

# 능동형 텔레메트릭스 전력설비 상태감시시스템 개발

이 동 철 한전KDN(주) 송변전IT사업팀 이사

## 1. 서론

기후변동에 따른 지진, 해일 등의 자연재해 증가와 인종, 국가간 갈등으로 빚어지는 대규모 테러의 발생과 항공, 철도 등 운송체계에서의 운영자 실수 등의 사회적 대형사고는 대폭 증가하고 있으며 그 피해범위 또한 확대되고 있다. 이러한 사고를 사전에 방지하거나 사고 발생시 피해를 최소화하는 방법은 과거부터 지속적으로 강구되고 있다.

대규모 SOC(사회간접시설)의 중요한 축인 전력계통망과 그 망을 구성하는 전력시스템장치들은 국내의 경우 전력거래소와 한국전력공사의 관리 체계하에 발전부터 송변전 그리고 배전시스템까지, 또한 이들을 제어보호하고 거래하는 등 전력에너지의 흐름 제어에서는 세계선진수준의 안정되고 일관된 관리가 이루어지고 있다. 그러나 전력인프라의 주 구성요소들을 안전성의 측면에서 살펴보면 송, 배전선로의 지지물과 전선로, 변전소의 주요기기인 변압기와 개폐장치들의 경우 주기능인 전기절연의 문제에서 장기사용에 따른 노후화와 과거 기술적 완성도가 부족한 일부 제품의 존속 등 일시해결이 곤란한 문제들과 절연의 특성상 초고압 전기절연의 근원적 난점 등으로 아직도 다수의 절연과 고장이 불시 발생되어 전력

공급의 신뢰성을 떨어뜨리고 있는 실정이다.

본 과제는 전력설비 열화 및 노후화, 전기화재 등을 감시, 진단, 예방하는 시스템을 구축하여 전기로 인한 사고 및 화재, 그리고 재해를 줄이는 기술을 개발하는 것이며 이는 산업적, 경제적인 측면에서의 직접적인 효과 외에도 간접적인 이득도 함께 제공할 것으로 보인다. 이미 산업 다양화에 의하여 다양한 양질의 전력 공급을 요구하고 있고 이를 위한 국가 에너지 공급 인프라의 신뢰도를 높이는 효과가 있기 때문에 기업에는 투자비용 감소 효과를 제공하며 설비 운영회사 측면에서는 설비 보호, 수명 연장 등의 효과를 제공할 것으로 기대된다.

## 1. 국내 외 관련기술동향

### (1) 국외현황

전 세계적으로 전력설비에 감시진단기술이 본격적으로 적용되기 시작한 시기는 전력설비의 대용량화와 축소화, 고신뢰화의 요구가 급증하기 시작한 70년대 초로 보이며 절연의 이상상태를 부분방전측정법으로 측정하기 시작한 것은 불과 10여전부터이다. 감시진단을 원격으로 수행하기 위한 텔레메트릭스 기술의 경우 일반 고속인터넷망과는 달리 전력망 전

용의 통신네트워크의 필요성 문제나 절연, 노이즈 등 기술적 문제로 인해 기술진전이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 무선원격 송수신시스템에 대한 연구정도나 활용면에서 필요성 또한 최근 들어 원격검침이나 배전, 저압선로 등 감시진단용으로 필요성이 대두되고 있으나 기술진전의 초기단계에 머물러있다. 전력설비 중 송전선로는 온도 감시뿐만 아니라 변형률도 동시에 감시하고자 하는 추세인데 해외선진국에서는 약 2개 업체에서 상용화하였으나 너무 범용적인 계측기기로 개발되어 선로감시용으로는 적합하지 않아 보인다. 변압기 등 유입기기의 예방진단 시스템은 미국의 Doble사가 절연유중 수분 함유량 측정 장치 등 진단항목별 검출장치 및 Intelligent Diagnostic Device (IDD) On-Line Diagnostics를 공급하고 있으며 GE Power사는 Harley사를 인수하여 변압기 LTC의 온라인 Maintenance Action Planner인 LTC-MAP series와 변전소 감시진단용으로 T-MAP2230이라는 감시장치를 제품화하고 있다. 개폐기기에 있어서는 캐나다의 Ontario-Hydro사에서 550kV GIS를 대상으로 부분방전감시를 실시하고 있으며, 영국의 DMS사에서는 UHF(대역 : 500~1500[MHz]) 전자파 측정법과 PRPS (Phase Resolved Pulse Sequence) 분석법을 이용한 PDMS (Partial Discharge Monitoring System)을 적용하여 국내외의 전력회사 및 중전기 회사(ABB, Alstom T&D, Siemens AG, KEPCO와 다수)에 설치 운용하고 있다.

