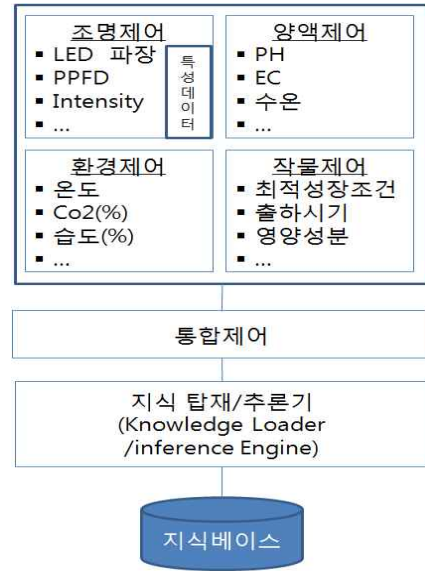
재배환경부는 3가지 부분으로 구성된다. 각 재배단별로 온도, 습도, CO2의 센서가 통합 관리되는 센서 제어부, 발아, 육묘, 등의 작물의 성장 시기별로 환경을 자동제어 하는 부분, 계절별로 재배작물의 환경을 맞추는 연동제어부 등으로 구성된다.

5.3 에너지 부하 관리자

에너지 부하 관리자는 AMI의 중요 구성요소로서 에너지 소비를 통합적으로 제어하는 기능을 담당하는 서비스 모듈이며, 팩내 에너지 서비스 레벨과 식물공장의 에너지 수요 및 제한사항에 따라 구성부를 분류하고 관리한다. 에너지 부하 관리자는 에너지 부하 제어 정보를 기반으로 정해진 레벨과 미리 정해진 지식베이스의 지침에 따라 지정된 구성 부분을 제어한다.

본 시스템이 제안하는 에너지 부하 관리자의 구성을 <Figure 3>에 나타내었다.

에너지 부하 관리자는 작물의 생육 단계에 따라 달라지는 제어 요소들의 조합을 지능적으로 통합 제어하기 위하여 별도의 지식베이스와 추론기관을 가진다. 지식베이스는 생육식물의 종류에 따른 조명 시간과 같이 명료하게 정의될 수 있는 경우는 규칙기반 프로덕션 룰(production rule)이 대부분을 이루게 되지만, 날씨의 흐린 정도와 습도를 동시에 고려한 태양광 병용 시점과 같이 명료하게 정의되기 어려운 지식을 다루기 위해서는 퍼지추론(fuzzy inference) 방식과 같은 병용 추론엔진 적용을 검토하여야 한다.



<Figure 3> The structure of energy load manager

작물의 생육에 가장 많은 영향을 미치는 것이 조명부이다. LED 조명을 기존의 것과 다른 제작사의 것으로 교체하였을 경우 그 제작사에 따라서 특성이 다르기 때문에 광 포화점과 광 보상점 및 광원에 따른 조도가 영향을 받게 된다. 따라서 조명이 바뀌었을 경우는 적절한 보정이 될 수 있도록 상세 데이터를 시스템에 반영하여야 한다.

<Table 3>에 각 구성부분의 관리 요소를 기술하였다.

<Table 3> Component-specific control elements

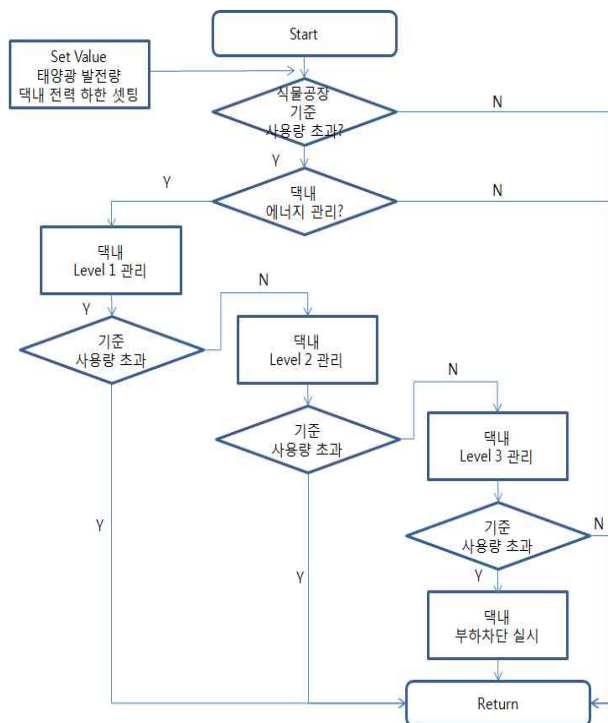
구분	관리 요소	비고
조명 제어	LED 파장	430nm~660nm
	PPFD	1~255 umol
	Pulse Control	1hz~25Khz
	Duty rate	1%~100%
	On/Off time	0.1(sec)~99.9(sec)
	Intensity	10%~100%
양액 제어	PH	
	EC	
	수온	
	양액 공급 및 농도	
	양액살균	
환경 제어	온도	
	CO2	
	습도	
	Fan Control	
작물 제어	작물별 성장 제어	
	출하시기 제어	
	영양성분 제어	
	병해 예방	

