



## 전력계통 실시간 감시보호제어 기술 동향과 전망

■ 문영환, 김태현 / 한국전기연구원 전력연구단  
■ 송석하, 조정만 / 한국전력거래소 계통운영처

### 1. 서론

현대 사회에서 전기에너지의 안정적 경제적 공급에 대한 중요성은 점차 증대하고 있다. 산업 고도화와 경제성장을 통한 전력부하 증가는 제한된 전력계통의 신규 투자와 결합되어 다양하게 계통 운영의 불안정성을 증가시키고 있으며 최근 몇몇 나라에서는 심각한 대규모 정전이 유발된 바 있다.[1] 대규모 정전은 경제적으로 심각한 피해와 사회적으로 커다란 혼란을 야기하므로 이를 방지하고 피해를 최소화하기 위한 대책 마련은 필수적이다. 대규모 정전에 대한 대책으로서 신규 투자를 통한 전력계통의 강인성을 높이는 것을 우선적으로 고려하여 볼 수 있으나 전력산업의 경쟁시장 체제 도입에 따라 신규 투자의 제약 및 전력설비 입지 마련의 어려움이 예상되고 있어 기존 전력계통의 효율성을 극대화하는 방향이 새롭게 각광을 받고 있다.

전력계통의 효율성 및 안정성 제고를 위하여 기존 기술에서 탈피하여 새롭게 나타나는 문제들을 해결할 수 있는 기술이 필요하다. 이런 관점에서 현재 급속히 발전하고 있는 IT 기술과 기존 전력계통 기술을 융합한 기술들이 활발히 연구 되고 있으며 앞에 기술한 문제 해결을 위한 방안을 제시하고 있다.

IT와의 융합 기술 중 대표적으로 각광을 받고 있는 분야는 GPS를 통한 시간 동기화된 데이터를 이용하여 전력계통을 감시 및 제어하는 광역계통 감시/보호/제어 즉, WAMPAC<sup>1)</sup> 분야이다. 이 기술의 근간이 되는 페이저 측정장치, 즉 PMU<sup>2)</sup>는 이미 1980년대 초에 제안이 되었고 하드웨어적으로는 완성 단계이다. 그러나 그동안 고속 통신 인프라 설비의 이용의 어려움, 매초 20~60번 실시간으로 정밀한 전압/전류 데이터의 계측과 이를 이용한 전력계통의 안전도 평가기술의 효용성 미흡, 전력회사의 소극적인 확대적용과 대규모 시스템 실용화 공감대가 형성되지 않아 최근까지 실제 전력계통에 전면적인 적용은 늦어지고 있다.

그러나 이제까지의 난점들이 IT 기술의 발전 및 관련 분야의 지속적인 연구를 통하여 해결되고 있으며 이에 따라 북미의 WECC의 WAMS를(Wide Area Measurement System)([2],[3]) 비롯하여 캐나다[4], 이탈리아[5], 브라질, 중국[6] 등에서 관련된 프로젝트가 진행되거나 계획되고 있다. 특히 북미 지역은 PMU 기반의 계통연구가 향후 계통 운영에 근간이 될 것으로 인지하여 NPSI 및 EIPP를 구성하여 WAMPAC 분야의 연구를 주도하고 있다.

이 분야의 초기 연구는 PMU 측정값에 근거한 수동

1) WAMPAC : Wide Area Measurement, Protection, and Control

2) Phasor Measurement Unit (PMU) : 인공위성을 이용한 시간동기 모션전압 Phasor 측정장치, 최근 해외에서 Synchro-Phasor라고도 부르며 국내 개발단계에서는 i-PIU라 칭함

적인 전력계통의 계측과 감시에 주로 초점이 모아졌으나 WAMS 기술의 발달로 능동적인 적응 보호 및 제어 쪽으로 확장되고 있다. 이런 변화를 고려하여 WAMPAC 분야의 세계적인 연구 동향은 미래 우리나라의 안정적인 전력계통 운영을 위하여 요구되는 첨단 초정밀 기능에 대하여 시사하는 바가 매우 크다. 본 기고에서는 세계의 WAMPAC 연구현황 및 동향을 기술하고 관련 기술로서 국내에서 진행되고 있는 “Multi-Agent 기반의 지능형 전력정보 시스템 기술개발”의 현황을 간략히 소개한다.

## 2. WAMAPAC의 핵심 기술

본 절에서는 현재 및 향후 WAMPAC의 주요 연구 주제로 대두되고 있는 기술과 적용분야 및 연구 결과들을 살펴보고자 한다. (7), (8)

실시간 광역 전력계통 감시/제어/보호 분야에서 동기화된 실시간 정보를 이용하는 16가지 적용 또는 예상 분야는 다음과 같다.

- 위상각/주파수 감시
- 전압 안정도 감시
- 열적 과부하 감시
- 실시간 제어
- 상태 추정(정밀도개선)
- 상태 추정(경계 조건)
- 상태 측정(선형)
- 광역계통 안정화장치(Wide Area PSS)
- 적응형 보호방식
- 혼잡 관리
- 전력계통 고장복구
- 고장 원인분석/Compliance monitoring
- 모델 개발 : 정상상태 파라미터 추정
- 모델 개발 : 동적상태 파라미터 추정
- 계획적 전력계통 분리
- 분산전원(DG/IPP)적용