일본은 1970년대부터 변전설비의 이상을 진단하기

위한 각종 이상검출기술을 활발히 연구개발해 왔으며, 이러한 이상검출기술을 종합한 변전소 예방진단 시스템과 감시제어시스템을 통합한 변전소 종합자동화시스템을 가장 많이 적용하고 있다. 북미에서는 이미 1970년대부터 일본과 거의 동시에 전력회사를 중심으로 회전기, 변압기 등의 온라인 감시진단시스템에 관심을 가지고 연구를 진행하였다. 특히, 캐나다 등지에서는 상당수의 변압기가 50~60년 이상 가동되고 있어서 실제로 변압기 내부의 절연상태가 진단하는 것은 대부분의 민간전력회사로서는 고장으로 인한 불시정전 실패비용과 설비 재투자의 문제로 인해 민감한 사안으로 취급되고 있다.

### (2) 국내현황

국내에서의 전력설비 진단기술은 주로 설비들을 휴지상태에서 절연상태 측정기 등으로 상태점검하거나 주요부분을 분해하여 내부 상태를 육안 또는 기능 점검하는 직접점검방법을 사용해왔으며 지금도 대부분 이 방법에 의존하고 있다. 휴전이나 분해점검을 필요로 하지 않는 간접적 상태감시진단기술인 온라인 상태감시진단기술(Condition Monitoring Diagnosis)의 경우1980년대 중반부터 전력연구원, 전기연구원과 국내 몇몇 대학, 기업을 중심으로 대형

1 |

상태감시진단기술의 현재		상태감시진단기술의 미래	
국부적, 산발적 기술	→	통합구조적 기술	
기존 개발 기술의 응용	→	첨단기술의 접목(IT, MEMS 기술 등)	
Time Base에 의한 설비정비	→	CMD를 통한 Prediction(고장예측예방)	
전력설비 상태감시진단 및 고장예방(Condition Monitoring Diagnosis & Prediction)			
능동형 텔레메트릭스 상태감시 기술 → 전력설비 감시진단의 총체적 기술			

