

전력산업에서 USN/ZigBee를 적용한 RCM 개발에 관한 연구

- 서비스사이언스 프로토타입

박정선* · 조홍기** · 이상민* · 이동혁*

*명지대학교 산업경영공학과 · **(주)티맥스소프트

A Study on the RCM Development Using USN/ZigBee in Power Industry- ServiceScience Prototype

Jeong Sun Park* · Hong Gi Cho** · Sang Min Lee* · Dong Nyuk Lee*

*Dept. of Industrial Engineering, Myong Ji University

**TmaxSoft

Abstract

The purposes of this research are presenting a new business model by introducing USN/ZigBee and measuring productivity using BSC(Balanced scorecard), and becoming a cornerstone by presenting a prototype of ServiceScience which is getting more attention from Industrial Engineering and Management.

The new business model consists of development of leak current monitoring sensor using USN/ZigBee and the adoption of RCM(Reliability-Centered Maintenance) using knowledge-based system at current distribution.

Additionally, for the measurement of this new model's productivity, BSC is used, and the strategic map and measurement indices are produced.

The main contributions of this paper are showing a concrete model of ServiceScience and demonstrating this model can be extended to similar areas like are gas, water etc.

Keywords : ServiceScience, RFID/USN, BSC, RCM

1. 서 론

한국의 전력계통은 복잡한 그물망 구조를 가지고 있어 작은 사고가 전체 네트워크에 큰 영향을 줄 수 있는 구조이다. 이러한 구조를 가지고 있기 때문에 전력 설비의 이상이 발생하면 그 파급 효과는 매우 크며 산업현장에서의 경제적 손실 또한 막대하다.

이에 따라 전력설비 유지보수의 필요성이 증대되고 있는 실정이며, 전력산업 구조개편이 진행됨에 따라, 신규

발전소 설립보다는 기존 설비의 유지보수 강화로 전체적인 효율성과 운영비를 줄이려는 노력을 기울이고 있다.

현재 국내에서는 초고압 GCB/GIS, 초고압 전력용 변압기, 케이블 등 개별 전력기기의 생산/개발 수준은 세계적인 수준에 근접하고 있으나, 유지보수, 점검 등에 관련된 관리 시스템 개발은 매우 미흡한 수준이다.

전력설비의 누설전류 상태를 실시간으로 감시하여 이로 인해 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지, 대처할 수 있는 시스템을 개발할 필요가 있다.

† 본 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-D-00576)

† 교신저자: 박정선, 경기도 용인시 처인구 남동 명지대학교 공학관 516호

M · P:019-208-6453, E-mail: jspark@mju.ac.kr

2009년 1월 접수; 2009년 3월 수정본 접수; 2009년 3월 게재확정

이러한 시스템 개발에 있어서 전력공급의 일시중단이나 과도한 전압에 따른 절연 사고가 발생하였을 때 이들 설비에 대한 정확한 상태진단을 위한 센서가 요구되며, 전력계통의 안정성을 확보하기 위하여 전력설비 감시 및 운영에 필요한 첨단 센서의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 전력산업에 최근 새로운 기술로 각광 받고 있는 USN/ZigBee를 도입하여 새로운 비즈니스 모델 제시하고, USN/ZigBee를 사용한 새로운 서비스 모델에 대한 생산성 측정방법을 BSC(Balanced Scorecard)를 이용하여 제시하고, 프로세스 품질 개선 방법론으로 설비보전 분야에서 이슈가 되고 있는 RCM(Reliability Centered Maintenance) 기법을 이용하였다.

연구의 범위를 크게 두 가지로 나누어 보면 USN/ZigBee를 통한 RCM 프로토타입 구현과 구현된 시스템의 효과를 측정하는 생산성 측정방법의 제시로 이루어진다.

USN/ZigBee를 활용한 RCM 프로토타입 개발은 누설전류 검침센서를 개발하여 배전계통에 RCM 모델을 적용하고, USN/ZigBee를 활용한 RCM 시스템 생산성 측정방법의 제시는 정량적인 접근과 정성적인 접근을 활용해서 측정할 수 있는 BSC 기법을 활용하여 성과 측정 모델을 도출한다.

이러한 내용을 바탕으로 USN/ZigBee를 활용한 RCM 프로토타입을 제시하여, 서비스사이언스가 산업공학, 경영학을 중심으로 활발한 논의가 시작되길 하였으나 아직 구체적인 결과물이 없는 실정에서 서비스사이언스에 관한 프로젝트가 이루어질 수 있는 초석이 될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 관련이론

2.1 USN/ZigBee

최근 대두되고 있는 USN/ZigBee 기술은 2003년 12월 IEEE 802.15.4 표준으로 채택되고 2005년 10월 한국 ZigBee 포럼에서 출범되어, 정부의 IT기술 발전을 위한 IT839 정책 중 USN(Ubiquitous Sensor Network)기술의 하나로 저가격 및 저전력 소모의 장점을 가지고 있으며 최대 65,000개의 그물망 구성이 가능하여 전력설비 유지보수 시스템에 적합한 구조이다.

