

국내 전력부문의 스마트그리드 시장의 현주소와 활성화 방안

김지현*, 이석준*, 김기윤*, 정석재*
광운대학교 경영학부

Evaluation and Facilitation of the Korean Smart Grid Market

Ji-Hyun Kim*, Suk-Jun Lee*, Ki-Yoon Kim*, Suk-Jae Jeong*
Business School, Kwangwoon University*

요약 현재 정부는 본격적인 전력 스마트그리드 확대에 앞서 제주도 구좌읍 6,000호를 대상으로 스마트그리드 실증사업을 추진 중에 있다. 하지만, 관련 기업들은 정부와 한전 주도의 한국 전력시장의 한계, 기존 전력망의 높은 안정성 및 효율성, 신재생에너지 활용도 미흡, 전기요금 인상 우려 등을 이유로 스마트그리드 확산에 대한 부정적인 시각을 가지고 있다. 본 연구는 스마트그리드 시장을 활성화하기 위한 핵심 이슈들을 1) 이해관계자들의 대립 문제, 2) 실시간 요금제 도입에 따른 효과 문제, 3) 소비자들의 수요 반응 참여 부족, 4) 스마트그리드의 비즈니스 모델부재, 5) 스마트그리드 거점지구 확산 문제 등의 5가지로 분류하고, 이에 대한 전략적 방안을 제시하였다.

주제어 : 전력 스마트그리드, 실시간 요금제, 수요 반응, 비즈니스 모델, 거점지구 선정

Abstract Prior to full-scale implementation of smart grid, the Korean government is conducting a smart grid testbed in Jeju island. However, the participants of the ongoing program are skeptical about the success of the expansion of smart grid. The concern rises from various reasons; the limits of the Korean electricity market mainly led by both the government and KEPCO, high stability and reliability of the existing electricity grid, insufficient utilization of renewable energy, and public fear of raised electricity bills. Five key issues in regards to facilitating the Korean smart grid market are extracted and evaluated. The issues are conflict of interest among participants, the effect of introducing real-time pricing, lack of customer participation of demand response, and absence of business models.

Key Words : Power SmartGrid, Real-Time Pricing, Demand Response, Business Model, City-wide Testbed

1. 서론

최근 지구 온난화와 에너지 고갈 및 환경 파괴로 인한 환경 문제에 대하여 세계 각국에서 심각하게 고민하고

있으며, 전기 자동차의 상용화를 앞두고 이산화탄소 배출저감 및 효율적인 에너지 사용이 중요시 되고 있다. 이에 대한 해결 방안으로 IT 기술의 획기적인 발달에 의해 기존의 독점적인 전력공급에서 수요자가 참여하는 양방

Received 3 September 2013, Revised 10 October 2013

Accepted 20 November 2013

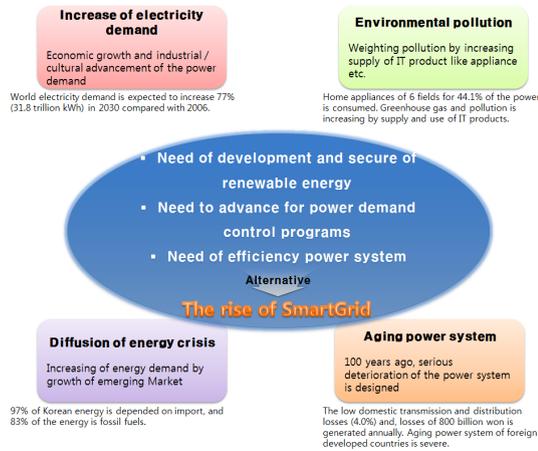
Corresponding Author: Suk-Jae Jeong(Business School, Kwangwoon University)

Email: sjjeong@kw.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

향 커뮤니케이션 형태의 전력 스마트그리드(이하 스마트그리드라 칭함) 개념이 도입되었다([Fig. 1] [1]참조).



[Fig. 1] Emerging necessity for smart grid

스마트그리드의 구축은 계통의 신뢰도 향상, 전력 공급의 안전성 확보, 공급비용 감축, 최대부하 감소, 소비자 선택 확대 및 유연성 제고, 신재생 에너지원의 사용증가, 새로운 일자리 창출, 전력산업과 다른 산업과의 융복합 증대, 전력 산업의 미래 변화에 적용, 그리고 에너지 안보 제고 등의 여러 가지 편익을 도모할 수 있다는 장점을 가지고 있다[1]. 이에 정부는 본격적인 스마트그리드 확대에 앞서, 국내 제품 및 기술의 시험평가 연구자료 축적 및 세계 최대, 최첨단의 스마트그리드 실증단지의 조기 구축을 통한 관련기술의 상용화 및 수출산업을 촉진하자는 목적 아래, 제주도 구좌읍 일대 약 6천 가구를 대상으로 스마트그리드 실증사업을 추진 중에 있다. 하지만, 스마트그리드 시장의 본격적인 활성화를 위해서는 몇 가지 주요 이슈들에 대한 명확한 대답이 요구되고 있다.

첫째, 스마트그리드 도입에 따른 전력 이해관계자들의 대립 가능성에 대한 명확한 대답이 요구된다. 스마트그리드 사업에서 이해 관계자는 기존의 전력사업자와 정보통신 사업자, 기기 제조업자 그리고 소비자와 정책당국을 들 수 있는데 대표적인 이해관계자는 기존의 땅을 보유하고 전력 판매를 거의 독점하고 있는 전력사업자인 한국전력이라고 할 수 있다. 즉, 한전은 스마트 그리드 보급으로 다양한 민간 기업이 시장에 참여하면서 타 사업

자와 이해가 대립될 가능성이 가장 큰 이해관계자로 볼 수 있다.

둘째, 실시간 요금제 시행에 따른 구체적인 도입효과에 대한 명확한 대답이 필요하다. 많은 정부 및 산업 관계자들은 스마트그리드 구축 이행이 전력 요금체제와 산업구조의 변화를 가져올 것으로 기대하고, 국내 전력시장에도 현 상태의 효율성 제고와 스마트그리드 구축에 관련한 새로운 비즈니스 모델의 창출이라는 과제 하에 실시간 요금제의 시행을 논의하고 있다. 그러나, 현행 전력산업 구조와 전기 요금체제 하에서 실시간 요금제의 도입 성과를 기대하기는 쉽지 않기 때문에, 국내 도입 시 발생할 수 있는 편익의 변화 및 문제 등을 포함한 구체적인 정량적인 효과를 설명하는 것이 필요하다고 본다.

셋째, 스마트그리드 하에서 수요 반응에 대한 역할 및 필요성에 대한 명확한 답이 필요하다. 수요반응(Demand Response)은 스마트그리드를 구성하는 핵심요소이다. 시간대별 요금차별을 통해 소비자가 전력사용 패턴의 자발적 변화를 유도하도록 고안된 경제적 기반 수요 반응을 스마트그리드에 적용할 경우, 그 효과와 경제적 영향을 구체적으로 제시해야만 소규모 소비자들의 적극적 참여를 유도할 수 있다.

넷째로, 민간투자를 이끌어내기 위한 비즈니스 모델 부재에 대한 명확한 대답이 요구된다. 일반적으로 스마트그리드의 비즈니스 모델에 대한 연구는 B2C 관점에서 바라볼 수 있다. 한 예로 Curtius *et al.*(2012)[2]은 스마트그리드의 가치에 대한 인식을 기반으로 고객들을 3개의 그룹으로 분류하고, 참여도의 정도에 따라 최소비용을 제안하는 Cost saver, 스마트 그리드와 직접적으로 연관이 있는 부가가치를 강조하는 Smart+, 스마트 그리드와 간접적으로 연관이 있는 부가가치를 강조하는 Smart Camouflage, 전력거래관점을 강조하는 Trader 등 총 네 가지 비즈니스 모델을 제시하여 소개하고 있다. 하지만, 스마트 그리드 시장의 확대와 지속적인 민간투자를 이끌어내기 위해서는 소비자뿐만 아니라 스마트 그리드 시장 참여자들의 수익창출이 가능한 다양한 비즈니스 모델에 대한 구체적인 예시를 보여야 할 것이다.

마지막 다섯째로, 현재 스마트그리드 제주 실증단지는 도시전체의 전력수요에 대한 반응을 실증하는 데 한계가 있으므로, 가급적 빨리 거점지구를 조성하여 이를 보완해야 한다는 의견에 대한 요구를 해결해야 한다. 이를 위

해서는 지역의 적합성, 사업수행능력 및 지역 균형발전 등의 항목을 종합적으로 고려한 선정 기준이 빠른 시일 내에 마련되어야 한다. 이러한 다섯 가지의 주요한 이슈에 대한 명확한 솔루션이 부재하다면, 스마트그리드 시장의 지속적인 활성화는 기대하기 어려울 것이다.

본 연구에서는 앞서 언급된 다섯 가지의 주요 이슈들을 구체적으로 고찰하고자 한다.