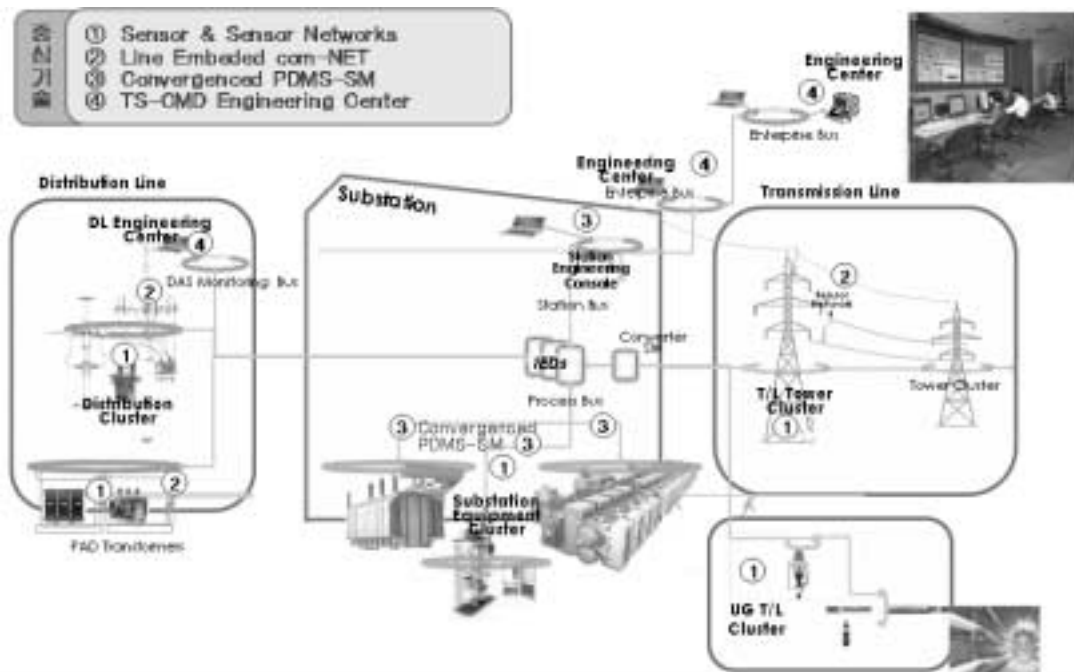
1



2



3



변압기를 대상으로 한 초음파 기술을 적용한 온라인 부분방전측정, 유증가스 상시 감시 장치, 피뢰기 누설전류 검출장치 등 온라인 이상검출 기술을 개발하여 왔으며, 실험실에서 가능성을 입증하거나 일부 기술은 현장에 시범적용 중에 있다. 한전에서는 1998년부터 8개 345kV급 변전소에 상태감시시스템을 운용 중에 있으며, 최근 765kV 신가평, 신태백 변전소에 예방진단시스템이 적용되어 운전중이다. 또한 철도청, 고속철도(KTX), 반도체 및 전자회사 등에 GIS 부분방전 진단시스템 등이 설치 운용중에 있으며, 전력설비 열화상태 감시진단장치 등이 개발되어 민간 설비 및 저압분야 등에 운용중이다. 송전선로의 경우 한전의 345kV 영흥송전선로에 해상 송전선로 감시를 위한 화상 및 기상감시시스템이 2004년 4월부터 일부구간에 설치 운용중이다. 국내 초고압 지중선로가 최초로 설치, 운전된 지 20년 이상 경과되어 가는

현시점에서 단순히 전력구 감시 제어기능에 덧붙여 기설 운전되고 있는 케이블의 상태와 잔류수명 등을 판단할 수 있는 진단기술에 대한 관심이 고조되고 있으나 현재 현장에서 적용되고 있는 케이블 진단은 순시탐에 의해 주기적으로 간단한 진단장치 등을 이용하여 진단활동을 하고 있는 수준이며, 지중송전용 OF케이블의 누유감시 정도의 진단기술이 적용되고 있으나 사고발생시 사고지점 파악이 힘들며 사고에 대한 신속한 대응이 불가능한 실정이다.

## 2. 본론

### (1) 개발과제의 개요

#### 가. 텔레메트릭스의 정의

본 과제에서 정의하는 능동형 텔레메트릭스(Telemetrics)란 전력설비의 상태감시진단기술을 전력IT 기술로 통합화, 융합화, 표준화, 소형화하고 모든 전력설비에 구비하여 선택기술이 아닌 필수기술화 함으로서 전력을 에너지이용의 가장 안전한 도구로서 이용 발전시키는 것이다.

이를 개발하기 위한 3가지 핵심 키워드와 연구목표는 [그림 1]과 같다. 또한 본 과제 개발을 통하여 기대되는 개발효과를 [그림 2]로 나타내었다.

### (2) 개발될 주요 기술들

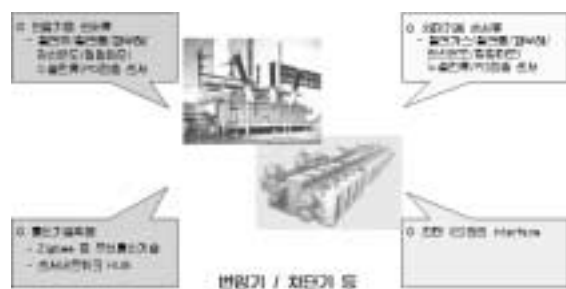
#### 가. 센서와 센서간 네트워크 (S&SN ; Sensor & Sensor Network)