위에 기술한 16가지 동기 측정 정보 응용 분야 중 위상각/주파수 감시, 고장 원인분석, 모델 검증, 계획적

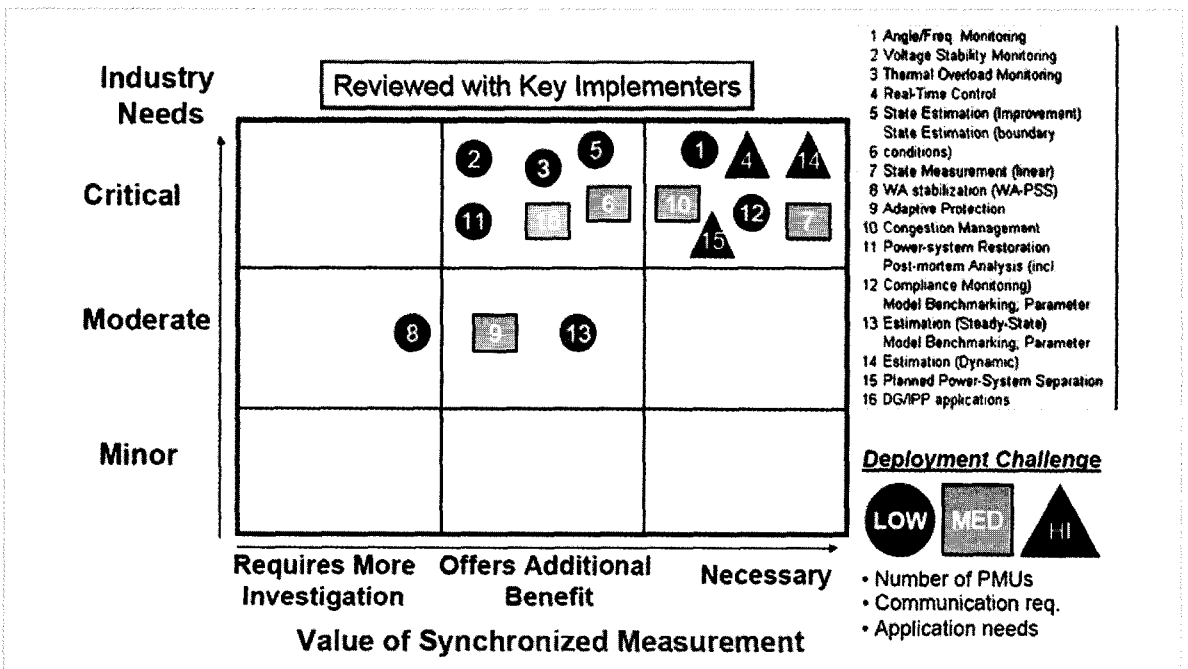


그림 2-1 Synchro-Phasor 기술의 필요성과 적용 분야

**Role of PMUs**

Necessary

Additional Benefits

More Investigation

Deployment needs depend on regional & utility requirements

- 1 Angle/Freq. Monitoring
- 2 Voltage Stability Monitoring
- 3 Thermal Overload Monitoring
- 4 Real-Time Control
- 5 State Estimation (Improvement)
- 6 State Estimation (boundary conditions)
- 7 State Measurement (linear)
- 8 WA stabilization (WA-PSS)
- 9 Adaptive Protection
- 10 Congestion Management
- 11 Power-system Restoration
- 12 Compliance Monitoring (incl. Model Benchmarking, Parameter Estimation (Steady-State))
- 13 Estimation (Steady-State) (incl. Model Benchmarking, Parameter Estimation (Dynamic))
- 14 Estimation (Dynamic)
- 15 Planned Power-System Separation
- 16 DG/IPP applications

1. Angle/Freq. Monitoring
12. Post-mortem Analysis (incl. Compliance Monitoring)
5. State Estimation (Improv.)
13. Model Benchmarking; Parameter Estm. (Steady-State)
11. Power-system Restoration
2. Voltage Stability Monitoring
3. Thermal Overload Monitoring
16. DG/IPP applications

10. Congestion Management
14. Model Benchmarking; Parameter Estimation (Dynamic)
15. Planned Power-System Separation - Special Protection
6. State Estimation (boundary conditions)

7. State Measurement (linear)
4. Real-Time Control
9. Adaptive Protection
8. WA stabilization (WA-PSS)

1-3 years

3-5 years

> 5 years

그림 2-2 Synchro-Phasor 기술의 적용 전망

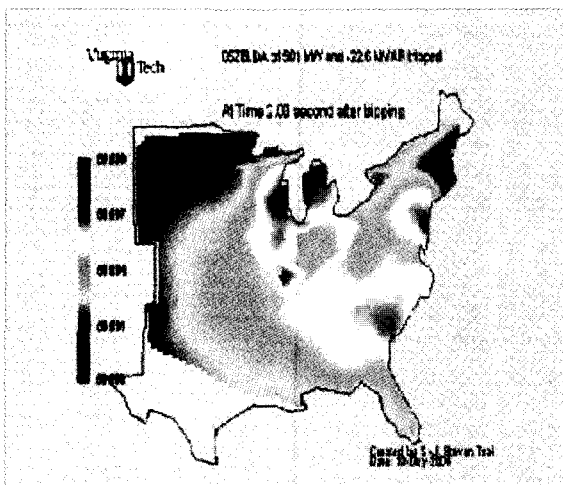


그림 2-3 계통 주파수 Wave 전파 화면

계통 분리, 상태 추정, 및 실시간 제어 분야는 동기화된 데이터 이용이 매우 큰 효과를 보일 것으로 예상되며 나머지 기술들 역시 기존 기술에 많은 성능 개선 효과가 기대된다. 아래 그림 2-1은 16가지 기술들을 필요성, 동기화된 신호 정보의 효용성 및 구현 가능성에 따라 정리한 것이다. 그림 2-2는 앞서 언급된 기술들의

적용예상 로드맵을 나타낸 것이다. 이 로드맵은 기존의 정밀 감시기능을 넘어 계통의 실시간 상황을 반영한 보호제어 기능이 추가된 WAMPAC 기술들이 빠른 속도로 확대, 적용될 전망을 나타내고 있다.

위에서 기술한 16가지 분야에 대한 연구 중 일부는 완료되어 연구 결과들이 보고되고 있다. 이를 살펴보면 먼저 주파수 감시 분야는 미국 Virginia Tech, 에서 아래 그림 2-3과 같은 계통사고 후의 주파수 변동을 감시하여 사고 지점을 확인하는 연구를 수행하였다.[9]

아래 그림 2-4는 PMU 정보를 이용하여 계통의 고유 진동주파수와 이의 감쇄율을 시간 축으로 보여주고 있다. 이 연구는 계통이 소규모 외란에 대한 안정성 및 지역 상호간의 진동에 의한 불안정성을 감시할 수 있는 기법이다.