2. 이해관계자 대립 문제 검토

스마트그리드는 전력, 통신, 가전, 증전기, 건설 등 다양한 산업의 융·복합을 바탕으로 전개되고 있다. 이렇게 기존의 전력산업에 정보통신산업이 융합되면서 시장에 참여하려는 사업 주체들이 다양하게 나타났다. 여기에는 전력산업과 관련하여 전력망, 전력시장 운영자, 전력판매회사, 증전기기 제조기업 등이 있고, 정보통신산업과 관련해서는 통신회사, 소프트웨어 및 솔루션 기업, 가전회사, 신재생에너지 분야의 기업과 전기 자동차 및 운송부품으로 전기자동차 생산기업 및 부품기업들이 나타나게 되었다. 스마트그리드는 전력산업과 정보통신산업과의 융합의 산물이므로 이로 인해 많은 사람들의 기회가 확대되고 또한 각각의 사업 영역에서 이해대립 혹은 갈등의 이해관계가 생겨날 소지가 많다. 스마트그리드의 도입과 기반을 구축하는 초기 단계에서부터 사업자들 사이에 첨예한 대립을 예상하기에는 다소 무리가 있지만, 새로운 산업 환경 하에서 새로운 비즈니스 모델을 운영하게 될 경우 시장에 참여하는 사업의 주체들 간에는 이해 대립의 가능성을 충분히 예상할 수 있다. 스마트그리드 사업에서 이해관계자는 기존의 전력사업자와 정보통신 사업자, 기기 제조업체 그리고 소비자와 정책당국들을 수 있는데 대표적인 이해관계자는 기존의 망을 보유하고 전력 판매를 거의 독점하고 있는 전력사업자인 한국전력이라고 할 수 있다. 즉 한전은 스마트그리드 보급으로 다양한 민간 기업이 시장에 참여하면서 타 사업자와 이해가 대립될 가능성이 가장 큰 이해관계자로 볼 수 있다. 또한, 스마트그리드는 기존의 전력망에 정보통신을 융합하는 차세대 전력망 사업으로 크게는 한전과 통신사업자간에 산업의 영역별 이해관계가 예상되며, 나아가 전력업체, 계량기 제조업체, 네트워크 업체, 소프트웨어

및 제어 솔루션기업간의 이해관계 대립도 예상된다. 한편, 신재생에너지 분야의 민간 기업들 간이나 전기자동차 생산기업과 충전기기 생산업체들 간, 또한, 가전 기업들과 이를 사용하는 소비자 그리고 정책당국들 간의 스마트그리드 환경 하에서 나타날 수 있는 이해관계자로 볼 수 있다.

2.1 대표적인 이해관계자 대립 문제

다양한 이해관계자들의 역할에 따라 크게 전기 판매 사업에 진입을 허용하는 문제, 계량 데이터의 확보 및 공유문제, 통신망 인프라 구축문제, 스마트미터 설치비용의 부담문제를 대표적인 이해 관계자 대립 문제로 정의할 수 있겠다.

먼저 전기 판매 사업에 정보통신사업자가 진입하는 것에 대해서는 정보통신사업자와 전력에너지 사업자는 전기 판매시장의 경쟁도입이 반드시 필요하다는 입장이다. 전기 판매 부문 효율의 향상과 소비자 선택권 확대, 에너지 사용 정보공유 및 부가 서비스 창출을 통한 후생 확대, 에너지 절감 및 기후변화협약에 따른 탄소배출량 감축 관리에 활용될 수 있는 기술개발 등으로 서비스 확대가 예상되고 사업이 과급되는 효과가 크기 때문에 독점체제 보다는 다양한 사업자가 참여하는 경쟁적 환경이 필요하다는 입장이다. 따라서 홈 빌딩 DR, 계통과 연계된 EV 운영, 분산형 전원, 마이크로그리드, 신재생에너지 연계, 에너지 정보 서비스 등 새로운 기술에 새로운 비즈니스 모델의 신속한 도입을 위해서는 한전 이외에 다수의 민간 사업자의 진입을 허용해야 한다는 요구가 높다. 이에 반해 한전의 입장은 판매 경쟁도입으로 인해 부작용이 발생할 것을 우려하고 있다. 전력산업은 공공성을 지닌 산업으로 에너지 복지 체계와 직결되는 특성을 가지고 있기 때문에, 전기 판매 부문의 개방이 다양한 이점이 있더라도 적절한 제어장치가 마련되지 않는 한 경쟁도입의 경우 그 피해가 소비자들에게 전달될 수 있다고 주장하고 있다.

둘째로, 에너지 사용 데이터의 공유문제에 따른 이해관계자들의 갈등을 들 수 있다. 현재 국내 환경에서 수용가단 계량기에 생성되는 에너지사용 데이터에 대한 소유권 및 권리 주체는 한국전력이 담당하고 있다. 하지만 스마트그리드에서의 소비자 데이터는 단순히 전력사용 정보를 넘어 비즈니스 목적으로 소비자에 대한 분석이 가

능한 데이터로써 비즈니스의 핵심 정보로 활용될 수 있다. 따라서 소비자 데이터의 소유권 관할과 관련하여 기존 전력사업자와 통신기업, 애플리케이션 사업자 간 충돌을 예상할 수 있다. 데이터 공유의 필요성을 주장하는 측은 주로 스마트그리드 활성화와 소비자의 편익 증대, 에너지 효율향상, 에너지 최적화 등의 이유를 들고 있으며, 불필요함을 언급하는 측은 개인정보보호 논란을 이유로 데이터 공유가 제한되어야 함을 주장하고 있다. 셋째로, 통신망 인프라 구축에 대한 사업자간의 대립이 있다. 스마트그리드 기반 구축에 필요한 전력망의 지능화를 위해서는 통신 인프라 확대가 필요함은 당연하지만, 전력사업자가 새로운 통신망을 구축할지 아니면 기존 통신사업자의 통신망을 활용할지에 대해 이해가 엇갈리고 있다. 전력사업자는 통신망의 신뢰성, 안전성을 강조하여 별도의 자체 통신망을 구축하는 것이 필요함을 강조하고 있는 반면, 통신사업자는 기존 통신망의 효율적 활용을 강조하고 있다. 끝으로, 스마트미터 설치비용의 부담문제에 대한 논의를 들 수 있다. 소비자의 수요 반응을 유도하기 위해 필수적인 스마트미터를 모든 수용가에게 설치하는 데 막대한 비용이 소요되며, 이를 두고 전력사업자와 소비자, 규제자 간의 이해가 엇갈리고 있다. Kim(2010)[3] FGI(Focused Group Interview)에 따르면, 미국인을 대상으로 한 조사에서, 미국의 경우에서 정부에서 전력사업자에게 스마트미터 설치 보조금을 지원하고 있지만, 소비자들은 실제 스마트미터가 어떻게 자신들에게 도움을 주는지에 대해 회의적이며 스마트미터 초기 설치 및 유지에 소요되는 비용 전가에 대한 우려를 표시하고 있다.

스마트 미터를 설치하여 관리하고 있는 호주도매시장(NEM, National Electricity Market) 와 스마트 미터로부터 정보를 받아야 하는 소매상간의 이해관계 대립에 대해서 보고하고 있다[4].

2.2 이해관계자들의 입장 차이에 대한 정책 방향

전력사업자의 관점에서 스마트그리드는 전력계통의 지능화와 요소기술 개발이 핵심이라고 할 수 있다. 즉, 스마트그리드는 전력망 중심의 사업이며 전력계통을 지능화하여 친환경 전기 에너지의 이용을 극대화하고 CO2배

출을 감축하며, 해외 시장 진출을 통해 국익을 창출하는 핵심이 된다. 따라서 이러한 목표를 달성하기 위해서는 필요한 경우 정보통신기술을 적극적으로 수용하여 활용해야 하며, 우수한 기술을 확보한 기업이 스마트그리드 사업을 주도해 나갈 수 있도록 이해관계자들 간의 원만한 합의가 요구된다. 또한, 국내 스마트그리드 사업은 정부 주도의 인프라 구축사업 중심으로 이루어지고 있다. 따라서 민간 기업의 입장에서는 스마트그리드 사업의 수익성과 시장 창출에 대한 전망보다는 시장에 우선 진입하고 보자는 인식이 앞설 수 있다. 그 결과 상대적으로 소비자 측면에서의 요구 기술 및 운영 솔루션에 대한 관심과 대비가 부족할 수 있으며, 과연 최종 소비자가 얻게 되는 효용이 구체적으로 존재하는 것인가에 대한 의문도 생길 수 있다. 이러한 의문을 해소하기 위해서는 소비자의 편익 증가가 스마트그리드 인프라 구축에 따른 비용 부담을 초과할 것이라는 확신을 심어주는 것이 필요하며 정부의 초기 지원이후의 지속적인 투자와 개선까지를 고려한 투자대비 편익 분석을 구체적으로 제시하는 것이 필요하다. 한편, 스마트그리드는 전력망 지능화를 위해 정보통신기술을 활용하여 신뢰성과 효율성 향상을 꾀하게 되는 데 이 때 필연적으로 전력공급자와 소비자 간에 정보 교환이 방대해지고, 보안 문제에 주의하지 않으면 전력망과 연계된 공공, 에너지 산업 전반에 큰 파장을 불러올 수 있다. 따라서 지능형 전력망 침해 해위 금지, 개인 정보 제공 시 정보주체의 동의 취득 등 지능형 전력망 사이버 보안과 개인정보 보호가 뒷받침되어야 할 것으로 사료된다.

