

# 차세대 그린 에너지 발전 시설을 위한 응용 메시지 프로토콜의 분석 및 응용

## Analysis of Application Message Protocol for Control Network in Green Power Systems

권 기 협, 김 동 성\*  
(Ki-Hyup Kwon and Dong-Sung Kim)

**Abstract:** This paper discusses a common message protocol for green power systems such as tidal, wind, photovoltaic, and solar systems. For this investigations and analysis, existing protocols such as ELCOM-90, TASE.1, ICCP/TASE.2 and SCADA were analyzed for the application of green power systems in view of real-time property and reliability. For the analysis, the practical example of green power system using SACADA and ICCP are investigated and discussed. As a future direction of this investigations, the feasibility analysis of manufacturing message specification(ISO-9560) for green power system is discussed.

**Keywords:** green power systems, common message protocol, ICCP/TASE.2, manufacturing message specification(ISO 9506)

### I. 서론

전력 설비의 용량이 커지고 전력 계통이 복잡해짐으로써 발전소 내부나 발전소 간의 유무선 통신 기반의 메시지 교환 서비스에 대한 요구가 증대되고 있다. 이러한 메시지 교환 서비스를 위해서는 실시간성, 신뢰성을 보장하는 제어 기반의 분산 네트워크 기술들이 필요하다.

전력 제어 센터의 응용분야에는 ELCOM-90, TASE.1, TASE.2가 널리 적용되어져 왔다[1]. 기존의 화력, 원자력 등의 발전소에는 발전소 내 외부의 실시간 정보교환을 위해 국제적으로 사용되어온 ICCP (Inter-Control Center Communication Protocol)가 있다.

IEC (International Electrotechnical Commission)의 ICCP는 미국 전력연구소인 EPRI (Electric Power Research Institute)가 만들어낸 발전소용 메시지이다[2]. ICCP는 시스템에 독립적인 통신 규약으로 현재 IEC-60870으로 정의되어 있으며 다양한 분야에 사용되고 있다.

전력 생산의 대부분을 차지하는 화력, 원자력 발전은 자원고갈과 환경오염 문제들로 인해 친환경적인 그린 에너지 발전 시설들에 대한 관심들이 증가되고 있다. 이에 따라 조력, 풍력, 태양광, 태양열, 파력 등을 이용한 발전 방법들이 연구되고 있다.

기존의 발전소용 원격 감시 시스템은 모니터링 시스템과 같은 특정 시스템에 대해서만 운용되고, 모니터링 시스템 및 발전 설비 간의 호환성도 떨어진다[3]. 그러므로 다양한 구조의 그린 에너지 발전소 시스템 내 외부 간의 제어 통신망을 위한 표준 프로토콜이 필요해졌다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 조사하기 위해 차세대

그린 에너지 발전 시설과 기존 발전 시설을 비교 및 분석하였다. 이를 토대로 차세대 발전 시설의 제어 통신망을 위한 표준 프로토콜의 설계 및 그 응용 방향을 국제 생산 메시지 규약의 적용 예를 들어 설명하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 제 II 장에서는 차세대 그린 에너지 발전 시설의 특징 및 요구 사항 분석에 대해 설명한다. 제 III 장에서는 ELCOM-90, TASE.1, ICCP/TASE.2 등의 기존 발전 시스템의 프로토콜에 대해서 비교 분석해 본다. IV 장에서는 기존 프로토콜이 적용된 그린 에너지 시스템의 예를 통해 타당성을 조사했다. 제 V 장에서는 차세대 그린 에너지 발전용 메시지 표준의 응용에 대해 설명하고 VI 장에서 결론을 맺는다.

### II. 차세대 그린 에너지 발전의 특징 및 요구 사항 분석

최근 들어 차세대 그린 에너지 발전 시스템을 위해 조력, 풍력, 태양광, 태양열, 파력 기반의 발전시설들이 개발 및 연구되고 있다. 조력 발전은 기존의 발전 방식과 다르게 센서 및 구동기와 같은 하위 필드 디바이스들이 많아진다. 조력 발전은 기후의 영향을 많이 받기 때문에 간극수압계, 조위계, 지하수위계, 변위 핀 등 많은 수의 센서와 이를 위한 구동기 및 계측기가 필요하다.