전력설비의 상태를 종합적이고 실시간으로 감시하기 위한 최말단의 센서와 센서 간의 정보전달 및 교

### 4 | Ball Sensor

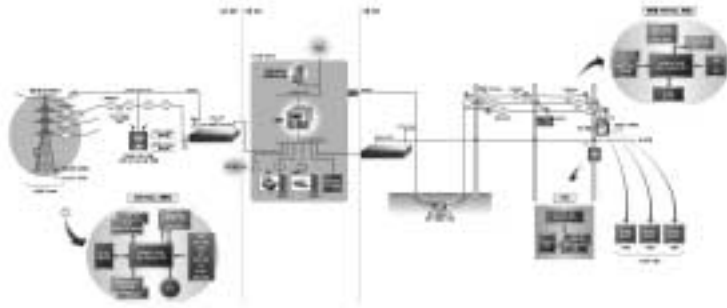


### 5 |



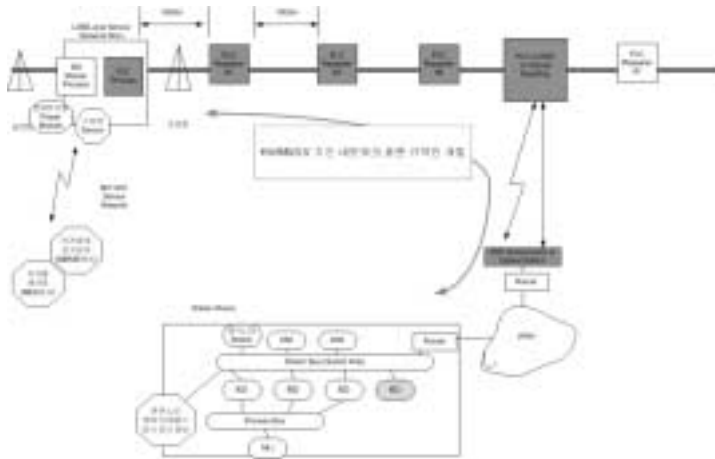
환을 위한 센서네트워크의 구성으로 최말단의 센서로부터 최상단의 감시진단시스템까지의 종합적인 네트워크 구성을 이루는 전력계통 감시진단 기술을 개발한다. 감시 진단 시스템 개발기술의 상호 운영성을 극대화하기 위해 UML을 기반으로 하는 시스템 소프트웨어설계에서부터 통신 프로토콜까지 표준화된 규약을 적용함으로써 향후 시스템의 변경 및 확장이 용이하도록 할 것이다. [그림 3]은 송배전선로에 부착될 최말단 센서(Ball형 Sensor)부의 구성개념도이며, [그림 4]는 변압기내부에 부착될 최말단 센서부의 구성개념도이다. 이러한 각 전력설비의 최말단의 센서들과 센서간의 네트워크를 연계하여 [그림 5]와 같이 변전소 내 '송배전선로감시용 IED' 로 상태정보를 전송한다.

6 | &



IEC61850 기반 Network은 Server /Client 방식, Publisher/Subscriber 방식, Peer to Peer 방식 과 동기 시각 제어 방식을 제공하여야 개발하고자 하는 실시간 네트워크망 Line Imbeded Network 구성도는 [그림 6]과 같다.

7 |



**다. 전력설비 상태감시진단 센터 (CMDC ; Condition Monitoring Diagnosis Center)**

상위운영시스템의 중앙 사용자콘솔 인터페이스(HMI)를 개발하기 위하여 송전, 배전, 변전, 지중설비 정보의 시스템과 관련 S/W 개발 및 진단 시스템 등을 개발하여 DCC /SCC /RCC /NCC와의 상호 호환이 가능하고, 사내 ERP 시스템과의 연계가 가능하며, Component 단위로 구성된 HMI Platform를 구축하여 타 응용 S/W의 이식이 쉽게 이루어질 수

**나. 송배전선로 전용 고속통신망**

(TL- LAN ; Transmission Line LAN)

송배전선로(가공, 지중)와 철탑전주 등 현장 선로 시설물에 설치될 '센서네트워크노드장치 (Local Sensor Network Node)' 와 변전소 내 '송배전선로 감시용 IED' 간의 감시정보 실시간 전송을 위한 기간 네트워크 구축 관련 소프트웨어 및 신호변환장치를 개발하고 전력설비(LBN-변전소 IED) 간 기간 네트워크 표준화 작업을 실시하여, 각종 시스템간에 유기적인 연계를 포함하는 IEC61850/IEC61970 기반 전력 텔레메트릭스기술을 표준화한다. 기본적으로

있는 유연한 시스템을 구현한다. 또한 텔레메트릭스 시스템을 통하여 얻어진 자료를 분석, 판단하여 자산 관리시스템을 구축하고 이 데이터를 ERP 시스템으로 전송한다.