ZigBee 표준 1.0은 2004년 12월 표준이 완료되어 정식 발표되었으며 ZigBee Alliance에서 Application Framework Working Group 내에 다양한 응용분야의 어플리케이션 표준을 개발하고 있다. 또한 ZigBee기술은 유선 기술 대비 설치의 편리성, 유지보수의 편리성, 재사용 가능 및 저전력 소모 등을 특징으로 다양한 자동화 분야에 적용되고

있다. 주요 응용분야로는 무선 생산자동화, 공장자동화, 빌딩자동화, 원격검침자동화, POS 자동화 등이 있다.

2.2 RCM(Reliability Centered Maintenance)

RCM(Reliability Centered Maintenance)은 적절한 정비업무 및 유지보수 통한 설비의 계통기능을 유지하고, 정비업무 및 유지보수를 최적화하기 위한 체계적이고 과학적인 기법으로 정의할 수 있다.

계획된 보전 프로그램으로 보전 방법에 기초한 작업지식, 고장의 구조를 발견하는 것, 고장에 의한 손실을 평가하는 것, 가장 적합한 보전방법을 선택하는 것으로 RCM은 구성된다. 이와 같은 RCM의 개념은 위에서 설명한 누설전류 원격 감시 시스템에서 채택되었으며, 실제적인 구현은 지식 베이스를 구축하여 최적화된 유지보수 방법을 제시하였다.

2.3 BSC(Balanced Scorecard)

BSC(Balanced Scorecard)는 기업의 지속적인 성장을 위해 단순 재무지표만이 아니라 재무관점, 고객관점, 내부프로세스관점, 학습 및 성장관점의 4가지 관점의 지표로 기업 성과를 종합적·균형적으로 관리하는 개념이다.

오늘날 기업의 자산 중에서 무형자산의 가치를 측정하는 것은 매우 어려우므로 무형자산과 유형자산이 연계되어 기업의 가치 창출 및 전략달성을 위해 어떤 역할을 하는지 파악하는데 유용한 도구가 BSC이다.

BSC에서는 전략과 성과지표간의 연계에 중점을 두고 조직의 비전, 미션, 전략적 목표달성을 위해 기업의 비전과 경영목표의 장기적인 목적과 단기적인 목적의 균형을 맞추도록 할 수 있다.

2.4 서비스사이언스

서비스 분야에서도 제조 분야에서와 같이 생산성과 효율성을 증가시키기 위한 과학적이고, 체계적인 방법의 필요성이 대두하고 있다. 서비스사이언스는 서비스를 과학적이고 시스템적인 방법으로 접근하여 기존의 서비스 제공에서 나타난 문제점들을 개선하여 서비스 산업의 경쟁력을 높이고자하는 학문으로 정의할 수 있다.

서비스의 생산성과 효율성을 높이기 위한 시도로 사이언스, 경영학, 사회학, 마케팅 분야가 함께 기술혁신, 비즈니스혁신, 조직혁신, 사용자/고객혁신을 하는 것이 서비스사이언스의 주된 연구내용이다.

3. 연구범위

3.1 연구범위 요약도

본 연구에서는 크게 USN/ZigBee를 통한 RCM 프로토타입 구현과 구현된 시스템의 생산성 측정방법을 제시하는 두 가지 영역으로 이루어진다.(<그림 3.1> 참고)

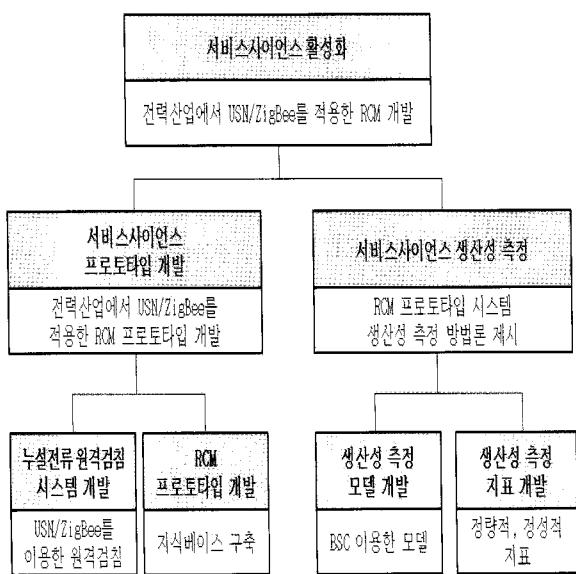
3.2 USN/ZigBee를 활용한 RCM 프로토타입 개발

누설전류 검침 센서의 요구사항 및 필요요건을 조사하여 누설전류 검침 센서의 설계 및 개발에 USN/ZigBee 무선 통신 모듈을 적용한다. 단순히 전력 누수 현황의 확인에만 그치는 것이 아니라 누설전류에 관한 데이터를 확보하고 데이터베이스를 구축한다.

위와 같은 내용으로 전력설비에 RCM 개념을 도입할 경우 새로운 지식관리 개념을 활용한 RCM 시스템 프로토타입을 구축할 수 있다.

3.3 RCM 프로토타입 시스템 생산성 측정 방법론 제시

전력산업에 USN/ZigBee를 적용하는 프로토타입을 바탕으로 새로운 비즈니스 모델을 제시하며, BM(비즈니스 모델)에 대한 생산성 측정 방법론은 전략적기업경영(SEM : Strategic Enterprise Management)의 주요 도구로 부상되고 있는 BSC를 활용한다.