그림 2-5는 측정된 PMU 정보를 시간 축 및 위상 평면 축으로 표시하여 발전기의 안정도를 표시한 것으로 PMU 기반 정보를 시각화하는 하나의 방안을 제시하고 있다. 다른 시각화 연구로는 연쇄 정전을 예측하고 시각화하는 연구도 진행 중이다.[10]

계통 모델 검증과 관련하여 아래 그림 2-6와 같이 모델 검증과 이를 이용한 계통의 성능을 판별하는 분야

의 연구가 진행되고 있다.[11]

적응형 계전기 분야는 PMU 정보를 기반으로 계전기의 설정치를 계통의 상황에 맞게 변화하여 계통 운영

의 효율성, 유연성 및 안정성을 확보하는 연구 분야로 그림 2-7은 거리계전기의 보호세팅과 실시간 계통상황 시각화 화면을 보여주고 있다. [12]

상기된 기술들을 구현하기 위하여서는 가관측성이 가능하도록 계통에 PMU를 설치하고 운영하여야 한다. 이는 기존의 전력계통에 구현된 시스템과 다양한 PMU를 고려한 새로운 시스템 설계가 뒷받침 되어야 한다. 이러한 PMU 포함 시스템 특성을 반영하여 설계 시에는 다음 사항들을 고려하여야 한다.

- 확장성: 다양한 PMU 및 PMU 기능을 갖춘 IED의 증가는 예견되는 추세이므로 이를 고려한 시스템 (PMU의 국제 표준화 작업 진행 중)