3. 실시간 요금제 도입 효과의 실효성 검토

실시간 요금제는 특정 시간대를 위해 사전에 정해진 기준에 따라 결정되는 에너지 가격을 의미하며 특정 시간대 소비되는 에너지의 실시간 가격은 시장에서의 수요 공급 상황, 날씨 및 전력설비의 사고 등에 따라 다양하게 변화될 수 있다. 전력의 실제적 가격을 부가함으로써, 소비자는 자신의 수요를 가격에 맞도록 적응시킬 수 있으며, 한계비용이 한계편익보다 적을 경우에만 소비를 할 수 있는 장점을 가진다. 하지만, 실시간 요금제를 통해 정

확한 가격신호를 제공받고 있음에도 불구하고, 소비자들에게는 수시로 변동하는 전력가격을 모니터링 해야 하는 상당한 부담감 때문에 제한된 성공만을 거두고 있는 실정임을 부인할 수 없다. 이는 소비자들이 실시간 가격에 주의하지 않고, 실시간 요금제도의 신호와 다르게 자신의 소비패턴을 적용함으로써, 효율적인 소비를 하지 못하게 되며, 결국 스마트그리드의 효과를 반감시키는 결과를 초래할 수 있다.

따라서 실시간 요금제의 도입에 따른 소비자들의 편익을 구체화하고, 소비자들이 체감할 수 있는 근거를 마련하는 것이 스마트그리드 시장 활성화를 위한 주요한 이슈가 됨은 자명한 사실이라고 하겠다.

3.1 실시간 요금제의 효과 분석

실시간 요금제의 도입 효과는 시간별 변동요금에 대한 소비자의 반응정도를 측정하고 이에 따른 사회 후생의 변화를 파악함으로써 분석될 수 있다. 이 때 가격변화에 대한 소비자의 반응 정도는 수요의 가격탄력성을 추정함으로써 파악될 수 있으며, 사회후생 효과는 고정요금제에서 실시간 요금제로 전환했을 때 전환비중과 수요 반응의 정도에 따른 사회 후생의 변화를 추정함으로써 분석될 수 있다.

국내의 실시간 요금제 시행은 제주도 실증단지를 중심으로 하여 스마트그리드 사업의 일환으로 시행되고 있으나 여전히 초기 단계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 그러나 소비자들의 가격변화에 대한 수요반응의 인식이 아직은 미흡하여, 실시간 요금제의 대상이라 하더라도 1일전 시간별 요금에 대한 정보를 파악조차 하지 않는 대상 수요자들이 존재하고 있다. 이에 국내 소비자들의 실시간 요금제 적용의 수요반응 정도에 대한 파악이 어려운 실정이다. 더구나 실시간 요금제 적용 대상에게 실시간 요금제 적용으로 인해 한전요금을 적용할 경우보다 손실이 발생할 경우 그 부분에 대해서는 보전하는 방식으로 실험하기 때문에 소비자들의 유인이 왜곡될 수 있다. 따라서 국내 실시간 요금제 시행에 따른 효과는 현재의 시행여건으로는 소비자의 인식부족과 데이터 문제 등으로 인해 수요반응 정도를 객관적으로 분석하기 어려운 실정이다. 미국의 사례를 살펴보면, 미국의 경우에도 실시간 요금제 시행의 초기에는 수요반응에 대한 홍보와 소비자들의 인식 부족으로 인해 실시간 요금제 시행에

대한 수요반응에 대한 관심이 적었다.

따라서 국내 전력시장에서 실시간 요금제를 도입할 경우 나타날 수 있는 편익 효과를 소비자들에게 구체적으로 제시하는 데는 많은 한계점이 있지만, 다음의 몇 가지 사전적인 검토를 통한 효과는 기대할 수 있다. 현재 국내 전력시장에서는 소매시장에서 고정요금제 또는 계시별 요금제가 시행되고 있으나, 여전히 공급원가 조차 제대로 반영하지 못하고 있는 실정이다. 또한, 도매시장에서 전원별 수익성을 조정하는 방식으로 가격결정이 왜곡됨에 따라 기저전원이 부족한 발전설비의 구성 문제를 야기했다. 가격 왜곡으로 인한 잘못된 신호가 발전 설비 구성을 왜곡함으로써 나타난 높은 부하유은 문제가 있을 뿐만 아니라 현 상황에서 실시간 요금제의 시행으로 인해 개선되는 효과도 크지 않을 것이다. 따라서 전력시장의 가격기능이 정상적으로 작동하게 함으로써 적정 설비를 유도하고, 이와 함께 실시간 요금제 시행으로 통해 수요 반응을 유도할 수 있는 기반이 마련되어야 한다.

물론, 소비자들의 부하패턴에 따라 그 정도가 달라질 수 있지만, 실시간 요금제를 시행할 경우 소비자 및 공급자와 전력계통 전체에 다음과 같은 효과가 있을 것이다. 첫째, 소비자의 경우에는 수요 반응 정도에 따라 차이가 있으나 가격 변화에 대한 위험성을 전력소비량의 감소 또는 경부하 시간대로의 이전을 통해 비용 부담을 완화함으로써 소비자의 후생이 증대될 것이다. 둘째, 공급자의 경우에는 수요변화에 따른 단기적 수입 감소를 예상할 수 있으나, 결국 이것은 고정비의 회수 문제로 귀결될 것이다. 즉, 단기적 수요 감소는 변동비도 감소함에 따라 문제가 없으나 일시적으로 일부 고정비의 회수가 어려울 수 있다. 장기적으로는 전력설비의 감소를 통해 전체적인 비용을 줄이는 동시에 효율적인 운영이 가능해질 것이다. 셋째, 전력계통 전체적으로는 부하의 감소에 따른 안정적 계통신뢰도를 유지할 수 있으며, 궁극적으로 에너지절약을 통해 전력계통 전체를 효율적으로 운영할 수 있는 체제를 형성할 수 있을 것이다. Borenstein(2005)[5]의 연구에서 보면, 기존의 고정 요금제 하에서 일부 소비자들이 실시간 요금제의 적용을 받을 경우 소비자들의 수요 반응 정도에 따라 부하지속곡선이 어떻게 변화하는지를 설명하고 있다. 그는 고정 요금제 하에서 피크 부하량이 상당히 높게 나타나지만, 실시간 요금제 하에 참여하는 소비자들의 수요 탄력성이 점차 커짐에 따라 결국

피크 부하량이 줄어들면서 오프피크 부하량이 점차 증가 되던 입증하였다. 따라서 실시간 요금제 시행에 대한 소비자들의 수요반응이 클수록 피크시의 전력 소비량을 줄이고, 궁극적으로 전체 에너지소비를 절감하는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

3.2 실시간 요금제의 도입 전략

3.2.1 실시간 요금제 도입의 장애요인

해외에서 실시간 요금제를 본격적으로 추진하기 시작한 것은 전력산업의 구조개편을 통한 경쟁적 시장구조를 근거로 하고 있다. 더구나 최근 스마트그리드 구축을 통한 양방향 정보교환 및 전력거래 방식이 가능해짐에 따라 국내 전력산업에 실시간 요금제를 도입하기 위해서는 여러 가지 제도적 여건의 마련이 필요하다. 현재의 산업 여건으로는 실시간 요금제 도입에 긍정적 요인보다 부정적 요인이 더 많이 작용하고 있다. 하지만, 세계적 전력산업은 운영의 효율성 제고를 위해 수요 측 반응에 대한 관심도가 높아짐에 따라 실시간 요금제 시행에 많은 노력을 기울이고 있다. 또한, 수요 측과의 양방향 정보교환과 전력거래를 가능하게 하는 스마트그리드 구축이 실시간 요금제 시행을 대규모 수용가는 물론 주택용에 이르기까지 구현할 수 있게 하고 있다. 스마트그리드 시대에 필수적인 실시간 요금제 도입은 국내 여건상 당분간 어려울 수 있으나, 향후 도입에 대비하여 현재 상황의 한계점을 검토할 필요가 있다. 첫째, 국내 전력산업은 수요예측에 대한 오류와 시장의 가격기능이 정상적으로 작동하지 않음으로써 전원구성이 왜곡되어 있는 문제가 있다. 이로 전체적으로 기저전원의 부족현상이 나타나고 있으며, 이로 인한 부하율이 높아지는 현상을 보이고 있다. 이는 결과적으로 전원 구성 하에서 실시간 요금제를 시행하더라도 수요 반응을 통해 부하율을 향상시키는 것은 기대하기 어렵다. 둘째, 소매시장 가격이 규제 요금으로 설정되어 있으며, 소매시장의 가격신호를 반영하지 못하고 있을 뿐만 아니라 공급원가 회수율에도 미치지 못하는 한편, 용도 간 교차보조로 인하여 소비자들 간의 형성 문제 등을 야기하게 된다. 이러한 요금기반 하에서는 실시간 요금제를 시행하기도 어려울 뿐만 아니라, 시행한다 하더라도 실시간 요금제를 통한 부의 이전효과가 다시 발생하는 문제가 발생할 수 있다. 더욱이 주택용 요금에 적

용되고 있는 누진세는 실시간 요금제의 시행을 더욱 어렵게 하게 된다. 국내 전력시장에서는 가격기반에 근거한 소비자의 자발적 수요 반응에 대한 인식의 부족문제를 들 수 있다. 현행 전력시장 체제 하에서 진행되고 있는 수요관리사업의 일환으로서 수요 반응은 인센티브 기반으로 수요 측의 자발적 유인체계가 아니라 공급 측의 요청에 의한 부하차단과 관련되고 있다. 미국의 수요관리사업의 경우에는 점진적으로 가격기반에 근거하여 소비자의 자발적 수요 반응을 유도하는 방향으로 변화 되고 있으며, 인센티브 기반의 수요 측 반응은 부차적으로 활용하고 있다. 반면 우리나라의 경우 여전히 공급 측의 부하차단과 관련한 수요반응에 중점을 두고 있기 때문에 실시간 요금제 시행을 위한 준비가 거의 전무한 상황이다.