4. 연구개발 내용

4.1 USN/ZigBee를 활용한 RCM 프로토타입 개발

4.1.1 누설전류 검침 센서 개발

누설전류 검침센서의 회로도 작성 및 누설전류를 검출하기 위해 관통형 변류기(ZCT)와 OP-Amp를 사용하여 누설전류를 검출한다. OP-Amp는 전압증폭과 비교기로 사용하고 다이오드와 전해콘덴서는 교류를 직류로 바꾸는 역할을 한다.

ZigBee 통신을 위해 Atmega 128L power 8-bit 마이크로컨트롤러를 사용하고 칩콘사에서 제조한 Chipcon CC2420 ZigBee 모듈을 사용한다.(<표 4.1> 참조)

4.1.1.1 누설전류검침센서와 ZigBee 모듈 연결

기존 조도의 변화를 측정하는 센서(CDS)에서 CDS를 제거하고 누설전류검침 센서에서 최종적으로 나온 직류전압을 연결하였다.

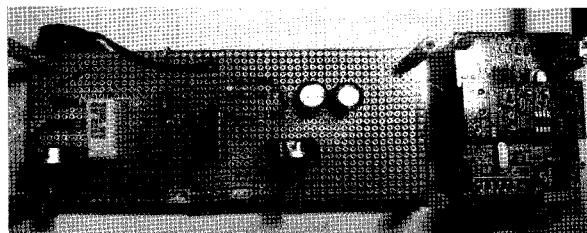
4.1.1.2 누설전류 검침 테스트

실제 배전선로에 센서를 연결하여 실험할 경우 전류 상태의 인위적인 조작이 불가능하므로 실험장비를 통해 전류의 상태를 인위적으로 조작하였다. 전류와 전압의 값을 조절할 수 있는 DC Power Supply를 연결하고 센서 제작시 인위적으로 가변저항을 만들어 저항의 값을 조절할 수 있도록 하였다. 실험 시에는 가변저항의 값을 조절함으로써 누설전류의 값이 조절된다.

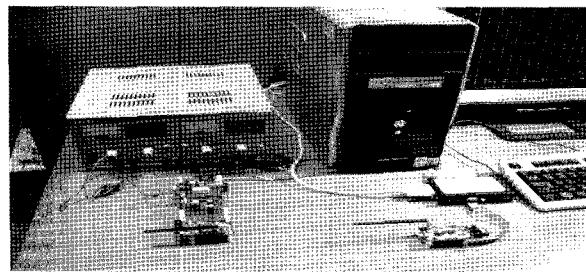
<그림 4.2>는 실험 중인 장비의 전체 모습을 나타낸다. 전류의 값의 변화는 ZigBee모듈을 통해 서버와 연결된 Coordinator 모듈에 전송된다. 전송된 값은 실시간으로 모니터링 된다.

<표 4.1> 센서와 서버 스펙

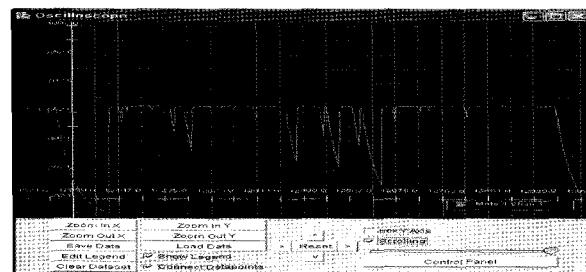
구 분	내 용
USN/ZigBee 센서 스펙	ZCT, OP-AMP, 시멘트 저항, 다이오드, 전해콘덴서, Atmega 128L power 8bit 마이크로컨트롤러, Chipcon CC2420
USN/ZigBee 서버 스펙	Window XP, Oracle 9i, Visual Basic 등



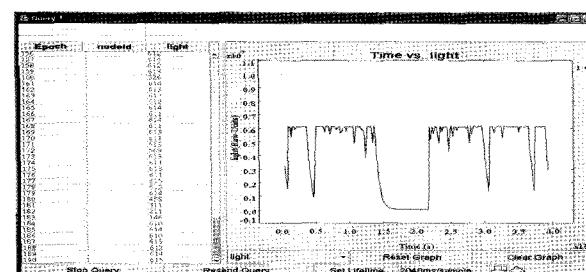
<그림 4.1> 누설전류 검침 센서와 ZigBee 모듈 연결



<그림 4.2> 실험중인 전체 장비



<그림 4.3> 실시간 전류 측정 데이터



<그림 4.4> 시간에 따른 전류의 값

실험을 통해 기 개발한 누설전류 센서를 통해 18mA에서 50mA까지의 전류 측정이 가능하였다. 분해능은 0.1mA 이하까지 측정이 가능하였다. 누전차단기에서는 30mA에서 차단이 되므로 본 센서로도 충분히 누설전류의 측정이 가능하다는 것이 입증 되었다.

4.1.2 배전계통 RCM 모델

4.1.2.1 배전계통 RCM 도입 시 질문사항

배전계통에 RCM을 도입하려고 할 때 먼저 현재 배전 계통의 유지보수형태에 대해 알아야한다. 현재의 상

태를 알기 위해 표 4.2 같은 시스템의 고장에 대한 기본사항을 조사해야 한다. 배전계통의 목적은 정상전류를 일정하게 유지하면서 수용가에 공급하는 것을 목적으로 한다. 이러한 배전계통에서의 고장은 전력공급이 멈추는 것으로 배전선의 단선이나 배전시설의 고장에서 기인한다. 이러한 고장을 유발시키는 원인으로는 설비의 자연열화, 이상전류의 침입이 있다. 고장이 발생되면 전력공급의 중단으로 인한 비용이 발생하고 지락사고로 인한 2차적인 화재, 인재 등의 사고가 발생될 수 있다.