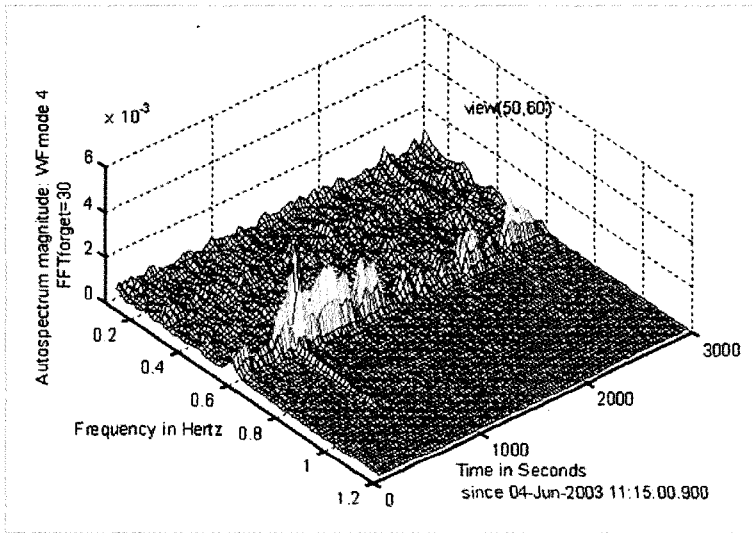


그림 2-4 계통에서의 진동주파수 분포 연속감시 기능

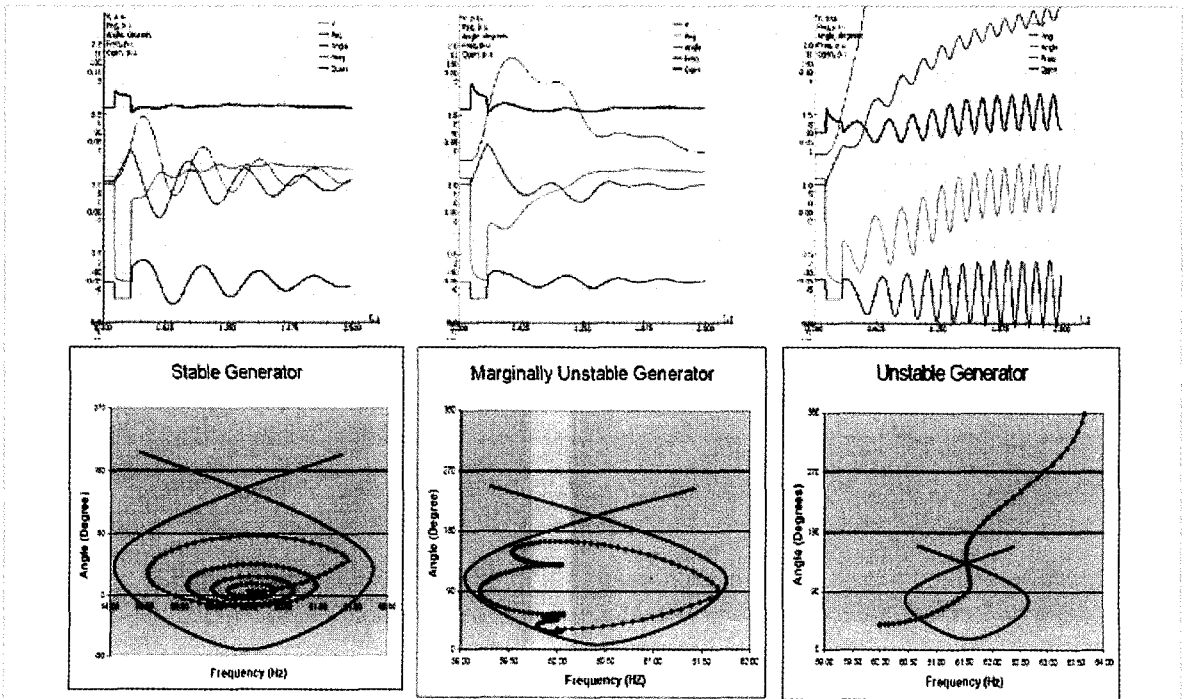


그림 2-5 Phase space와 시간영역의 시각화 표현

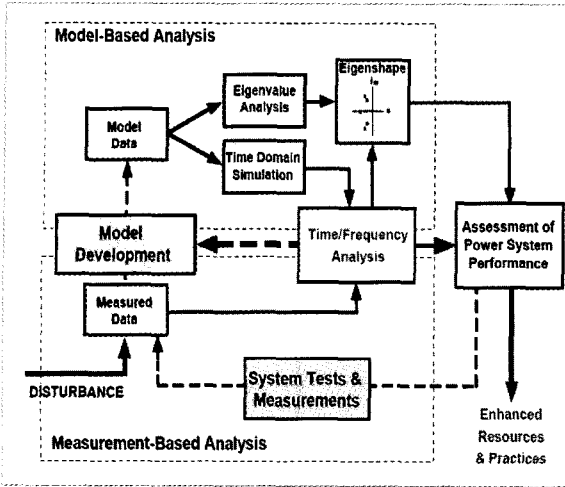


그림 2-6 PMU 정보 기반 모델 검증 및 해석

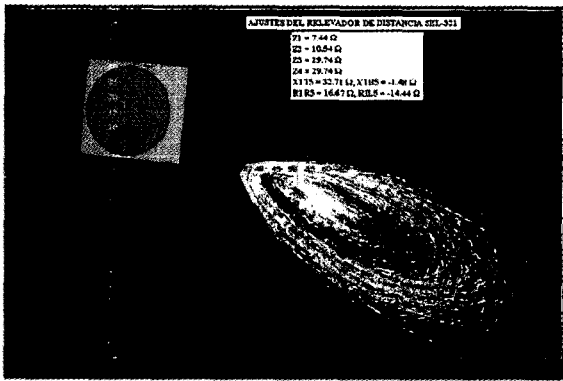


그림 2-7 거리계전기의 보호세팅과 실시간 계통상황 시각화

- 유연성: 취득되는 정보를 사용하게 될 여러 전력산업 구성원들의 요구 사항을 반영 할 수 있는 시스템
- 통신 요구사항: PMU 기반 시스템의 경우 통신비용이 부담이 될 수 있으므로 가능한 통신 요구량 및 요구 레이턴시 최소화는 필수적

### 3. 해외 기술개발 현황

본 절에서는 해외에서의 WAMS 및 WAMPAC 기술의 적용 현황에 대하여 알아본다. 최근 실제 전력계통에 설치하는 국가는 2004년 2개 국가에서 2007년에는 미국, 유럽, 중국 등 10 개국 이상 증가하였다. 또한

PMU 주요 제작사는 2004년 2개에서 2007년에는 6개 이상으로 증가하고 있다. 이는 전 세계적으로 PMU 및 이를 응용한 기술수요가 급속히 확산되고 있으며 관련 기술들이 연구단계를 지나 전력계통의 신뢰성 향상을 위하여 적극적으로 도입되고 있음을 보여준다.

각국의 WAMS 및 WAMPAC 설치 및 운영 사례를 특이점 위주로 살펴보면 브라질의 경우 충분한 안전도 수준을 유지하면서 송전한계치 최대화에 관점을 두고 연구 중이며 전압 표준 및 안전도 표준, 신뢰도 표준을 높여 과도한 상정 사고에도 정전 구간을 최소화 하여 전체 계통으로의 과급을 줄여주는 운전 결과를 얻었다. 또한 WAMS 기술을 이용하여 실시간 계통반응을 반영한 보호를 통하여 정전위험 감소 및 전력계통 가혹조건에서도 시스템 안전성을 증가시키는 결과를 얻었다.

프랑스와 이탈리아에서는 새로운 전력시장 환경 하에서의 혼잡관리에 대한 연구를 진행하고 있다. 이 연구는 하루 전 발전계획이 실시간 계통 운영에서 안전 제약을 만족시키지 못하는 경우 발전력 재분배가 필요하며 이를 위하여 최적화 기법을 기반으로 한 비용 재분배, Topology 수정이나 빠른 발전력 조정 등의 대책 방안 마련에 WAMPAC 기술을 이용하고 있다. 그리스와 벨기에의 경우 실시간 전압 안정도 평가 기술을 기반으로 광역정전 방지 연구를 가속화하고 있다. 이탈리아의 경우 전 계통에 PMU를 설치하는 데는 막대한 비용이 요구되므로 우선적으로 특별 관심위치만 설치하여 운영자가 알고자 하는 현상을 감시하는 광역 감시/제어 기술을 채택하였다. 그림 3-2는 이탈리아의 PMU 설치 및 운영 현황을 보여주고 있다.[5]

중국 WAMS의 경우 6개의 상위 시스템과 300여개의 PMU가 중국 전역에 설치되어 운영 중에 있으며, 발전기 데이터를 이용한 전압 안정도 및 미소신호 안정도 관련 알고리즘이 설치 운영되고 있다. 아울러 현재 FACTS와 전압-무효전력, WA-PSS 및 외란 검출 등의 연구가 진행 되고 있다. [6]

미국의 WAMS 구현 현황을 살펴보면 NERC의 설치 기준에 따라 동부 연계계통의 경우 과거 2년에 걸쳐 5 지점에 설치하였으며 서부 연계계통의 경우에는 다음

의 기준으로 설치 및 운영을 계획하고 있다.

- 지정된 송전용량 경로 (Rated Paths)
- 용량 1,500MW 이상의 발전소
- 주요 송전 연계점
- 위상각 분리에 관한 관측성 - 지역간 진동 포함
- 지역 동요관측계측장비 (DME) 위치와의 관계
- 주요 부하 중심

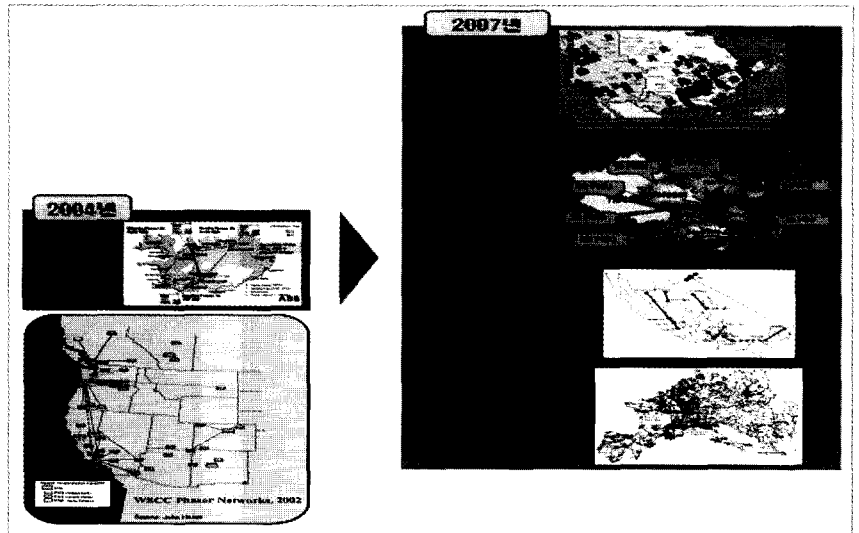


그림 3-1 세계의 I-PIU 운영 국가 (CIGRE 2006)