5.4 에너지 수요 알고리즘

본 논문에서는 맥내의 가전기기별 에너지관리와 함께 식물공장과 연동하여 전력사용조건에 따른 통합적인 에너지관리방법을 제안하고자 한다[11]. 기존의 단일 가정에서 주로 이루어지던 에너지관리는 식물공장을 이용하여 작물을 생산하는 경우 그 에너지 관리를 통합적으로 수행하여야 한다.

<Figure 4>는 제안 AMI의 효율적인 운영에 필요한 시스템 전체적인 에너지 수요관리 알고리즘을 보여준다. 제안된 알고리즘은 실시간으로 맥내의 전력사용량을 감시할 때 상시 개별 에너지관리를 통해 가전기기, 조명, 냉난방기기 등의 대기전력 차단이 이루어지도록 한다. 또한 식물공장이 일정수준의 전력사용량을 초과하였을 때는 맥내 주거지를 대상으로 적절한 에너지관리 즉, 부하제어를 실시하도록 한다.

맥내 에너지 부하제어 관리는 <Table 2>에서 기술한 바와 같이 Level 0에서 Level 3의 4단계 기준에 의거하여 단계별로 나누어 순차적으로 실시한다. Level 0에서 Level 3의 그룹에 따라서 조명, TV 그리고 냉난방부하에 대한 부하제어를 실시한 후에도 계속적으로 전력사용량이 일정 기준을 초과하고 있을 경우에는 전력 차단과 같은 추가적인 부하제어도 실시한다. 종합적인 에너지관리 제어는 조명, 냉방장치, TV 모두를 대상으로 한다.



<Figure 4> Algorithm to control the energy demand

6. 결론

본 논문은 현대의 농가에 스마트 그리드 기술을 적용하기 위한 방법에 관하여 기술하였다. 전형적인 에너지 소비산업이라고 여겨졌던 농업이 신재생에너지의 잠재력이 있음을 기술하였고 전통적인 농업과 비교하여 현대 농업의 문제점을 살펴보았으며 식물공장을 그 대안으로서 소개하였다.

스마트그리드가 현대 농가에 적용되기 위하여 고려해야 할 기술적 고려 사항을 정리하였으며 스마트그리드의 주요 구성 요소인 AMI 시스템을 연구 제안하여 실제 현대 농가에 적용할 수 있도록 적용 방법을 제안하였다. 제안된 AMI가 효율적으로 사용되기 위하여 필요한 에너지 수요 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 농가 맥내와 작물 생산시설로 설치된 식물공장과 연동하여 에너지 부하를 조절하는 데 사용할 수 있도록 개발하였다.

향후 제안된 시스템을 기반으로 실제 도시 농가에 적용한 농업형 AMI가 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

7. 참고 문헌

- [1] Clark W, Gellings, The Smart Grid : Enabling Energy Efficiency and Demand Response, Fairmont Process, 2009
- [2] H. Farhangi, "The path of the smart grid", IEEE Power & Energy Mag., Issue 1, pp. 18-28, Feb. 2010
- [3] Patrick D. Gallagher, NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, 2012
- [4] 김남훈(2010), "스마트그리드 동향 및 업체 분석", 산업연구 시리즈, 17-26
- [5] 김연중, 이상민, 김배성(2010), "농업부문 신·재생에너지 이용 활성화 방안 ", 녹색성장과
- [6] 김종호(2009), "식물공장의 동향과 전망", 한국농촌경제연구원, 61:11-19
- [7] 이용범, 최기영(2010), "식물공장", 아이오인스페셜진, 2-10
- [8] 김종민, 이원학, 김승희, 강종원(2011), "농업의 컨버전스진화-20毛作식물농장", 강원발전연구원, 47:3-5
- [9] 권진경(2012), "농업의 에너지 독립선언", RDA Interrobang, 85:1-19
- [10] http://www.sunnyfield.co.kr/eng_board/view.php?USeq=42&TName=EngBoard_Bbs_Public_data&page=1

- [11] Marry Ann Piette, "Development and Evaluation of Fully Automated Demand Response In Large Facilities", California Energy Commission, pp.23~44, 2005

저 자 소 개

김 광 만



현 인덕대학교 테크노경영과 교수로 재직중이며, 인하대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 동 대학원 기계공학과에서 자동화공학전공 박사학위를 취득하였습니다.

주요 관심분야는 ERP, EAM, 시뮬레이션, 안전공학, BSC 등이다.

주소: 서울 노원구 월계동 산76 인덕대학교 테크노경영과