이러한 고장을 방지하기 위하여 기준에는 설비의 수명에 따른 고장주기에 따라 직접 점검을 하는 방식을 따랐다. 그러나 이 보전 방법은 점검주기가 수년씩 걸리기 때문에 설비의 수명주기보다 빠른 노후화나 갑작스런 이상전류의 침입 등에 의해 신뢰성이 떨어지게 된다.

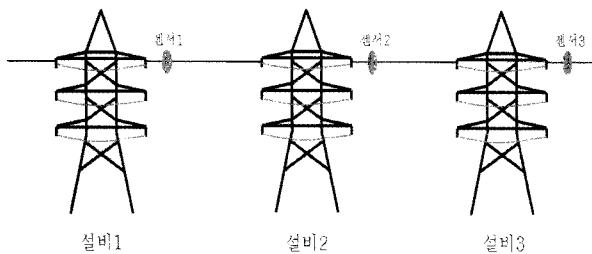
4.1.3 배전계통 RCM 모델 적용

4.1.3.1 센서와 데이터베이스 구성

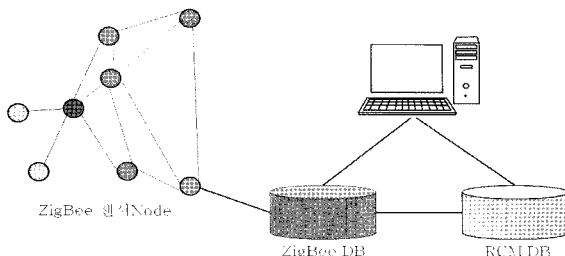
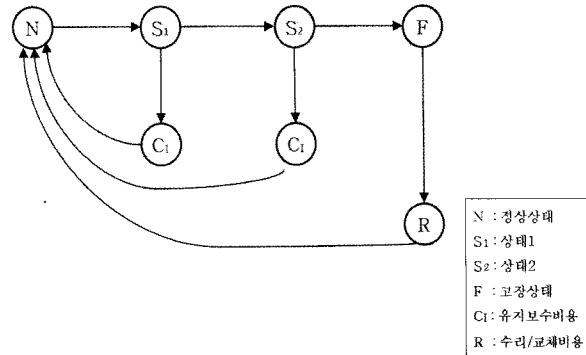
<표 4.2>의 내용을 통해 보았듯이 배전계통 유지보수에서의 문제점은 설비의 상태에 대한 신뢰도이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서 개발한 누설전류 원격검침 센서를 배전설비에 부착하여 실시간으로 전류의 양을 측정한다. 센서의 부착 모형은 <그림 4.5>와 같은 형태로 설비와 설비 사이의 선로에 부착한다. 이렇게 부착하면 설비1에서의 누설전류 상태를 센서1에서 감지할 수 있고 설비2에서의 상태는 센서2에서 감지할 수 있다.

<표 4.2> 배전계통 RCM 도입 시 질문사항

번호	질문내용	해당사항
1	시스템의 기능과 관련한 성능기준은 무엇인가?	정상전류의 계속적인 공급
2	해당 기능이 어떤 형태로 고장 나는가?	전력선이 끊어짐
3	고장의 원인은 무엇인가?	자연열화로 인한 전류변화, 이상전류의 침입
4	고장발생으로 초래되는 사항은 무엇인가?	전력공급이 정지됨
5	고장이 발생시키는 문제는 무엇인가?	전력공급의 중단으로 인한 비용발생, 지락 사고로 인한 2차사고 발생
6	고장을 예측하고 예방하기 위해 어떤 방법을 사용하고 있는가?	설비의 노후화 주기를 예측하여 적절한 주기로 설비의 점검을 함
7	현재 유지보수 방법의 문제점은 무엇인가?	주기적 점검으로 인한 불필요한 점검비용과 예상치 못한 사고에 대한 미흡한 대응



<그림 4.5> 센서 설치 모형



<그림 4.6> ZigBee 데이터베이스 구성

각각의 센서들은 네트워크를 구성하여 Coordinator에 전류상태를 전송하고 각각의 센서들이 보내온 정보를 ZigBee 데이터베이스에 저장한다.

ZigBee 데이터베이스에 들어온 정보는 RCM 데이터베이스에 전달되어 유지보수여부를 결정하게 된다.

4.1.3.2 유지보수의 결정

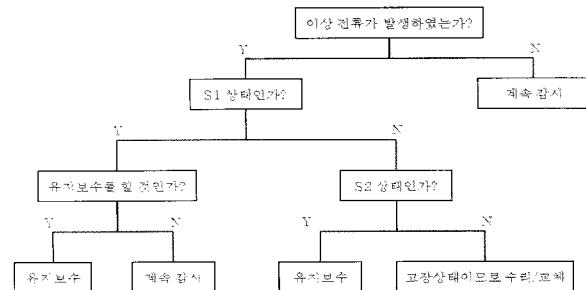
전류가 인체에 미치는 영향은 <표 4.3>에서 보는 바와 같이 과도한 전류는 생명을 위협한다. 그래서 가정의 누전차단기는 30mA 정도의 누설전류가 발생하면 차단을 시킨다. 이러한 누설전류로 인한 사고를 방지하기 위해 본 연구에서는 <그림 4.7>과 같은 유지보수모델을 제안한다.