조력 발전은 조위의 변화가 연간 균일하지 않으며, 조수 간만의 차가 일정한 시간대에서는 발전할 수 없다는 문제들을 가지고 있어서 지역적 특성에 영향을 받는다. 그림 1은 국내의 시화호 조력 발전소 계측기 설치 평면도이다[4]. 조력발전소 건설 공사 중 설계 시 예측된 지반 변형을 비교 검토하여 필요시 안전사고에 대비하기 위한 것으로 평시에도 해수의 영향으로 인해 변형되는 지형을 많은 센서 및 구동기들을 통해 모니터링하고 제어하는 통신망이 필요함을 알 수 있다.

풍력 발전은 지리적 위치와 기후에 따라 풍속이 급격하게 달라지는 경우들이 많아 수요량을 맞추지 못하는 경우

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 9. 10., 수정: 2009. 10. 5., 채택확정: 2009. 10. 30.

권기협, 김동성: 금오공과대학교 전자공학부

(navkwon@kumoh.ac.kr/dskim@kumoh.ac.kr)

※ 본 논문은 2009년도 경상북도, 중소기업청에서 지원하는 금오공과대학교 산학협력실 지원사업 과제의 결과임.

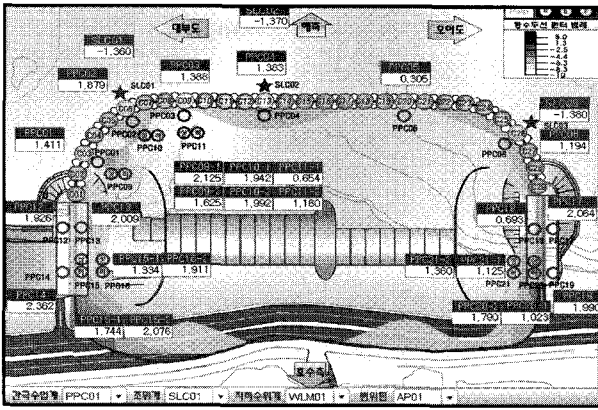


그림 1. 시화호 조력 발전소 계측기 설치 평면도[4].  
Fig. 1. Power plant using tidal energy in Shihwa Lake[4].

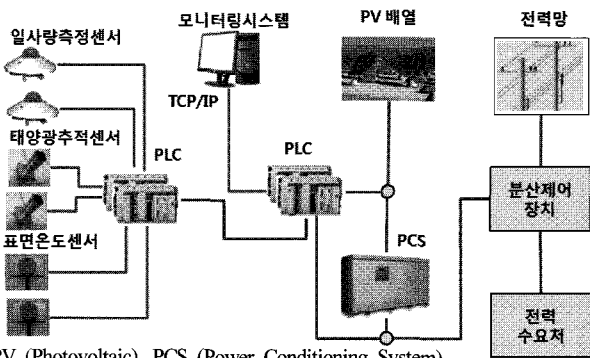


그림 2. 태양광 발전 시스템 구성도[11].  
Fig. 2. System structure of photovoltaic power plant[11].

가 발생한다[5,6]. 국내의 경우 풍속은 여름에는 낮고 겨울에는 높은 경향을 보인다. 또한 풍력 발전소 단지는 지리적으로 관리자가 상주하기 어려운 지역에 위치하고 있으므로 관리자의 상주 없이 모니터링 시스템을 관리할 수 있는 원격 모니터링 시스템들이 필요하다[7-10].

풍력 발전 시스템은 조력이나 태양광 발전시설에 비해 모니터링 및 제어해야할 센서 및 계측 장비가 간단하다. 즉 변수 서비스나 동작 관련 서비스들의 수가 작아 제어용 시스템을 구축하는 것이 비교적 용이하다.