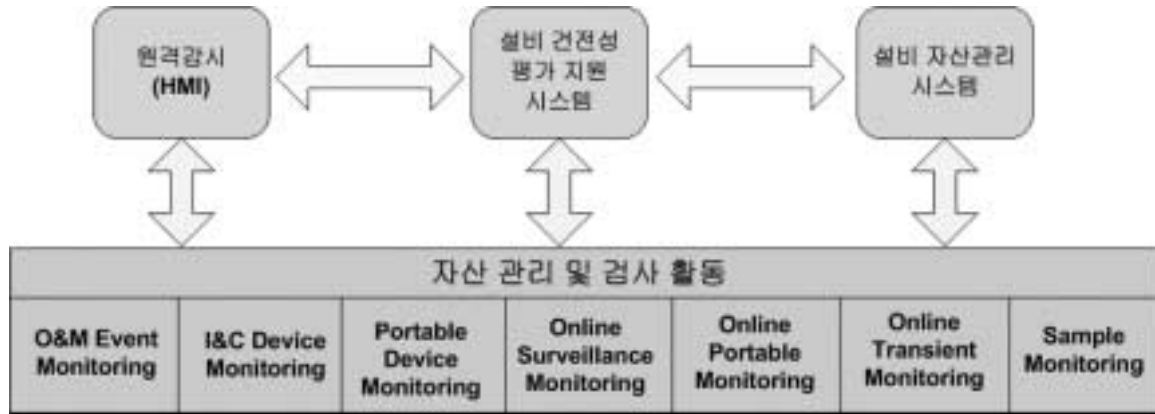
**라. 핵심요소기술 및 지원기술**

본 과제에서 개발하고자 하는 기술에 대한 핵심요소기술 및 지원기술은 [표2]과 같다.

**타. 전력IT 연구과제와의 연관성**

현재 산업자원부에서 진행하고 있는 타 전력IT 연

8



2

핵심요소기술	지원 기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선로측 센서&amp;센서네트워크 기반 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선로측 센서장치</li> <li>- 가공송전용</li> <li>- 가공배전용</li> <li>- 변전설비용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ball Sensor Platform Enclose 설계</li> <li>○ MEMS basic Platform Assembly</li> <li>○ 송,변,배전용 기기 관련센서 적용기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부식감지, 해수염, 기울기, 풍향/풍속</li> </ul> </li> <li>○ 센서 Platform Enclose EMI구조설계/검증</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선로측 센서네트워크 &amp; 노드장치                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IPv6기반 네트워크 환경 구축</li> <li>- 이동운전자용 통신방식 개발</li> <li>- 현장 감시진단 정보처리 미들웨어</li> <li>- 전력설비 센서네트워크 표준규격 적용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zigbee</li> <li>○ BPL(Broadband over Power Lines)</li> <li>○ DTRS(무선원격 통신)</li> <li>○ WIFI(IEEE 802.11a or 11b)</li> <li>○ IEEE 1451 표준 규격</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존전력설비 상태감시 장치와 변전소 내 해당 IED장치와의 통합화 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 송,변,배전용 감시진단 통합화 설계</li> <li>- 전력설비 센서 &amp; 센서네트워크 설계</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상태진단 결과의 도출을 위한 LU에 기능 보강</li> <li>○ 시스템 공장/현장 성능검증/표준안 도출</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Enterprised CMD (통합형 전력설비 감시진단시스템)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력설비 상태감시</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 설비별 고장진단 및 복구지원 S/W 개발</li> <li>○ 연관 타 과제 융합 기술</li> <li>○ 상위시스템 지원N/W 통합구조설계/표준화</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ GIS Gas 구획 고장구간 색출 기술</li> <li>○ TSEC(송변전 엔지니어링센터)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 엔지니어링센터 구조화설계/시범구축</li> <li>- 관련 H/W 및 S/W 개발</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 엔지니어링센터 공통호환형 사용자 플랫폼 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역/중앙 엔지니어링 센터 공통호환형</li> <li>- 송전,변전,배전 공통호환형</li> </ul> </li> <li>○ TSEC 전용 DB개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fault Condition/ Case Historical DB</li> <li>- ERP/TGIS/변전보수지원/변전운영 DB</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ TS Asset Management (송변전설비 유지보수 자산관리 시스템)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 송변전설비 신뢰도 중심 자산관리체계 기반 적용기술 개발</li> <li>- 의사결정 지원 Software 적용기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자산관리(설비유지관리) 체계 적용 Frameworks 설계</li> <li>○ 시스템 성능 검증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공장/현장 LEVEL 성능 검증</li> <li>- 전력설비 센서네트워크 표준안 도출</li> </ul> </li> </ul>