특히, Mah *et al.*(2012)[6]는 제주 실증 단지에서 활용되고 있는 실시간 요금제는 사용자에게 손실이 발생하지 않도록 설계된 리베이트식 실시간 요금제를 활용하고 있어 기존의 전기요금과 비교하여 추가 요금이 발생하지 않게 되어있다. 실시간 요금제 참여에 의해 발생하는 이익/손실이 명확하지 않고 이 요금제에 참여하고 있는 인구나 또한 미비하여 이를 기준으로 실시간 요금제의 효과를 평가하거나 도시/국가 단위로 확장하기에는 어려움이 있다고 지적하고 있다.

3.2.2 실시간 요금제 도입방안

실시간 요금제 가격 신호의 적정성을 제고하기 위해서는 도매전력시장가격이 적절하게 결정될 필요가 있다. 이를 통해 도매전력시장가격의 투명성이 제고되고 이러한 투명성은 실시간 요금제의 가격신호 전달에 반영되어 소비자의 합리적인 가격반응을 유도하게 될 것이다. 현재의 도매전력시장가격은 한계비용보다 평균비용의 개념이 더 많이 반영되어 적용되고 있는 실정이며, 이렇게 결정된 도매전력시장가격은 실시간 요금제의 도입에 아주 큰 장애요인으로 작용할 수 있다. 따라서 실시간 요금제가 성공적으로 도입되기 위해서는 현재의 도매전력시장에서의 가격산정방식의 개선이 필요하다. 따라서 요금제 변동이 발생하게 될 경우 실시간 요금제가 어떠한 영향을 받을 것인가에 대한 근본적인 성찰이 필요하다. 기본적으로는 소비자의 가격탄력성을 고려하여 실시간 요금제 도입을 검토할 필요가 있다. 즉, 소비자의 가격탄력성이 높은 대상을 우선적으로 도입 대상으로 선정하여

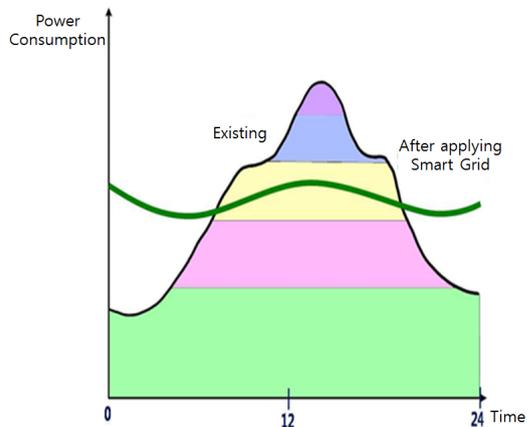
실시간 요금제의 적용 가능성을 평가해야 한다. 또한, 소비자의 전력소비 반응에 대해 실시간 요금제가 갖는 한계를 인정할 필요가 있다. 실시간 요금제는 소비자에게 가격반응에 따른 전기요금 할인 등의 경제적 보상을 허용하는 측면이 있는 반면 소비자에게 가격변동에 따른 위험을 전가시키는 측면이 있다. 이러한 위험을 선호하며 이에 대처할 수 있는 지식과 능력을 갖춘 소비자는 실시간 요금제의 도입에 능동적으로 대응할 수 있지만, 그렇지 못한 소비자는 실시간 요금제를 적용받을 경우 사회적 문제를 야기할 수 있다 따라서 선진국의 전력시장이 이러한 전기 소비자의 위험을 일부라도 해소시켜 주기 위해서 2부제 형태의 실시간 요금제(Two-Part RTP) [7]를 시행하고 있음을 유의하여 향후 실시간 요금제에 2부제 요금제 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 전기 소비자의 반응을 유도하기 위해서는 실시간 요금제뿐만 아니라 다른 형태의 수요 반응제도의 도입을 검토할 필요가 있다. 대표적인 예로 동태적 요금제의 일종인 최대피크요금제(Critical Peak Pricing: CPP)를 들 수 있는데, 이 제도는 시시각각으로 변동하는 한계가격에 전면적으로 반응하지 않는 전기 소비자가 있음을 전제하는 것으로 이러한 소비자는 한계가격이 상당히 높은 시간대만 중점적으로 반응하고 그렇지 않은 시간대에는 반응하지 않는 형태를 보인다. 이러한 경우 실시간 요금제는 매력적인 제도가 아닐 수 있으므로, 피크 시간대만 요금을 상당히 높은 수준으로 책정하는 형태의 최대피크 요금제 제도가 더욱 효과적일 수 있다. 해외 사례를 살펴보면, Spees *et al.*(2008)[8]은 미국에서의 경우, 피크 시간대의 전력 사용량이 5% 감소가 발생할 경우, 피크 시간대의 전력 발전량을 크게는 50% 줄일 수 있을 것으로 예상하고 있으며, 이는 전력비용 절감에 막대한 영향을 끼칠 것으로 제시하였다.

4. 스마트그리드 하에서의 수요 반응 효과 검토

스마트그리드 하에서는 전력망 내에 가동되고 있는 수많은 설비들의 상태와 수요, 공급을 모두 실시간으로 파악함으로써 비효율적인 전력소비패턴을 가장 효율적인 상태로 유지할 수 있도록 한다[9]. 수요반응을 이용하

면 최대 수요에 맞추어 운영되던 전력의 수요와 공급은 [Fig. 2][10]에서 볼 수 있는 것처럼 합리적이고 효율적으로 이루어질 수 있다.

수요 반응을 통해 생산자와 소비자의 전력 정보의 상호교류가 가능해짐에 따라 정해진 틀과 계획에 따른 정부의 일방적인 기존 수요 관리보다 생산자 소비자의 능동적 시장 기능을 가진 수요 반응이 더욱 효율적이 될 수 있다. 하지만, 수요 반응의 효과를 소비자들이 체감하고, 이를 적극적으로 참여해야만 결국 스마트그리드 시장의 활성화를 기대할 수 있다. 이를 위해서는 소비자들이 수요 반응에 민감하게 대응함으로써 얻을 수 있는 경제적 편익을 구체적으로 제시하는 것이 무엇보다 중요하다.



[Fig. 2] Electricity demand by demand response after applying Smart Grid

4.1 기존 수요관리와 수요 반응 투자비 비교 검토

이에, 본 연구에서는 기존의 수요관리 제도를 유지했을 때의 인센티브 비용과 이를 수요 반응으로 대체했을 때의 투자비를 비교해 봄으로써 수요 반응의 경제적 효과를 검토해보고자 한다.

부하관리를 위한 비용을 산정함에 있어 제 4차 전력수급 기본계획에 나온 수요관리 투자비 중 부하관리 비용을 수요관리 비용으로 산정한다. 수요반응의 투자비는 우리나라 가구 수와 AMI 설치비용을 고려하여 산출하며, 수요반응은 인프라만 구축이 되면, 전력 가격이 시장 구조에 의해 최적의 수요와 공급의 일치점을 찾아 가기

때문에 수요관리처럼 별도의 인센티브 제공 등의 다른 비용은 발생하지 않는다. 따라서 AMI 보급비용을 수요 반응의 투자비로 고려한다. 먼저 제 4차 전력수급 기본계획의 수요관리 투자비는 <Table 1>과 같다. 부하관리를 통한 수요관리 비용을 계산해 보면, 매년 수요관리로 소비되는 비용은 2022년까지 누적분을 기준으로 총 15,149억 정도로 추산된다.

<표 1> Annual investment demand control

Year	Excess control					Efficacy					Total		
	Holiday Maintenance	Sleep voluntary	Constant control	Ice storage cooling system	Remote air conditioner	Max power	Sub-total	New lighting	Inverter	Motor		Transformers Pump	New
2008	273	157	75	277	70	17	819	95	210	20	8	58	391
2009	269	162	96	259	106	21	913	128	150	57	20	110	465
2010	273	185	109	278	112	22	979	146	144	67	31	144	532
2011	277	203	121	296	119	24	1,090	164	144	79	41	180	608
2012	278	221	131	311	125	25	1,091	186	140	88	51	206	671
2013	279	227	144	289	129	20	1,088	204	127	96	58	258	743
2014	279	238	149	266	132	21	1,085	218	120	111	75	280	894
2015	280	246	155	229	135	21	1,066	233	113	141	100	304	891
2016	280	248	154	233	139	22	1,076	248	106	154	122	310	940
2017	269	252	159	204	142	22	1,048	270	100	168	141	342	1,021
2018	259	254	177	192	142	23	1,047	283	94	180	168	348	1,073
2019	245	256	170	163	145	22	999	294	89	195	196	352	1,126
2020	214	264	175	167	149	23	992	317	86	211	231	358	1,205
2021	202	265	161	167	149	23	967	312	75	218	236	362	1,218
2022	185	271	137	170	152	24	999	338	72	240	256	368	1,274
Total	3860	3,449	2,113	3,451	1,946	330	15,149	3,456	1,770	2,025	1,734	3,980	12,945
													28,094

수요 반응을 위한 투자비용을 산출하기 위해서는 AMI 시스템 설치 규모를 산출해야 하는데 이를 위해 2022년까지의 우리나라 인구수와 고객 호수를 추정하였다.