<그림 4.7>에서 보듯이 N상태는 정상전류가 흐르는 상태이다. F상태는 설비의 고장상태로 30mA의 전류가 흐르면 고장이 발생하는 것으로 가정하였다. 유지보수는 이러한 상태가 오기 전에 사전에 방지하는 것으로 30mA의 상태가 오기 전에 20mA가 흐르는 상태를 S1, 25mA가 흐르는 상태를 S2로 정하였다.

<표 4.3> 전류가 인체에 미치는 영향

전류량	전류가 인체에 미치는 영향
1mA	전기를 자각할 정도(최소의 감지 전류)
5mA	어느 정도의 고통을 느낌
10mA	참기 어려운 정도의 고통
20mA	근육이 수축되어 행동이 불가능 함
50mA	위험한 상태
100mA	치사전류

<그림 4.7> 누설전류 상태에 따른 유지보수 결정모형



<그림 4.8> 배전계통 유지보수를 위한 LTC 로직

S1과 S2 상태에서는 N상태로 돌리기 위한 유지보수비용 CI가 필요하다. F상태까지 가게 되면 N상태로 돌리기 위해 더 많은 수리/교체 비용이 든다. 그러므로 F상태가 가기 전에 S1과 S2상태에서 유지보수를 결정한다. 전체적인 유지보수 결정 로직은 <그림 4.8>에 나타나 있다.

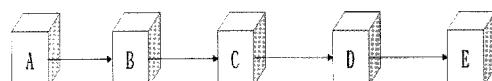
4.2 USN/ZigBee를 활용한 RCM 시스템

4.2.1 생산성 측면에서 자동화된 RCM 시스템

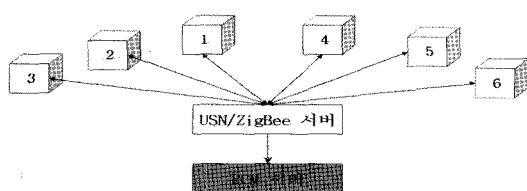
기존의 프로세스는 고장 기기들이 줄을 서서 서비스 공급자의 서비스를 기다리고 있는 경우라면 새로운 프로세스는 고장 정보가 실시간으로 채취되어 즉각적인 서비스 제공이 가능하다.

4.2.1.1 기존시스템 (서비스 제공자가 각 기기를 점검해서 보전하는 경우)

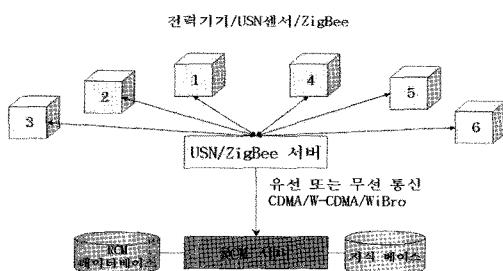
서비스 제공자는 각 기기를 하나씩 점검하고, 문제가 되는 기기를 교체 또는 보수한다.



<그림 4.9> 기존 보전 시스템



<그림 4.10> 제안된 보전 시스템



<그림 4.11> 누설전류 원격검침 RCM 프로토타입 모형

이런 시스템은 점검하는데 많은 시간을 소모하게 되고, 보전활동이 급한 기기는 서비스를 받기 위한 대기 시간이 발생한다. 또한 기기의 고장으로 근본적인 서비스의 중단을 야기할 가능성이 높다.

4.2.1.2 제안된 시스템 (USN/ZigBee를 활용한 RCM)

각 기기의 이상상태가 실시간으로 USN/ZigBee 서버에 포착되고, 이는 RCM 서버에 보고되어 RCM 서버는 축적된 지식을 활용하여 적절한 조치를 명령한다.

<그림 4.10>과 같은 시스템은 유지보수/수리 할 수 있는 인원들을 적기적소에 배치하고 수리를 위해 대기하는 시간이 줄어든다. 그 만큼 운영비용이 적어질 수 있는 BM(Business Model)이다.

4.2.2 누설전류 원격검침 RCM 프로토타입

USN에서 습득된 정보는 ZigBee를 통하여 USN/ZigBee 서버에 도달하게 되고, USN/ZigBee 서버에서는 입력된 숫자가 임계치를 넘는 경우 그 관련정보 (기기종류, 일련 번호, 설치장소 등)와 함께 메인서버로 보낸다. 이 경우 유선 인터넷 또는 무선 CDMA/WCDMA/WiBro 등을 사용할 수 있다. RCM 서버에는 전달된 정보가 정보의 소스를 알려주는 항목들과 함께 저장되고, 지식 베이스를 활용하여 필요한 조치가 무엇인가를 판단하여 적절한 대응을 하달한다.

5. 서비스사이언스 생산성 측정 방법론

본 논문에서 제시한 USN/ZigBee를 활용한 RCM 시스

템에서 서비스 공급자는 긴급 수리를 요구하는 기기만을 우선적으로 보전함으로써 기기 서비스의 중단을 예방할 수 있으며, 서비스 공급자의 생산성을 올릴 수 있다.