캐나다에서는 퀘벡 주의 전력계통 Defense Plan으로 위상측정시스템을 적용하고 있으며 다중 고장 시 계통의 신뢰도와 안정도 보장을 목적으로 운영하고 있다.[4] WAMS 및 WAMPAC 응용분야로는 발전기 차단 및 원격 부하 차단, 병렬 리액터의 자동 스위칭, 저주파수 부하 차단, 저전압 원격 부하 차단, 계통 분리 방지를 위한 보호 등이 포함되며 추가로 미래의 개발 적용 분야로 SPS<sup>3)</sup>와 실시간 제어와 관련된 자세한 분야를 제시하고 있다.

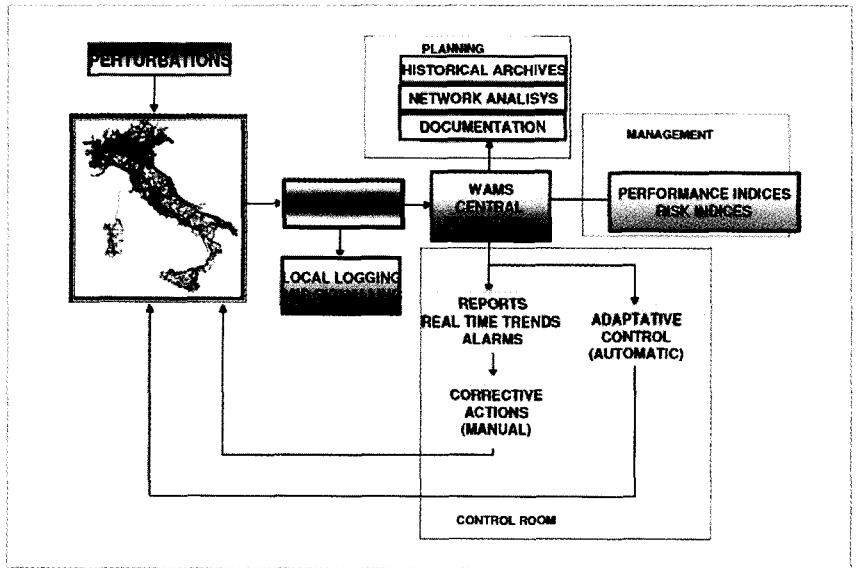


그림 3-2 이탈리아 WAMS 개념도

그림 3-4는 북미에서의 WAMS 관련 PMU 설치 및 운영 및 계획 현황을 나타내고 있다.

본 절에서 살펴 본 바와 같이 PMU 기반의 WAMS 및 WAMPAC 분야는 이미 전 세계적으로 활발한 연구 및

적용이 진행되고 있으며 전력계통의 효율적이고 안정적인 운영에 일조하고 있음을 알 수 있다. 이 분야의 연구 및 실 계통 적용은 최근에 들어와서 더욱더 가속화 되고 있다. 이는 미래 전력계통의 요구조건 만족을

3) Special Protection System 또는 Special Protection Scheme : 전력계통 사고파급방지시스템

위하여서는 국내에서도 이 분야 기술의 개발과 적용이 시급하다는 점을 시사하고 있다.

#### 4. 국내 기술개발 현황

앞 절들에서 살펴본 바와 같이 WAMPAC 관련 분야 기술은 이론적인 연구에서부터 이를 실제적으로 적용하여 운영하기 위한 시스템 구현까지 다양하게 진행되고 있다. 이런 추세를 고려하고 WAMS 또는 WAMPAC 기술이 전력계통의 운영에 기여하는 바가 확실시 되는 이 시점에서 이를 구현하기 위한 기반 기술 개발은 더 이상 미룰 수 없는 당면 과제를 알 수 있다. 본 절에서는 이런 인식하에 국내의 WAMS 및 WAMPAC 기술과 관련하여 개발되고 있는 “Multi-Agent 기반의 지능형 전력 정보시스템 기술 개발” 과제의 1단계 연구내용을 간략히 기술하고자 한다.[13]

주요 연구목표는 1) 시간동기 전력계통정보를 활용한 광역 전력계통 Defense 시스템 구축, 2) 통합시스템 구성을 위한 기초플랫폼 개발, 3) 지능형 전력 정보계측장치 i-PIU<sup>4)</sup> 개발, 4) 측정 정보를 송/수신하