<Table 2>에서와 같이 2022년의 우리나라 전체 인구는 약 49,263천 명 정도로 추산되고 고객호수는 18,926천 가구로 추정된다. 여기에 International Energy

1) 출처: 지식경제부, 제 4차 전력수급 기본계획, 2008.12
2) 자료: 통계청 연도별 추계연구

Agency의 The power to choose 보고서에서 예상한 2022년의 AMI 설치비용과 보급률을 예측해 보면 아래와 같다[11].

<Table 2> Annual number of population and customer estimated

Year	# of population	# of customer
2007	48,456,369	18,615,875
2008	48,606,787	18,673,662
2009	48,746,693	18,727,411
2010	48,874,539	18,776,527
2011	48,988,833	18,820,436
2012	49,083,184	18,856,683
2013	49,162,816	18,887,276
2014	49,227,451	18,912,108
2015	49,277,451	18,931,179
2016	49,311,793	18,944,510
2017	49,332,392	18,952,424
2018	49,340,350	18,955,481
2019	49,337,991	18,954,575
2020	49,325,689	18,949,849
2021	49,299,993	18,939,977
2022	49,263,040	18,925,780

- AMI 1대당 기기비용 및 설치비용 = \$100
- 시스템 비용(기기 및 설치비용의 10%) = \$10
- 고객당 총 AMI 인프라 구축비용 = \$100+\$10 = \$110

AMI 보급률과 관련해서는 우리나라에서 2030년까지 AMI 보급률 100% 달성을 목표로 하고 있으므로, 2022년까지 약 50%의 보급률을 가질 것으로 예측된다. 따라서 2022년의 수요 반응을 위한 투자비용은 아래와 같이 추산될 수 있다.

• AMI 총 투자비용 = 고객호수 * 0.5 * \$110 = 1,135,546,812,000원

따라서 수요관리와 수요 반응의 투자비용을 비교해 보면, 2022년 기준으로 수요관리보다 수요반응 시 투자비용은 약 3,800억 원 감소할 것으로 기대되며, 투자비용만 보더라도 수요반응이 수요관리보다 경제적인 알 수

있다. 그리고 스마트그리드 환경 하에서의 수용반응은 일단 AMI 시스템이 설치되면 시장 구조에 의해 가격결정 및 효율적인 공급과 수요가 정해지므로 인센티브와 같은 추가적인 비용은 필요하지 않다. 수요관리 제도를 계속 유지할 경우 수요관리 비용과 수요반응 비용은 계속 차이가 날 수 밖에 없으며, 그 차이는 시간이 지남에 따라 더욱 커지게 된다. 따라서 스마트그리드 하에서의 수요 반응을 적극적으로 도입함으로써 궁극적으로 발전설비의 예비율을 높이는 효과뿐만 아니라, 소비자들의 경제적 이득도 높아지게 될 것이다.

4.2 수요 반응을 통한 경제적 기대 효과

수요 반응을 활성화함으로써 얻을 수 있는 그 밖의 경제적 효과는 다음과 같다. 첫째, 가장 직접적인 효과는 전력설비 투자비용의 감소를 들 수 있다. 전력저장의 현실적인 어려움 때문에 전력공급설비는 피크수요를 공급할 수 있는 충분한 설비를 갖추어야 한다. 수요가 높은 시간에 수요반응을 통하여 부하를 줄이면 피크수요가 감소하므로 추가적인 설비를 건설하지 않아도 될 것이다. 둘째, 전력시장의 가격이 시장 구조에 의해 효율적으로 운영된다. 현재 시행되고 있는 수요관리는 보조금 지급을 통해 전력의 수요조절을 유도하고 있다. 보조금 지급을 통해 시장가격을 조정하는 것은 수요반응으로 전력 수요를 조절하는 것보다 비용이 과도하게 발생하는 것은 물론, 과도하게 시장 가격을 하락시키게 되어 장기적으로는 시장의 효율성을 해칠 수 있다. 또한 발전회사는 수요관리를 통해 왜곡된 시장가격으로 인한 손해를 전력 수요 피크(peak) 시에 높은 가격을 통해 투자비용을 회수하게 된다. 또한 피크가격이 과도하다 생각하여 임의로 낮출 경우 발전회사의 투자위험이 증가되어 금융비용을 증가하게 되고 궁극적으로 소비자는 높은 전기요금을 지불하게 될 것이다. 셋째, 신재생에너지는 출력 조절이 어려운 에너지원이기 때문에 이를 해결하는 하나의 방법인 수요반응으로 전력 수요를 조절하여 전력을 안정적으로 운영할 수 있다. 넷째, 스마트그리드 하에서 공급자와 소비자가 실시간으로 전력 수요 및 공급에 대한 정보 교환이 가능해짐에 따라 시장 가격의 변동성이 완화된다. 대개 전력의 피크시간대는 공급이 부족하기 때문에 시장 가격이 매우 높게 형성된다. 수요 반응을 통해 피크부하를 줄일 경우 시장가격이 하락하고 결과적으로 가격 변동 폭도

작아지게 될 것이다. 다섯째, 수요반응은 발전회사의 시장 가격 조작에 대한 효과적인 대응을 가능하게 하며, 공급자로 하여금 가격 경쟁을 유도하고, 소비자의 선택권을 확대시킬 수 있다.

수요 반응에 대한 경제적 효과를 분석해 해의 자료를 살펴보면, 2011년도 EPRI 보고서에 의하면 미국 전력시장에서 수요 반응 도입을 통해 향후 20년간에 최소 1920억에서 최대 2,420달러의 수익이 발생할 것으로 발표된 바 있다[12]. 또한, 2010년도 FERC 보고서에서는 수요 반응의 도입 정도에 따라 피크 시간대의 전력 소비량을 14 ~ 20%를 줄일 수 있을 것으로 보고하고 있다[13].

한편, 미국의 Alcoa사의 Warrick 알루미늄 용해 공장은 전력사용제한이라는 부수적인 기능을 제공하는 역할로 MISO (Midwest ISO, 혹은 Midwest Independent Transmission System Operator Inc.) 전력 도매시장에 참여하였다. 수요반응을 토대로 하는 시스템을 설치하고 운영한 결과 70만 달러에 해당하는 설치비용을 초과하는 수익을 4개월 만에 창출해 낸 바 있다. 뉴욕에 있는 시멘트 가공회사인 Lafarge사는 NYSEERDA(New York State Energy Research and Development)와 NYISO(New York ISO)에서 추진한 전력사용절감 및 수요공급 프로그램에 참여하여, 피크 전력사용량 절감을 위해 NYISO로부터 요청이 발생할 경우 높은 전력사용이 발생하는 공정을 중단하고, 또한 일일전 수요공급 프로그램을 통해 전력비용이 높은 시점에 맞추어 기기 정비를 하고 미사용 전력을 되파는 작업을 수행하였다. 그 결과 많은 재정적 수익이 발생하였고 추가적으로 수요공급을 통해 약 2백만 달러의 수익을 창출하였다[14].

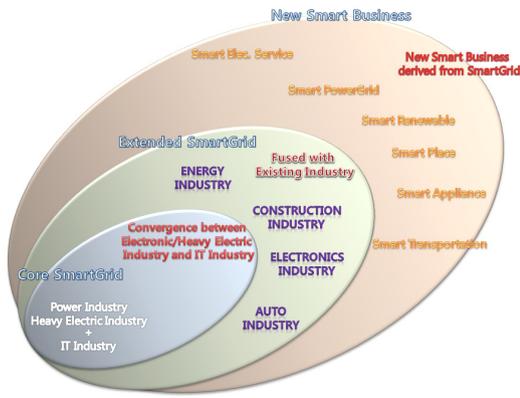
5. 스마트그리드를 통한 비즈니스 모델 활성화 검토

5.1 스마트그리드를 통한 신산업 발굴 기회 확대

스마트그리드는 전력산업과 IT 산업의 접목으로부터 기존산업과의 융합으로 확장되어가면서 새로운 스마트 사업들을 파생할 것으로 전망된다. 특히, [Fig. 3]³⁾과 같

3) 자료: "IT융합산업 분석 방향" - 스마트그리드를 중심으로

이 전력산업은 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등 타 산업의 인프라이자 플랫폼으로 타 산업의 전력산업에 대한 협업 요구가 점차 증대되는 효과를 거둘 수 있을 것이다.



[Fig. 3] Convergence between smart grid and existing industry

하지만, Mah *et al.*(2012)[6]는, 이러한 기대에도 불구하고 뚜렷한 비즈니스 모델 개발이나 이에 대한 연구가 추진되지 않고 있다. 현재 추진 중인 제주 실증 단지의 참여 기업들도 스마트 그리드 구축 및 관련 기술 개발에만 중점을 두고 있는 실정이다.

5.1.1 스마트그리드와 전기 자동차 산업

스마트그리드는 전기 자동차의 스마트 충전을 위한 필수 인프라로서, 관련 산업의 발전을 촉진시킬 것으로 기대된다. 전기 자동차는 석유 연료와 엔진 대신 전기 배터리와 전기 모터를 사용하기 때문에 충전 인프라와 동반자 관계를 가진다. Kim(2009)[15]에 따르면, 전기자동차의 1회당 충전량은 15 ~ 30kWh로, 일반 가정의 하루 전력 소비량에 해당되는 양이며, 전기 자동차의 보급이 확대되려면, 막대한 규모의 충전 인프라가 구축되어야 하며, 이를 관리하는 스마트 시스템이 필요하다. KIWOOM Securities(2009)[16] 분석 보고서에 따르면, 2030년까지 우리나라의 전기 자동차 보급률이 30%에 도달하게 되면, 전력 인프라를 구축하는 데 총 62조원이 소요될 것으로 전망하고 있다. 스마트그리드를 통한 전기 자동차 산업의 성장은 일자리 창출에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 이미 선진국들은 전기 자동차 산업을 미

래 성장산업으로 인식하여 적절한 대응을 추진 중에 있다. Kim(2009)[15] 연구에 따르면, 전기 모터, 전력제어장치 등 부품산업이 매년 30%이상 성장할 것으로 전망하고 있으며, 미국은 2009년 1,105개의 충전 스텐드를 구축한 바 있고, 포르투갈은 2013년까지 1,300개, 이탈리아는 400개, 덴마크는 2,000개를 구축할 계획을 추진 중에 있다.