생산성 측정 방법론은 크게 정량적인 접근과 정성적인 접근을 활용할 수 있는데, 본 연구에서는 BSC 기법을 활용하여 전력기업에서의 성과측정 모델을 도출한다.

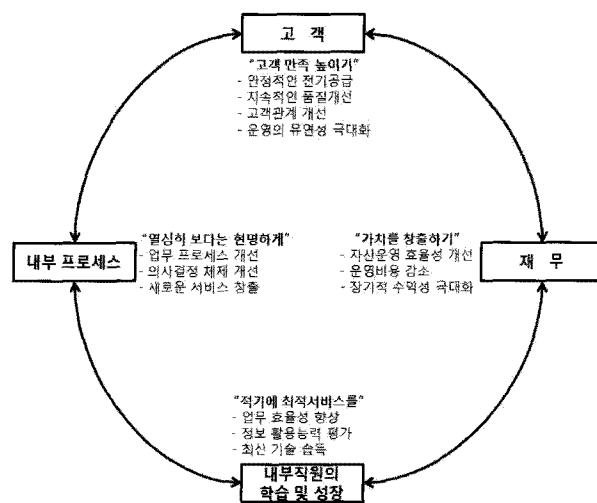
제시된 성과측정 모델은 일반적인 전력기업을 대상으로 적용될 수 있을 것이라는 가정하에 작성되었다.

5.1 균형성과표의 구축

본 연구는 전력산업의 가치를 향상시키고, 유지보수의 용이성을 획득하기 위하여 집중적으로 관리하여야 하는 핵심성과지표를 도출하기 위하여 재무, 고객, 내부프로세스, 학습 및 성장 관점별로 조직의 성장전략과 연계되는 방향으로 설정하였다.

핵심성과지표를 도출하기에 앞서 전략지도(Strategy map)를 작성하였는데, 전략지도란 전략목표를 시각적으로 표현한 것으로 전략지도는 상위 임원진에서 최하위 일선 요원들까지 전략을 쉽게 이해할 수 있게 하는 매우 유용한 도구이다. 즉, 전략지도는 강력한 의사소통 도구인 동시에 모든 이해관계자들에게 조직이 무엇을 달성하려고 하는지에 대한 일종의 신호를 보내는 단순하면서 포괄적인 도구라고 정의할 수 있다.

이처럼 가설형태로 수립된 전략목표들 간의 관계를 파악함으로써 여러 가지 중요한 목적을 달성할 수 있게 되는데, 전략목표간의 상호 관계를 나타내면 BSC의 개발자들이 중요한 전략적 가정이나 질문, 전략목표 간의 상호 의존성을 빠르게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 구성원들로 하여금 조직의 고유한 전략을 보다 쉽게 이해할 수 있게 해준다.



<그림 5.1> 전력산업의 전략지도

위의 <그림 5.1>은 본 연구의 대상인 전력기업의 전략지도이다. 4가지 각 관점별로 고객관점에서는 “고객 만족 높이기”, 내부프로세스 관점에서는 “열심히 보다는 협명하게”, 학습 및 성장관점에서는 “적기에 최적서비스를”, 재무관점에서는 “가치를 창출하기”라는 관점별 전략목표를 설정하였다.

재무관점의 전략목표 “가치를 창출하기”는 세부적으로 자산운영 효율성 개선, 운영비용 감소, 장기적 수익성 극대화의 세 가지 영역으로 구분하였다.

첫째, 자산운영의 효율성 개선을 달성하기 위하여 측정하여야 할 성과지표는 유형자산회전율, 매출채권회전율, 재고자산회전율 등이 있다.

둘째, 운영비용 감소는 전력산업의 특성상 전력설비의 구축과 운영에는 일정한 고정비가 소요되므로 고정비의 감소는 곧 기업의 업무 연속성을 위협하는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 고정비의 감소를 고려하기보다 변동비의 감소를 추구하는 것이 효율적이라 판단하였다. 변동비의 감소를 고려한 성과측정지표는 보전업무시간, 인건비절감, 교통비용 절감 등이 있다.

셋째, 수익성 극대화는 장기적인 관점에서 볼 때 기업 재무구조의 건전성을 판단할 수 있는 측정지표로써 주당순이익, 주가수익률 등을 고려하였다.

두 번째 관점인 고객관점의 전략목표 “고객 만족 높이기”는 안정적인 전기공급, 지속적 품질개선, 고객관계 개선의 세 가지 영역으로 구분하였다.

첫째, 안정적인 전기공급은 고객이 전기제품이나 전력설비를 사용할 때 작업이나 활동의 중단이 없이 지속적으로 운영할 수 있는 환경을 만드는 것에 대한 측정지표로 정전율 인하, 노후설비 교체율 등이 있다.

둘째, 지속적인 품질개선은 고객에게 전력을 공급함에 있어 불완전한 상태의 부하를 줄이고 안전사고 방지를 위한 것으로, 측정지표로 전력부하의 일관성 등이 있다.

셋째, 고객관계 개선은 전력기업과 고객관의 유대관계를 돈독히 하여 나아가 재무관점의 장기적 수익성 극대화와 관련되는 항목이다. 이를 측정하기 위한 지표는 콜센터의 신고접수에 따른 처리율을 고려하였다.