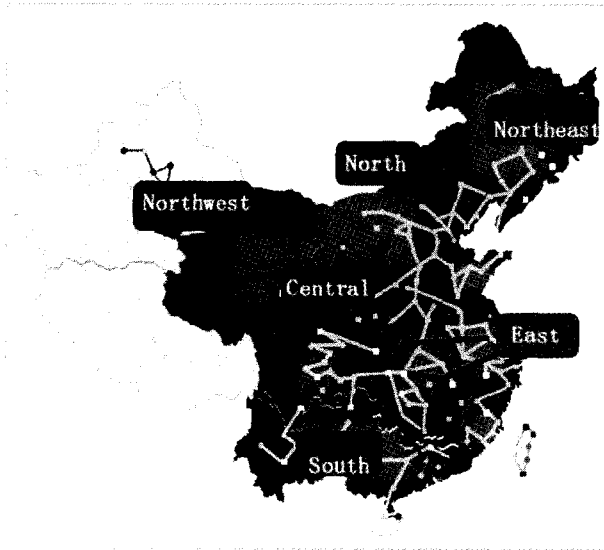


그림 3-3 중국 전력계통의 WAMS 설치운영 체계

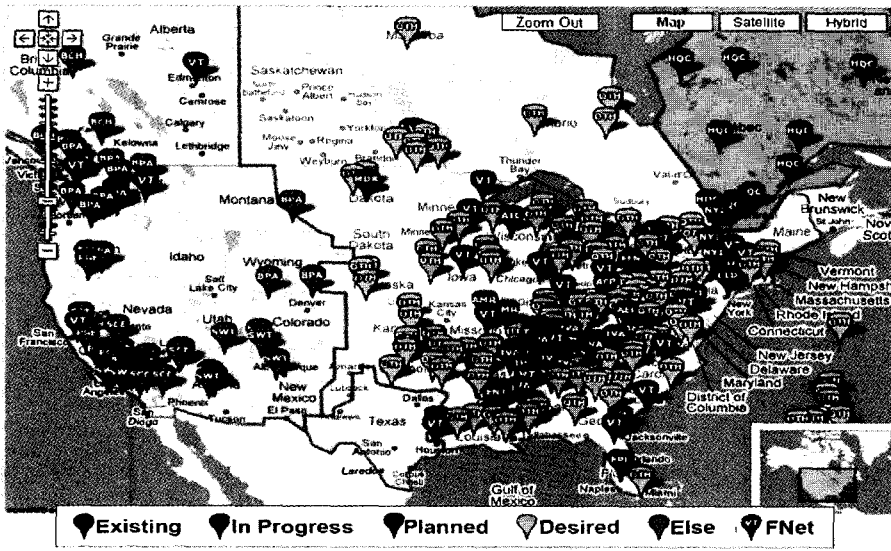


그림 3-4 북미에서의 WAMS 설치 현황 및 계획

4) Intelligent Power Information Unit : PMU 또는 Synchro-Phasor와 같은 개념의 위성을 이용한 시간동기 측정 단말장치로서 전압, 전류, 위상, 주파수, 유/무효전력을 측정하며 자체적인 전압불안정도 분석도 가능

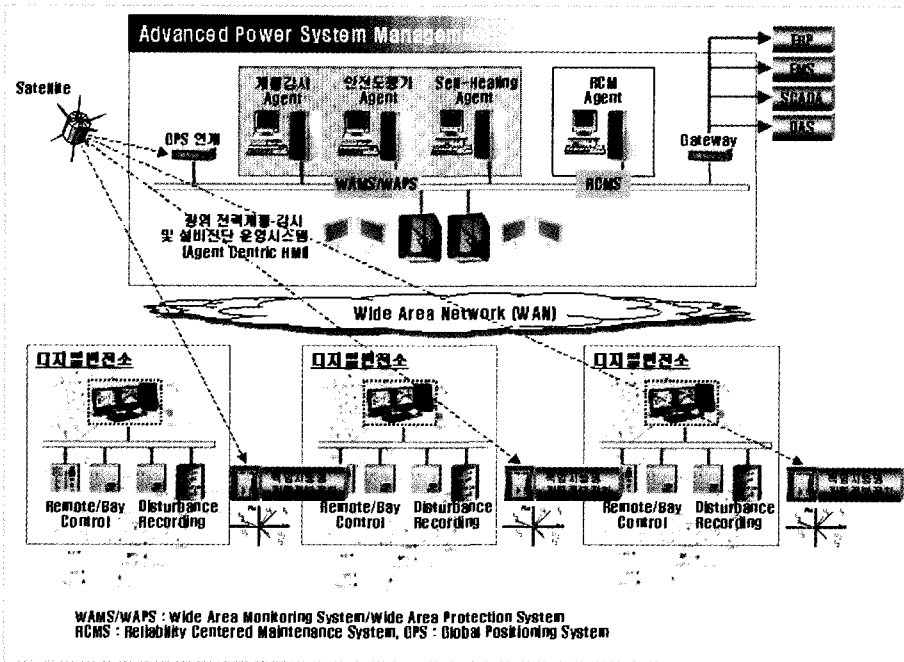


그림 4-1 지능형 전력정보시스템 (K-WAMS)

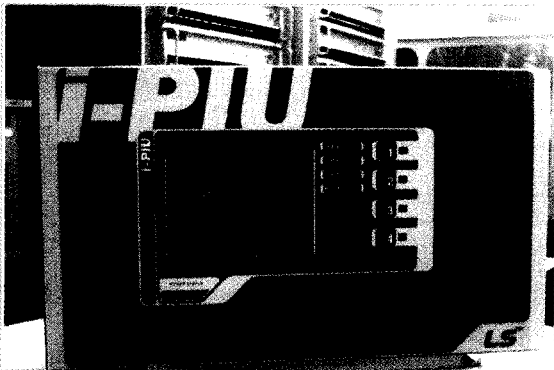


그림 4-2 지능형 전력정보계측장치, i-PIU

는 통신망 구축, 5) 실시간 전력계통 감시 및 평가기술로 요약된다. 이러한 시스템의 개념을 표현하면 그림 4-1과 같다.

1단계 개발 결과로서 기존 PMU의 단순한 측정 기능에서 벗어나 단말기 자체에서 지역계통 평가와 제어

기능을 갖춘 i-PIU를 개발하였으며 각 지역의 i-PIU에서 전송되는 데이터를 상위 시스템으로 전송하는 프로토 타입 통신망을 설계 및 구축하였다. 그림 4-2 및 4-3은 개발된 i-PIU와 통신망 및 전체 시스템, i-PIS를 보여주고 있다.