전기자동차 충전 인프라 구축을 통해 백화점, 마트, 호텔, 사무실, 고속도로 등 유동인구가 많은 지역을 중심으로 전기 자동차 충전대행 및 배터리 교환서비스 관련 직업의 출현이 예상되며, 요금 정산 및 지불 시스템, 전력량 계측 시스템, 중앙통제 시스템 등 각종 시스템 관련 서비스 직업 출현도 기대된다. 지식경제부가 발표한 “스마트그리드 국가로드맵”에 따르면 2010년부터 2030년까지 스마트그리드를 통한 전기 자동차산업의 일자리창출 규모는 약 21만 7천명에 이를 것으로 전망하고 있으며, KOTRA(2010)[17] 북미 시장 보고서에 따르면 미국 정부는 2012년 미국 최초의 전기 자동차용 리튬이온 전지 생산시설이 가동해 3,000명의 신규고용을 창출할 것으로 분석하기도 하였다.

해외 여러 연구에서는 스마트그리드를 통한 전기자동차 산업의 비즈니스 모델을 소개하고 있다.

Garica-valle *et. al.* (2012)[18]는 전기 자동차 산업의 도입을 위해서는 전기 자동차 구매, 충전 인프라 (EVSE, electric vehicle supply equipment) 구축, 그리고 전기 구매와 더불어 자동차 및 충전 인프라 관리, 그리고 충전 인프라 구축 등 다양한 요소들이 고려되어야 함을 언급하면서, 그들은 전기 자동차와 관련된 비즈니스 모델은 크게 세 가지 관점에서 접근하고 있다. 첫 번째, EVSE를 가정용 전기기구로 판매하는 모델이다. 이는 전기 자동차 구매자가 충전 인프라를 구매 및 관리를 하고 전기 또한 구매하는 형태를 의미하며, 이 경우, 전기 자동차 판매자는 차량을 판매하고, EVSE 제작자는 충전기기를 판매하고, 전기 기술자는 EVSE 설치를 수행하고, 전기 공급자는 전기를 판매하게 된다. 두 번째 비즈니스 모델로써 전기 자동차 충전 서비스 패키지를 판매하는 형태이다. 고객이 전기 자동차를 구매한 후 충전 서비스 패키지를 구매하면, 서비스 제공자가 집과 지정된 위치에 EVSE를 설치 및 관리, 전기 사용량 지불, 전기 사용량에 대해 고객에게 청구하는 것이다. 이 모델의 변형으로 충전 서비스뿐만 아니라 고가인 전기 자동차의 축전기(battery)를

충전 패키지에 포함하는 것이다. 이와 같은 경우 서비스 가격은 증가하겠지만, 축전기의 교환, 업그레이드 및 충전시간 단축을 위해 충전된 축전기로의 교환 등이 가능해진다. 세 번째로 스마트 그리드 전력망의 참여에 대한 대가를 고객에게 지불하는 것이다. 양방향 전력 공급에 전기 자동차 고객들이 참여할 경우, 그 가치는 연료 구매 비용 및 EVSE 관리비용보다 더 클 수 있다.

한편, Kempton *et al.* (2005)[19]에서는 V2G 즉 전기 자동차 구매자와 그리드 운영자 간의 비즈니스 모델을 소개한 바 있다. 첫 번째로 전기자동차는 편대(fleet) 단위로 관리하여 모델 관계자는 편대 운영자와 그리드 운영자로 정해진다. 편대 운영자는 공급 스케줄과 분량을 관리하게 되며, 자동차들은 지정된 장소에 주차되어 잉여의 전기를 공급하고 이 전기를 편대 운영자가 그리드 운영자에게 판매하는 비즈니스 모델이다. 두 번째는 비즈니스 관계를 맺은 전기 자동차 소유자와 전기 공급회사간의 모델이다. 전기 공급회사는 전기 자동차로부터 공급되는 전기의 스케줄이나 그 분량을 제어할 수는 없지만, 각 자동차로부터 전기가 공급되는 것에 대하여 인센티브를 자동차 소유주에게 줄 수 있다. 전기 회사는 전기 공급뿐만 아니라 전기를 구매하여 전기 발전사에 되팔 수 있게 된다. 세 번째는 전기 집합자가 전기 공급회사가 아닌 제 3자가 되는 것이다. 그 후보로는 전기 자동차 제조회사, 자동차 서비스 제공자, 축전기 제조/판매 회사, 혹은 통신사 등이 될 수 있다.

5.1.2 스마트그리드와 신재생 에너지 산업

유가 불안정과 온실가스 배출 규제 압력 등 신재생 에너지의 중요성이 커짐에도 불구하고 우리나라의 신재생 에너지 공급 비중이 여전히 미미한 수준이다. 통계청 자료에 따르면, 2009년 기준 우리나라의 전체 에너지 생산량 중 신재생에너지 공급 비중은 14% 수준으로 OECD 조사 대상국 중 최하위 수준에 머무르고 있다. 따라서 신재생 에너지 공급 비중을 확대하기 위해서는 분산형 전력망인 스마트그리드의 확대가 무엇보다 시급하다고 하겠다. “스마트그리드 국가 로드맵”에 따르면 스마트그리드의 활성화로 신재생에너지의 CO2 배출 저감 효과는 2030년 까지 약 1억 1천 톤 이상이 될 것으로 전망하고 있다. 태양광, 풍력, 조력 등을 에너지원으로 하는 신재생 에너지의 단점인 기상 여건에 따른 전력 생산의 불균형

을 해결하기 위해서라도 안정적인 전력 공급을 제공하는 필수 인프라인 스마트그리드는 신재생에너지 관련 산업의 발전의 좋은 비즈니스 모델이 될 수 있다.

한편, 스마트그리드를 통한 신재생에너지 산업의 성장은 향후 일자리 창출에도 원천이 될 수 있다. 이미 세계 각국은 신재생에너지 산업을 미래 성장산업으로 인식하고 이에 대응하고 있다. Choi(2010)[20] 논문에 따르면, 독일의 경우, 2004년 기준 신재생에너지 분야의 총 고용 인원은 15만 7천명 수준이며, 고용인원은 2020년까지 매년 54% 확대할 계획임을 밝히고 있다. American Council on Renewable Energy(2007)[21]에 의하면, 미국은 신재생에너지 산업을 통해 2020년까지 15만 7천5백 개의 순수 고용창출이 가능할 것으로 전망하고 있으며, 이는 기존의 화석연료 에너지산업보다 일자리 창출 효과가 거의 2배에 육박하는 수준이다. Presidential Committee on Green Growth (2010)[22] 발표에 따르면, 한국 정부도 2015년까지 신재생에너지 산업을 민관 합동 총 40조원 투자, 생산 50조원, 수출 362억불, 일자리 창출 11만개를 계획하고 있다. 또한 신재생에너지 산업은 스마트그리드를 플랫폼으로, 전력생산부터 소비에 이르기까지 다양한 사업기회와 새로운 직업군 생성을 예측하고 있다. Korea Employment Information Service(2009)[23] 자료에 따르면, 태양광 발전, 해양 바이오 에너지, 지열 에너지, 풍력 발전 연구 및 개발자 등 새로운 직업군이 생성될 것으로 예측하고 있으며, 전력 수요자가 사용하고 남는 전기를 피크 시간에 고가로 다시 파는 프로슈머(Prosumer)로 변화함에 따라, 관련 법적, 제도적 분쟁을 조정해 줄 컨설턴트와 법률전문가 출현이 예상되기도 한다. 또한, 신재생 에너지의 전력 변환 및 스마트 기기 생산 제조업, 시설운영 관련 서비스 등에서 직접적인 일자리와 부품소재 생산 제조업, 배송 서비스, 전력 판매 등에서 간접적인 일자리 창출을 기대할 수 있다.

5.1.3 스마트그리드와 스마트 기기 산업

스마트그리드는 전력정보의 양방향 그리고 실시간 교환을 구현하는 수요기반 체체인 스마트 기기(Smart Appliance) 산업을 발전시킬 촉매제 역할을 담당할 수 있다. 과거에 전력 소비자가 전원을 끄도록 운영업체가 전화와 같은 초보적인 통신수단을 활용했다면, 스마트 기기를 통한 원격 제어가 가능해 질 것이며, 전력 사용의

효율성 제고를 위해 자연스럽게 가전제품의 스마트화가 촉진될 것이다.

스마트그리드 구현의 최종 단계인 스마트 기기 산업에서도 다양한 신사업 기회와 일자리 창출 기회가 기대된다. Zpyme Research & Consulting(2009)[24]에 따르면, 전 세계 스마트미터와 관련된 장비 시장은 2009년 376억 달러에서 2014년 855억 달러 규모로 성장할 것을 예측한 바 있으며, Zpyme Research & Consulting(2010)[25]에 따르면, 전 세계 스마트 가전 시장은 2015년까지 151억 달러로 성장하고 세탁기 35억 달러, 냉장고 26억 달러, 세탁 건조기 22억 달러, 식기 세척기 13억 달러 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다. 또한 인텔, 구글, MS, 애플, 파라소닉과 같은 해외 우수기업들이 앞 다투어 가정용 에너지 관리 사업에 본격적으로 참여하고 있다.