연 관 과 제	연 관 내 용
1. 배전지능화 시스템 개발	- S&SN 기술 적용 : 광범위한 배전설비 상태자료 취득가능 - CMD Center 자료 공유 : 고장예방 및 설비유지보수 지원
2. 디지털 기술기반의 차세대 변전시스템	- IEC 61850 기술 도입 적용 : 기술개발 상호연계 - 개발중인 IED의 성능 증대 기여
3. 고부가 전력서비스용 수용가 통합자원관리시스템	- 수용개빌딩 및 대수용가 포함)에 전기화재감시진단 서비스 제공
4. 전력선통신 유비쿼터스 기술개발	- PLC기술을 TL(DL)-LAN의 구성요소로 적용하여 개발효과 증대
5. 한국형 에너지 관리시스템 (KEMS) 개발	- 통합EMS 및 SCADA 시스템에 전력설비 감시진단 Data 제공
6. 지능형 송전계통 감시운영 시스템 개발	- 송전설비 감시시스템에 기타설비 (변전,배전설비) 상태자료 제공

구과제와의 연관내용은 [표3]와 같으며 본 과제는 타 연구과제와의 상호보완, 협력으로 개발기술의 부가가치를 증진하고자 한다.

### 3. 결론

본 과제는 유비쿼터스 전력시스템 환경 기반구축을 위해 전력용 송 배전선로를 본격적으로 신경망화하는 시작단계의 의미를 지니고 있으며 비즈니스 관점에서 다음 세가지 중요한 의미를 지닌다. 첫째 MEMS기반의 센서와 근거리무선 마이크로 센서네트워크장치들로서 지금까지의 개별센서의 개념에서 보다 진화한, 집단객체화한 센서군을 형성함으로써 전력설비들을 능동형으로 변모시켜 신뢰성과 관련된 모든 도시 인프라의 안전성 확보에 기여함으로써 관련 비즈니스계에 중요한 키를 제공하고 있다. 둘째 말단에 분포된 센서&센서네트워크를 상위 감시진단 센터에 연결하는 고속LAN과 미들웨어들은 전력설비 신경망의 중추부분으로서 유무선 네트워크 기술과

PLC, DTRS 의 활용 등 새로운 기술적 시도와 접근이 이루어지는 부분으로 관련 비즈니스에서는 블루오션의 의미를 지닌다. 셋째 전력 텔레메트릭스의 구성요소중 상위시스템인 감시진단센터 구성요소들은 집단 객체화된 전력설비시스템을 종합 감시진단 하는데 필수요소로서 지금까지의 개별적 진단소프트웨어 수준을 종합 상태감시 고장대응 유지보수 자산관리의 차원으로 끌어올림으로서 새로운 가치영역을 형성해 나갈 것이다. 결과적으로 전력텔레메트릭스 기술은 모든 전력설비에 신경과 두뇌를 심는 것으로서 고장이 없으며 스스로 진화하는 효율적이고 경제적인 전력사용을 보장하는 유비쿼터스 전력시스템 환경 구축의 선도적 역할을 수행함으로써 전력을 진정 한 의미의 안전하고 쾌적한 에너지이용매체로서 진화시켜 나갈 것이다.