그림 4-3은 전체 통신망 시스템인 i-PIS<sup>5)</sup>로서 i-PIC<sup>6)</sup>에서 수집한 광역전력계통의 실시간 Data를 기반으로 광역전력계통의 현상을 분석하는 시스템이다. i-PIS는 광역전력계통 분석, 감시를 위한 각종 알고리즘을 탑재하고 i-PIC로부터 필요한 데이터를 받아 실시간으로 이를 분석하여 사용자(운영자)에게 보여준다. 더하여 이러한 분석결과와 특징을 추출하여 DB화함으로써 향상된 광역전력계통의 해석이 가능하다. 실시간으로 광역 전력계통을 감시하기 위해 i-PIS에는 실시간 광역계통의 전압안정성을 판단하는 WAVI<sup>7)</sup> 알고리즘, 전력계통의 진동 모드를 추출하는 미소신호 안정도 알고리

5) i-PIS : Intelligent Power Information System

6) i-PIC : Intelligent Power Information Concentrator

7) WAVI : Wide Area Voltage instability Index, 실시간 광역 전압 불안정성 지수



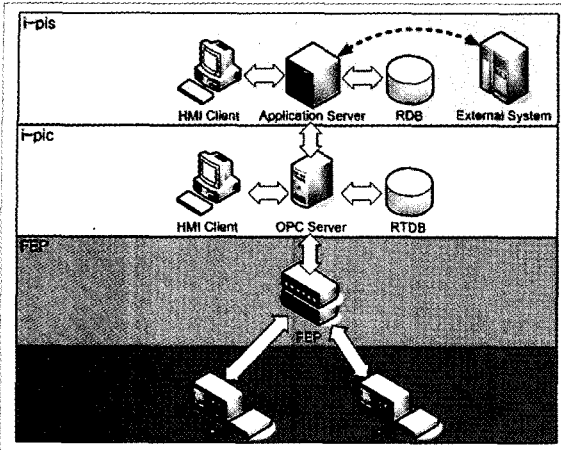


그림 4-3 i-PIS 통신망 시스템 구성도

즘, 중부하시 거리계전기 오/부동작을 방지하는 적응형 거리계전기 Zone-3 알고리즘과 본 알고리즘들을 기반으로 한 MCDM<sup>8)</sup>방식의 방어도지수(Defensibility Index) 알고리즘이 개발되었다. 또한 실시간 정보를 이용하여 전력계통에 외란발생시 발전기를 비롯한 전력계통의 설비들의 수학적 모델을 구할 수 있는 동적 모델링 알고리즘의 기능을 갖추었다.

전력계통의 실시간 상태 및 여러 해석결과를 i-PIS에서 사용자가 쉽게 파악 할 수 있도록 가독성 높은 광역 전력계통용 HMI를 설계하여 구현 하였으며 그림4-4는

개발된 감시화면 및 응용 소프트웨어 관련 MMI를 보여주고 있다.

본 과제는 개발한 시스템의 현장 설치 검증 및 개발된 기술의 전력계통 응용 분야 발굴을 목적으로 현재 2단계를 수행 중이다. 2단계 연구에서는 현재 우리나라 고유의 계통특성을 반영하여 보다 안정적이고 효율적인 운영을 위한 다음과 같은 WAMS의 적용을 검토하고 있다:

- 수도권 전압안정도 실시간 감시 (VIP++)
- 계통 저주파진동 감시 분석 (감소율, 주기)
- 온라인 발전기/부하 모델정밀도 향상 (대규모 발전단지 사고과급방지시스템 개선)
- 적응형 송전망 보호계전시스템 향상 (Zone 3 보호)
- 발전기 Compliance monitoring (보조서비스 성능 확인)
- 상태추정 강화에 의한 계통정보 정확도 개선 (EMS)
- 풍력 발전단지의 운전 특성 분석 및 대책수립

그림 4-5은 WAMS 기술을 기반으로 국내에서 중장기적으로 추진이 예상되는 국내 지능형 전력계통 기술 개발 로드맵을 나타낸 것이다.