스마트 기기 산업의 성장은 에너지 효율성 제고를 위한 시공방법, 건축자재, 건축설비 등을 상담해 주는 건물 에너지 컨설턴트와 시스템 관리자 등 HEMS(Home Energy Management System), BEMS(Building EMS), FEMS(Factory EMS)와 관련된 직업 생성이 가능할 것으로 기대되며, 건물 에너지 관리를 넘어 도시 전체의 에너지를 관리할 스마트 시티 에너지 통합 관리자 직업도 출현할 수 있을 것으로 전망된다. 또한, 전력망과 스마트 기기가 네트워크로 연결됨에 따라 발생될 우려가 있는 개인정보보호문제, 재난 안전관리 등 각종 법적, 제도적 분쟁을 조정해 주는 컨설턴트와 법률전문가도 생겨날 것이다.

5.2 스마트그리드와 타 산업과의 비즈니스 융합

스마트그리드 시장의 실증단지 확대를 통해 국내 업체의 참여기회가 확대되고, 참여업체 수가 증대됨에 따라 기술개발 및 운영 노하우 획득 기회가 많아지게 됨에 따라 다양한 업종과의 비즈니스 융합 기회가 높아질 것으로 기대된다(<Table 3> 참고[7]).

전력 산업과는 AMI의 기반 기술인 스마트미터의 보급 확대로 AMI 구축이 촉진되어 스마트 계량기, 정보교환 시스템 등 하드웨어의 핵심기술뿐만 아니라 개별 전력 수요량을 실시간으로 파악하여 시장가를 도출 전달하는 소프트웨어 분야로의 새로운 비즈니스 융합이 기대된다. 미국의 경우, 주요 AMI 회사들은 Smart Sync, AT&T와 같은 무선통신사업자나 GE, Gridnet과 같은 차

세대 WiMax 사업자와 새로운 비즈니스를 모색하고 있으며, AMI 관련 분야에 진출한 Itron은 아날로그 계량기를 만들던 회사에서 IT 관련 벤처회사를 흡수하여 AMI 사업을 진출하고 있다.

<Table 3> Convergence field between smart grid and other industries

Industry Classification	2009	2030
Power Industry	Generation for the sake of arousing fossil fuel	Generalization of renewable · distributed power(smart grid)
	The development basis(nuclear power · coal), peak power generation	The development basis(the sake of arousing nuclear power · coal)(smart grid → management for efficient power demand → decreasing demand of peak power generation)
	Meter area to the power industry	Power appliances expanded to industrial area after using meter (Generalization of electricity saving consulting business)
	Limited power supplier-driven market	Perfect competitive electricity market with a number of suppliers and demanders
Charging Industry/ Telecommunications Industry	Each separated by a unique industrial area	Generalization of convergence product for charger and IT technology(Generalization of power equipment, smart Meter etc.)
Electronics industry	Based on function and performance	Developing smart appliance respond to the power situation (Power usage with light · air conditioning · TV etc. linked to electricity rate are able to optimized)
Construction Industry	Building design based on convenience · design	Extension of smart building can be used effectively(Maximize power efficiency by expropriation of smart grid · renewable energy)
Auto Industry	Gasoline · diesel engine-driven	Generalized plug-in electric vehicles
Energy Industry	Oil sales-oriented	Electricity sales(Electric charging stations) (New energy infrastructure for activation of electric car)

한편, 수요 반응 및 네트워크 유지관리에 경쟁력을 보유한 통신업체들은 전력업체와의 비즈니스 융합을 통해 인터넷 기반의 가정용 지능형 전력망 시스템을 제공하는 새로운 비즈니스 기회를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

전력망 시스템 분야에 진출한 통신업체 이외에 대형

IT 업체들도 IT와의 융합 확대가 기대되며, 가격 체제 소비자의 소규모 공급자화를 위한 네트워크와 가정용 기기의 연결 등 새로운 가치 사슬의 전력 공급체계의 도입을 통한 신규 사업을 창출할 수 있을 것으로 기대된다. 건설 산업 또한 박막형 태양전지 등 소규모 신재생에너지 발전시설이 설치되어 에너지 자급자족형(Zero energy) 빌딩이라는 새로운 비즈니스 모델이 출현할 수 있다.

전기자동차 산업과는 전력사용 패턴 및 관련 응용분야에서 신규 비즈니스 시장을 창출할 수 있을 것으로 기대된다. “스마트그리드 국가로드맵”에 따르면 한국 정부의 전기자동차 보급 목표가 2020년까지 소형차의 10%로, 이를 위한 필요 전력량은 현행 전력생산 시설용량의 최대 3% 불과하므로 전력 예비율이 10%이상인 것을 감안하면 전기자동차가 대량으로 보급되더라도 단순 전체 전력사용량의 증가효과는 크지 않을 것이다. 따라서 배터리 및 전력집중 사용의 완화기술 등 새로운 기술 개발이 강화되고, 충전 관련 부품, 인터페이스 등 배터리 기술에 대한 시장이 확대될 것이다[26].

6. 스마트그리드의 거점지구 지정을 위한 검토

현재 스마트그리드 제주 실증단지 는 도시전체의 전력 수요에 대한 반응을 실증하는 데 한계가 있으므로, 가급적 빨리 거점지구를 조성하여 이를 보완해야 한다는 의견이 제기되어 왔다.

이에 발맞추어 지식경제부는 2013년부터 국내 3 ~ 4 지역을 대상으로 스마트그리드 보급 확대를 위한 전초기지인 거점지구를 지정해 총 27조원을 투입한다는 계획을 발표한 바 있다.

<Table 4>에서 언급하는 바와 같이 스마트그리드 거점지구는 기술의 상업화가 가능한 사업모델 구현 및 광역단위 확산에 목적을 두고 있으며, 국가단위 스마트그리드 구축의 출발점 역할을 수행하는 지역이 되는 것이다.

실증단지 구축이 스마트그리드와 관련된 개발 기술 및 비즈니스 모델을 검증한 단계라면, 거점지구 구축은 우수 기술 및 제품의 상용화 및 확산에 주력하는 단계라고 볼 수 있다.

<Table 4> Comparison of test bed and base district

Classification	Test bed	Base district
Propulsive phase	Effectiveness of technology development - Formulation for readiness and customer acceptance of applicable technology, evaluation of development activities - Deducting the expected technical and business issue	Potential commercialization - Confirmation of application for the apply technology diffusion, Multiple customer acceptance and Commercialization success - Solving risk and uncertainty for Applicable diffusion
Scale running	Satisfaction for smallest technology validation - Considering overall condition for test bed, Confirmation of verifiable technical screening and scale applies - Applicability, Interoperability, Scalability	Satisfaction of scale for diffusion and commercialization - Characteristics considered by city, Technology screening for possible commercialization and securing necessary scale - Based on stability, reliability, and profitability
Technical Characteristics	Verification of all the new technology that was developed - Overall verification of uncertainty technology - Deducting of numerical differentiation compared to existing technologies	Stable and competitive technology implementation - Building new technology through the convergence of existing technologies - Deriving beneficial difference compared to existing technologies
Performance Measurement	Technology-driven performance measurement - Effectiveness of applied technology, Implementation compared to the target completion - Participation and feedback of consumers(residents)	Performance measurement based on public interest and commercial - Effect of new employment in alternative investment for carbon reduction and green industry - Effect for saving of operating and maintenance cost

제주실증단지 이후에 추진될 거점지구 선정을 위해서는 다음의 몇 가지 추진 전략이 필요하다. 첫째, 거점지구를 선정함에 있어 목표를 명확히 할 필요가 있으므로, 거점지구를 실증확산지구, 상용화거점지구, 보급거점지구 등 3가지 방안 중 어떤 형태로 추진할 것인지에 대해 명확한 선정 기준이 필요하다.

거점지구가 실증확산지구 성격을 띠는다면, 기존 실증단지의 확산형 모델 형태로, 실증단지 규모 확대를 통한 본격적인 사업화 추진 형태로 진행되어야 한다. 이는 실증단지에서 기술 검증과정을 거친 후, 검증된 기술을 토대로 본격적인 사업화를 추진할 수 있다는 점에서 기술적

용의 연속성을 확보할 수 있는 장점이 있다.

한편, 거점지구를 상용화 거점지구의 성격으로 추진한다면, 상업화가 가능한 사업모델 구현을 목적으로 하는 것으로 국가 단위 스마트그리드 구축의 출발점 역할을 담당할 수 지역을 선정해야 하며, 사업의 성공가능성을 검증하고 내수 및 수출 확산을 위한 광역단위 지역을 선정하는 것이 타당하다고 볼 수 있다.

끝으로 거점지구가 보급거점지구 성격을 띠다면, 국가 차원의 스마트그리드 보급을 위해 필요한 인프라가 잘 구축되어있는 지자체를 대상으로 해야 하며, 특히 스마트그리드의 본격적인 보급을 위한 AMI 등 표준 인프라 구축 및 핵심 기술 인프라가 갖추어진 지역을 선정하는 것이 바람직하다.