세 번째 관점인 내부프로세스 관점의 전략목표 “열심히 보다는 협명하게”는 업무 프로세스 개선, 의사결정 체계 개선, 새로운 서비스 창출의 세 가지 영역으로 구분하였다.

첫째, 업무프로세스 개선은 기존의 업무를 기초단계에서부터 근본적으로 재설계하여 생산성의 향상을 도모하기 위한 것으로 업무 재설계율 등을 측정지표로 볼 수 있다.

둘째, 의사결정 체계 개선은 기업의 보고체계의 검토를 통하여 간소화 할 수 있는 부분과 보다 강력한 통제를 요구하는 부분으로 구분하여 업무 보고체계의 간소화 수를 측정지표로 고려하였다.

셋째, 새로운 서비스 창출은 가정이나 공장 등의 전력공급 뿐만 아니라 새로운 전력공급처를 모색하는 것을 주요 내용으로 삼고 있다. 이에 따라 측정지표로는 신규서비스 달성건수, 유망전력 산업에 대한 R&D 분야에 대한 연구비 등이 있다.

마지막 관점인 내부직원의 학습 및 성장 관점은 “적기에 최적의 서비스를”이라는 내용을 바탕으로 업무 효율성 향상, 정보 활용능력 평가, 최신 기술 습득의 세 가지 영역으로 구분하였다.

첫째, 업무 효율성 향상은 업무 처리 시간 절감을 측정지표로 설정하였으며,

둘째, 정보 활용능력 평가는 직원들의 업무처리 효율성 향상 및 직원 개인의 자질향상을 위한 것으로 자격증 취득 건수를 측정지표로 설정하였다.

셋째, 최신 기술 습득은 새로운 전력산업의 동향을 파악하고 직원들의 자질 향상을 위한 것으로 신기술에 관련된 교육참여율 등을 측정지표로 하였다.

이와 같은 균형성과표의 네 가지 관점의 전략목표와 측정지표를 수립함으로써 모든 직원의 목표 공유와 기업가치 향상을 위한 생산성을 측정하는 모델을 수립하였다. (<표5.1> 참조)

<표 5.1> 균형성과표의 4가지 관점별 전략목표와 측정지표

관점	전략목표	세부영역	성과측정지표
재무 관점	가치를 창출하기	자산 운영의 효율성 개선을 달성하기 위한 측정	유형자산회전율 매출채권회전율 재고자산회전율
		원가절감을 위한 운영비용 감소	보전업무시간 인건비절감 교통비용 절감
		장기적 수익성 극대화	주당순이익 주가수익률
고객 관점	고객 만족 높이기	안정적인 전기공급	정전율 인하 노후설비교체율
		지속적 품질개선	전력부하의 일관성
		고객관계 개선	콜센터의 신고접수 처리율
내부 프로세스 관점	열심히 보다는 협명하게	업무프로세스 개선	업무 재설계율
		의사결정 체계 개선	업무 보고체계의 간소화 건수
		새로운 서비스 창출	신규서비스 달성건수 유망 전력산업에 대한 R&D 분야에 대한 연구비
학습 및 성장 관점	적기에 최적의 서비스를	업무 효율성 향상	업무처리 시간 절감
		정보 활용능력 평가	직원들의 자격증 취득 건수
		최신 기술의 습득	신기술 교육 참여율 신기술 교육 수료 건수

위와 같은 BSC기법을 적용한 성공적인 사례는 얼라이언트(캐나다 애틀랜틱 주)사를 들 수 있는데, 2002년도에 BSC를 도입하였다. 그 결과 2003년 회사의 순수익이 28% 증가했고, 주당순수익은 32%상승하고, 주식가치는 27%증가 하였다. 이런 결과들은 BSC를 구축하고 전 직원들이 목표를 공유하고 기업성장을 위해 노력하였기 때문에 가능한 것이었다.

우리나라의 일반적인 전력기업에서도 BSC와 같은 성과측정 도구를 도입한다면 생산성 향상에 많은 도움을 받을 것이라 기대한다.

6. 결 론

현재 대부분의 산업구조는 서비스업의 생산성이 제조업을 능가하고 있다. 이런 추세로 볼 때 기존의 산업공학은 제조업 중심의 관점에서 발전하여 왔으나, 현재는 서비스업 중심으로 관점을 확대할 필요가 있으며, 서비스업에 산업공학의 역량을 집중해야 한다.

본 연구에서는 서비스 혁신관리, 서비스 기술, 서비스 생산성 측정, 프로세스 품질개선 방법론 등이 함께 아우러진 프레임워크를 제시하였기 때문에 추후 서비스사이언스의 프레임워크에 관한 연구가 활발히 진행될 수 있을 것이다.

또한 기존의 서비스사이언스의 연구가 개념적인 형태에서 구체적인 형태로 발전하는 상황인데 본 연구의 결과는 서비스사이언스 발전의 기반이 될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구의 결과는 산업공학의 기존 이론들이 서비스 공학의 이론들로 발전할 수 있는 중요한 연결고리 역할을 할 것이다. 프로토타입의 내용은 전력분야에서 관심이 높은 분야로서 전력 관련 분야에서 IT(USN/ZigBee)를 접목시키는데 중요한 주춧돌 역할을 할 것이다. 또한, 현재 국내에서 활발히 추진 중에 있는 전력IT의 결과물을 지식 베이스 기반으로 한 RCM으로 연결하는 역할을 수행할 것으로 예상된다.