## 5. 결론

본 기고에서는 WAMS 및 WAMPAC 분야의 최신 연

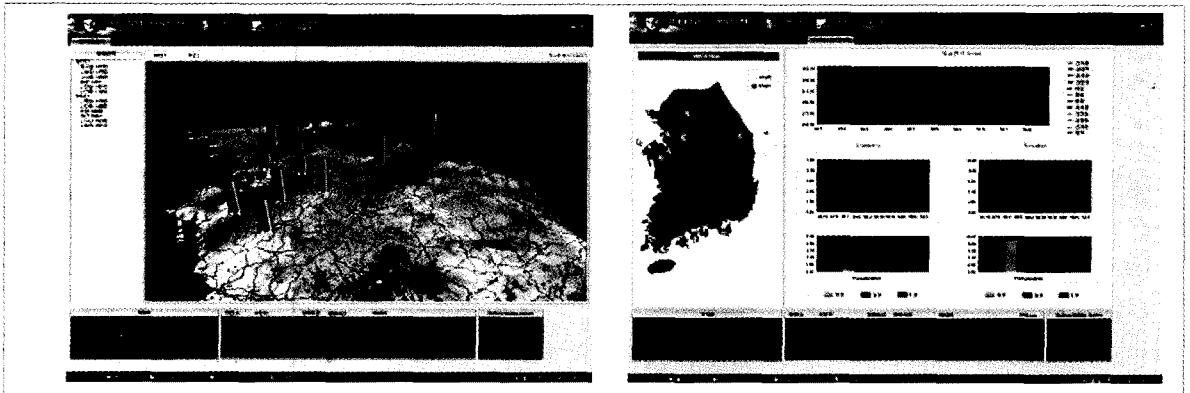


그림 4-4 광역계통 전력정보의 실시간 감시 화면

8) MCDM : Multi-Criteria Decision Making

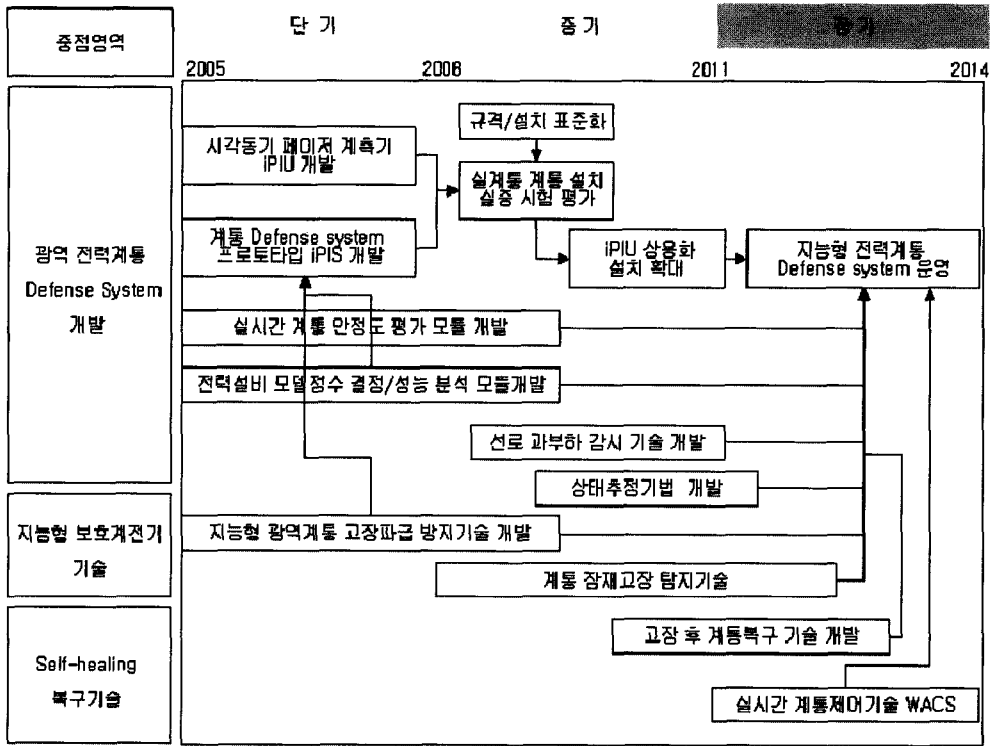


그림 4-5 국내 지능형 전력계통 기술개발 로드맵

구 동향과 해외 현황 및 국내 현황에 대하여 살펴보았다. 해외 사례를 통하여 이미 시각 동기화된 PMU 정보를 이용한 시스템이 널리 보급 되어 있으며 기본적인 WAMS가 설치 운영되고 있는 나라가 최근에 급속히 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 시각 동기화된 정보에 근거한 기술 개발 결과물들이 전력계통 운영 개선에 있어서 이바지 할 충분한 잠재력을 가지고 있음을 보여주고 있으며 일부는 이미 적용되어 검증되고 있는 상황이다. 특히 향후 적용이 유력시 되고 있는 분야는 다음과 같다:

- 동적인 전력진동의 연속 감시
- 계통 상황의 종합 요약
- 발전기 여자시스템과 조속기제어시스템의 감시
- 계통의 전압과 무효전력 관리 제어
- 계통 고장 상황의 고속 패턴 인식과 AI 툴
- 전압과 주파수 변동에 대응한 계통 부하의 변화

- 적정 안정도 마진의 감시 유지에 의한 정적/동적 송전용량의 증대
  - HVDC 송전전력의 스텝변화에 의한 계통의 Damping 측정 (Probing Signal Injection)
- 향후 WAMS 기술은 더욱 발전하여 기존의 수동적인 계측감시 기능을 바탕으로 능동적인 실시간 제어, 지능형 계전기 기술 및 전력시장과 연계된 기술 등으로 확대될 전망이다. 세계적으로 실시간 전력정보 계측감시시스템이 실계통에 적용되어 그 가치를 검증받고 있는 상황에서 국내에서도 K-WAMS 기술을 개발하고 있으며 실계통에서의 성능평가를 준비하고 있다. 향후 이러한 연구 결과들은 계통 고유특성을 고려한 WAMPAC 시스템을 개발 적용함으로써 전력계통 안정화를 위한 미래 지능형 Self-healing 전력계통을 위한 기반이 될 것이다.

## 참고 문헌

- [1] "Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada : Causes and Recommendations", U.S.-Canada Power system Outage Task Force, 2004. 4
- [2] John F. Hauer, "Integrated Information for Large Power Grids: Experience in the Western Interconnection - A Summary Presentation for the PMU Pioneers Panel", NASPI Work Group Meeting, Long Beach CA, May 9-10, 2007
- [3] Bill Mittelstadt, "Wide Area Measurement - BPA Applications", May 9, 2007
- [4] Christian Deguire, "Phasor Measurement at Hydro-Quebec TransEnergie", NASPI ESG, Feb. 13, 2007
- [5] D. CIRIO, A. DANELLI, M. POZZI, S. CECERE, G. GIANNUZZI, M. SFORNA, "Wide Area Monitoring and Control System: the Italian research and development", CIGRE 2006
- [6] Xiaorong Xie, Yaozhong Xin, Jinyu Xiao, Jingtao Wu, and Yingduo Han, "WAMS Applications in Chinese Power Systems", IEEE power & energy magazine, Jan/Feb, 2006
- [7] D. Novosol, V. Madani, B. Bhargava, K. Vu, and J. Cole, "Dawn of the Grid Synchronization", IEEE power and energy magazine, Jan. 2008, pp. 49-60
- [8] "PMU Applications Business Case Study: Results and Recommendations - NASPI BMTT Plans", NASPI WG Meeting, Long Beach CA, May 9-10, 2007
- [9] Yilu Liu of Virginia Tech, North America Power Grid Monitoring Network, IEEE Meeting in Atlanta, Oct. 2006
- [10] I. Kamwa, J. Beland (IREQ) , D. McNabb (TransEnergie), Hydro-Quebec, "PMU-Based Vulnerability Assessment Using Wide-Area Severity Indices and Tracking Modal Analysis", NASPI Work Group Meeting, Long Beach CA, May 9-10, 2007
- [11] Steve Lee, "In Search of the Holy Grail of PMU Applications for Visualization and Prediction of Cascading Outages", May 10, 2007, NASPI Meeting, Carson, California
- [12] Enrique Martinez M., CFE Mexico, EPRI/PG&E Protection and Control Workshop, March 1-2, 2007
- [13] 문영환 외, Multi-Agent 기반의 지능형 전력 정보 시스템 기술 개발 1 단계 보고서, 2007.