또한, 스마트그리드 거점지구를 선정함에 있어, 지역의 적합성, 사업수행능력 및 지역균형발전 등의 항목을 종합적으로 고려해야 한다. 이를 위해 해외 유사사례 분석, 국내 각 지역별 기술상황, 인프라 현황 등을 종합적으로 검토 및 분석하여 선정을 위한 기본 항목들을 도출해야 할 것이다. 거점의 적합성은 향후 스마트그리드 광역확장을 위한 초기 거점으로써 목적을 달성할 가능성을 평가해야 하며, 특히 국가 로드맵 상 거점지구의 목표인 스마트그리드의 광역 확산 달성을 위한 거점 역할을 담당할 수 있는 지역인지 평가되어야 할 것이다. 또한, 이산화탄소 감축 효과 및 수출 확산이 용인한 지구의 선정이 이루어져야 한다. 뿐만 아니라, 성공적인 거점지구 사업수행을 위해서는 실증단지와의 달리 민간투자재원을 활용한 본격적인 상용화 수행이 가능하여야 하므로, 사업시행자의 운영사업능력, 투자재원확보 능력들이 선정과정에서 면밀히 검토되어야 한다. 한편, 지역 내의 균형발전 또한 거점지구 선정 과정의 평가요소로 반영되어야 한다. 광역확장을 위한 지역 거점으로서 지역 내의 스마트그리드 산업의 균형성장을 도모할 수 있어야 하며, 이를 위해서 지역 내의 스마트그리드 관련 시범사업들의 현황 및 거점지구로의 확장을 통한 시너지 효과, 지역경제에 미치는 파급효과 등이 검토되어야 할 것이다.

7. 결론 및 시사점

스마트그리드 사업은 기존의 전력망에 정보통신기술

을 접목하여 지능화된 전력망을 구축하는 사업으로 세계적으로 주목받고 있음에는 분명하다. 하지만, 최근 제주 실증단지에 참여하고 있는 기업들을 중심으로 사업의 수익성과 현실성 부족에 대한 우려가 제기되고 있는 실정이다. 스마트그리드가 '미래 먹거리'라는 정부의 장밋빛 전망에도 불구하고 2009년도부터 시작된 실증사업 초기부터 이러한 우려의 목소리가 나오기 시작했으며, 실증사업 이후 상용화와 확산을 예상하고 투자한 기업들은 이러한 기대마저 불안한 형국이라고 평가하고 있다. 또한 정부와 한전이 전력 공급을 주도하는 상황에서 민간기업과의 역할 분담이 불명확하고 정보 공유도 잘 이루어지지 않아 한국 전력 산업의 특성을 잘 반영하지 못해 현실성이 부족하다는 높다. 그럼에도 불구하고, 주요 국가들은 전력망의 안정성과 효율성 향상, 신재생에너지 이용의 활성화, 관련 산업의 발전 등을 위해 스마트그리드 구축에 나서고 있다.

이에 본 연구에서는 국내 스마트그리드 시장 활성화를 위한 주요 이슈들을 도출하고, 이를 위한 전략들을 소개하였다. 향후 스마트그리드 시장이 활성화되기 위해서는 무엇보다 정부, 한전, 민간 기업들 간의 이해관계의 조정을 통해 사업의 일관성을 유지해야 하며, 소비자의 전력소비 반응에 대해 실시간 요금제가 갖고 있는 한계를 인정할 필요가 있다. 이와 더불어 전기 소비자의 반응을 유도하기 위한 실시간 요금제뿐만 아니라 다른 형태의 수요 반응 제도 도입을 충분히 검토해야 하며, 또한, 실증 연구를 통해 실시간 요금제에 대한 고객 반응 및 효과를 분석하여 개선 방안을 마련해야 한다. 다양한 시나리오를 통해 소비자 및 전력 회사의 수지 분석을 실시하여 실시간 요금제의 과급효과를 분석할 필요가 있다. 추가적으로, 수요 반응을 활성화하기 위해 무엇보다 시장에서 가격 신호가 보다 정밀하고 자동화 되어야 할 것이다.

새로운 비즈니스 모델의 활성화를 위해서는 스마트그리드 관련 원천기술 및 부품 소재 분야에 대한 R&D 투자를 확대해야 하고, 스마트그리드 관련 전문 인력 양성 및 지원계획이 구체적으로 마련되어 공유되어야 할 것이다. 한편, 관련 기업들은 국내 스마트그리드 시장뿐만 아니라 시장 규모가 확대되고 있는 해외 시장을 겨냥한 경쟁력 확보에 선차적인 노력을 기울여야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] D. S. Go, Electricity industry advancement plan accordance with introduction of the smart grid emissions trading, KIET, 2009.
- [2] H. C. Curtius, K. Künzel. and M. Loock, Generic customer segments and business models for smart grids, *der markt*, Vol. 51, No. 2-3, pp. 63-74, 2012
- [3] H. J. Kim, and C. K. Park, Establishment of related legal and institutional systems for implementing Smart Grid national road map, *Korea Energy Economic Review*, Vol. 9, No. 1, 2010.
- [4] Frost & Sullivan, Will Smart Grid Deliver as Promised?, *Market Insight Report*, 2012.
- [5] S. Boresnstein, The Long-Run Efficiency of Real-Time Electricity Pricing, *The Energy Journal*, Vol. 26, No. 1, pp. 93-116, 2005.
- [6] D. N-Y. Mah, J M. van der Vleuten, J. C-M. Ip, and P. R. Hills, Governing the transition of socio-technical systems: A case study of the development of smart grids in Korea, *Energy Policy*, Vol. 45, pp. 133-141, 2012.
- [7] C. K. Park, Current state and challenges of Smart Grid market in U.S., *Korea Energy Economics Institute*, Research Report, 2009.
- [8] K. Spees, and L. Lave, Impacts of Responsive Load in PJM: Load Shifting and Real Time Pricing, *The Quarterly Journal of the IAEE's Energy Economics Education Foundation*, Vol. 29, No. 2, pp. 101-122, 2008.
- [9] K. S. Kim, Policy recommendations for current status of intelligence smart grid and demand response, *Korea Energy Economics Institute*, *Energy Focus*, Vol. 7, No. 2, pp. 103-122, 2010.
- [10] S. I. Moon, Green growth and power industry, *Korea Energy Economics Institute*, 2009.
- [11] International Energy Agency, The power to choose, *Annual Report*, 2003.
- [12] EPRI, Estimating the costs and benefits of the smart grid, *technical report*, 2011.
- [13] FERC, National action plan on demand response, FERC staff report, 2010.
- [14] T. Samad, and S. Kiliccote, Smart grid technologies and applications for the industrial sector, *Computers and Chemical Engineering*, in-press, 2012.
- [15] K. Y. Kim, Driving electric cars coming wave of change, *LG Economic Research Institute*, 2009.
- [16] KIWOOM Securities, Smart Grid Industry Analysis Report, 2009.
- [17] KOTRA, Launch of mass production of the first U.S. electric vehicle batteries, *Research Report*, 2010.
- [18] R. Garcia-valle, and L. J. A. Peças, *Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks*, Springer, in-press, 2012.
- [19] W. Kempton, and J. Tomić, Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy, *Journal of Power Sources*, Vol. 144, No. 1, pp. 280-294, 2005.
- [20] S. H. Choi, A study on the promotion in the renewable energy area and its connection to job making - instruction in Korea by German Cases, *Koreanische-Deutsche Gesellschaft fuer Sozialwissenschaften*, Vol. 20, No. 1, 2010.
- [21] American Council on Renewable Energy, *The Outlook on Renewable Energy in America*, 2007.
- [22] Presidential Committee on Green Growth, *Developing strategy for renewable energy industry*, 2010.
- [23] Korea Employment Information Service, *Selecting the next generation of job for leading Korea's economic future*, Press Release, 2009.
- [24] Zpryme Research & Consulting, *Smart Grid: Hardware & Software Outlook*, 2009.
- [25] Zpryme Research & Consulting, *Smart Grid Insights: Smart Appliances*, 2010.
- [26] MKE, *National road map for Smart Grid*, 2010.

김 지 현(Kim, Ji Hyun)



- 1993년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학사)
- 1995년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학석사)
- 2004년 8월 : University of Michigan (공학박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학부 부교수

· 관심분야 : 경영과학, 품질경영, SCM
· E-Mail : jihyunk@kw.ac.kr

정 석 재(Jeong, Suk Jae)



- 2002년 2월 : 한국해양대학교 물류시스템공학과 학사
- 2004년 2월 : 연세대학교 정보산업공학과(공학석사)
- 2009년 8월 : 연세대학교 정보산업공학과(공학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학부 조교수

· 관심분야 : 공급사슬관리, 생산운영관리
· E-Mail : sjeong@kw.ac.kr

이 석 준(Lee, Suk Jun)



- 2007년 8월 : 연세대학교 정보산업공학과(공학석사)
- 2011년 8월 : 연세대학교 정보산업공학과(공학박사)
- 2012년 1월 : 에리조나대학 박사후연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학부 조교수

· 관심분야 : 경영정보시스템, 금융공학, 기술경영, 통계
· E-Mail : sjlee@kw.ac.kr

김 기 윤(Kim, Ki Yoon)



- 1976년 2월 : 고려대학교 토목공학과(공학사)
- 1979년 2월 : 고려대학교 경영대학원(경영학석사)
- 1985년 2월 : 고려대학교 경영학과(경영학박사)
- 1980년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학부 교수

· 관심분야 : 기술평가, IT Risk Management
· E-Mail : min1203@kw.ac.kr