본 연구에서 제시되는 비즈니스 모델(BM)은 다른 설비분야(상하수도, 도시가스, 전력량계 등)의 원격검침 시스템으로 확장 가능하며, 현재 지식경제부에서 주관하고 있는 전력IT 사업에 대해 좋은 비즈니스 모델을 제공할 것이다.

7. 참 고 문 헌

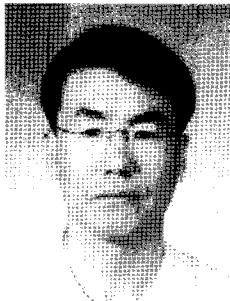
- [1] Paul R. Niven, BSC 운영성과 극대화를 위한 실행지침서 BSC 진단과 개선, 네모북스, 2006
- [2] 한국IT서비스학회 서비스사이언스연구회, 과학이 서비스

를 혁명한다! 서비스사이언스, 매일경제신문사, 2006. 11

- [3] 강병구, ZigBee 기반의 차계부 자동 기록 시스템, 한남대학교 석사논문, 2007. 2
- [4] 김성빈 외 4인, RCM기법을 이용한 도시철도 신뢰성 평가 시스템 개발에 관한 연구, 한국자동차학회, 2005
- [5] 김정식 외 1인, TPM과 RCM에서의 보전계획 비교, 품질경영학회지, 1997
- [6] 김정식 외 2인, TPM과 RCM의 계획보전 비교, 대한설비관리학회, 1996
- [7] 김진태, RFID와 ZigBee를 이용한 u-Health 시스템 구현과 망 최적화 연구, 충남대학교 석사논문, 2006
- [8] 박근표, RCM기법의 배전계통 유지보수에 적용을 위한 modified semi-Markov chain modeling, 서울대학교 석사논문, 2006
- [9] 박현규 외 2인, ZigBee를 이용한 생체신호 전송 및 관리시스템, 한국정보과학회, 2006
- [10] 송재용 외 4인, 애자/피뢰기 모니터링을 위한 유비쿼터스 센서 개발, 한국철도학회 추계학술대회논문집, 2006
- [11] 신선균 외 4인, 철도시스템 RCM 적용을 위한 신뢰성 및 안전성 분석 활동에 관한 연구, 한국철도학회논문집, 2006
- [12] 오석문 외 4인, RCM을 이용한 한국 고속철도차량의 유지보수 체계 구축, 2002
- [13] 우병철 외 6인, 미래 Wi-Fi 및 Bluetooth 환경의 주파수 간섭 영향하에서의 ZigBee의 동작 정도 예상 실험, 한국정보과학회, 2006
- [14] 유정보 외 2인, TPM에서 RCM의 개발과 적용에 관한 연구, 대한설비관리학회, 1996
- [15] 이경인, “서비스사이언스(Service Science)에 관한 통합적 고찰”, 서강대학교 석사논문, 2007
- [16] 이유진 외 3인, 지그비 센서 네트워크에서의 에너지 효율적 라우팅을 고려한 비콘 전송 스케줄링 기법, 한국정보과학회, 2006
- [17] 이찬웅, RCM기법을 이용한 화력발전소 예방정비 업무 개선, 한양대학교 석사논문, 2005
- [18] 이호용 외 4인, 도시철도 유지보수 예방정비체계 구축 방법론에 관한 연구, 한국철도학회논문집, 2004
- [19] 장문석 외 6인, 서비스 통합시스템에서 지그비를 이용한 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 설계 및 구현, 대한전자공학회, 2006
- [20] 장한식 외 6인, ZigBee 기술을 이용한 디지털 홈네트워킹, 한국통신학회지, 2005
- [21] 정호인, IEEE 802.15.4 WPAN 기술, 전자공학회지, 2005

저자소개

박정선



서울대학교에서 학사, 한국과학기술원에서 석사학위를 취득하였고, 미국 텍사스주립대학교 경영학박사를 취득하였으며, 한국전산원에서 선임연구원을 거쳐 현재는 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중이다.

주소: 경기도 용인시 처인구 남동 명지대학교 공학관 516호

이상민



현재 명지대학교 산업경영공학과 대학원 석사과정에 재학 중이며 관심분야는 RFID/USN, KM, MIS 등이다.

주소: 경기도 부천시 소사구 송내동 400-29 301호

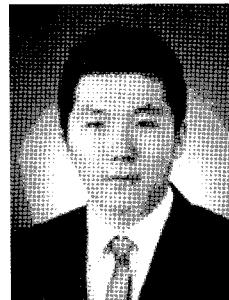
조홍기



명지대학교에서 학사, 석사학위를 취득하였고, 관심분야는 BSC, 위험평가, USN 등이며, 현재는 티맥스소프트에 재직 중이다.

주소: 서울시 강남구 대치동 957-20번지

이동녁



현재 명지대학교 산업경영공학과 대학원 석사과정에 재학 중이며 관심분야는 정보시스템 감사, MIS 등이다.

주소: 경기도 용인시 기흥구 연남동 동일하일빌 120-201