태양광 발전은 전력이 필요한 곳에 필요한 용량만큼을 설치하여 사용하므로 설치 장소에 구애받지 않는다[12]. 유지보수도 용이하고 무인으로 운용된다는 장점이 있고 최근 기술 발달들로 인해 수명이 20년 이상으로 연장되었다. 그러나 지역별 일사량에 의존하므로 공급이 일정하지 않고, 에너지 밀도가 낮아 큰 설치면적을 차지한다는 문제점을 가지고 있다[13-15]. 사막지역이 없고 사계절이 명확한 국내의 기후 환경을 고려하면 조력이나 풍력에 비해 다소 불리한 조건을 가지고 있다. 그림 2는 태양광 발전 시스템 구성도이다.

태양열 발전은 태양열을 이용해 섭씨 300도 이상의 열을 이용하는 발전을 말한다. 태양광 발전에 비해 에너지 전효율이 높으며 낮은 재료비 부담으로 발전 단가가 저렴하다. 기존 화력발전과 조합이 가능하다는 장점을 가지고 있

표 1. 그린 에너지 발전소 설비별 장단점 비교.

Table 1. Comparison lists of green power systems.

구분	장점	단점
조력	<ul style="list-style-type: none"> <li>*에너지원 무제한 사용 가능</li> <li>*대규모 발전 설비 설치가능</li> <li>*발전 출력 예측 가능</li> <li>*장기적 공급 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*초기 시설비가 높음</li> <li>*효율이 떨어짐</li> <li>*연간 조위 변화 일정하지 않음</li> <li>*조위가 일정한 시간대 발전 불가</li> <li>*데이터량이 증가</li> </ul>
풍력	<ul style="list-style-type: none"> <li>*소규모 발전 가능</li> <li>*에너지원 무제한</li> <li>*24시간 이용 가능</li> <li>*초기 설치비가 상대적으로 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*기상변화에 따라 풍속의 급격한 변화</li> <li>*안정된 전력공급이 어려움</li> <li>*설치지역의 한계로 관리가 어려움</li> </ul>
태양광	<ul style="list-style-type: none"> <li>*소규모 발전 가능</li> <li>*환경오염 문제없음</li> <li>*에너지원 무제한</li> <li>*유지보수가 용이</li> <li>*무인화 가능</li> <li>*긴 수명(20년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*전력생산 지역별 일사량에 의존</li> <li>*낮 동안만 이용 가능</li> <li>*계절에 따른 일사량</li> <li>*에너지밀도가 낮음</li> <li>*큰 설치 면적</li> <li>*시스템비용이 고가</li> </ul>
태양열	<ul style="list-style-type: none"> <li>*발전 단가가 저렴</li> <li>*전환 효율이 좋음</li> <li>*화력발전과 조합가능</li> <li>*일몰 후 발전 가능</li> <li>*긴 수명과 낮은 유지 보수비용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*사막 등 일사량이 풍부한 지역에만 가능</li> <li>*대규모 설치 면적</li> <li>*주로 전력회사 등 대규모 사업자</li> </ul>
파력	<ul style="list-style-type: none"> <li>*안정적인 전력 수급</li> <li>*환경오염 문제없음</li> <li>*에너지원 무제한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*시스템의 안정성과 내구성 문제</li> <li>*유지보수의 어려움</li> </ul>
융합형	<ul style="list-style-type: none"> <li>*안정적인 전력 수급</li> <li>*에너지 효율이 높음</li> <li>*에너지원 무제한</li> <li>*24시간 발전 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*시스템 비용이 고가</li> <li>*유지보수의 어려움</li> <li>*시스템의 신뢰성</li> </ul>

\* 융합형: (태양광 + 풍력), (풍력 + 파력) 등.

으며, 축열 기술의 발전으로 일몰 후에도 발전이 가능하다. 그러나 사막 등 일사량이 풍부한 지역에만 설치가 가능하고 대규모 설치 면적이 필요하다[16].

파력 발전은 파도에서 오는 에너지를 이용하는 것으로 다른 차세대 에너지 발전과 같이 환경오염 문제가 없으며 에너지원이 무한하다. 또한 파도가 그치지 않기 때문에 풍력이나 태양에너지보다도 안정적인 전력수급이 가능하다. 그러나 파력 발전시스템은 대부분 수면 위에 설치되기 때문에 거친 바다에서의 내구성과 안정성이 떨어진다는 문제를 가지고 있다. 최근 파력발전의 이러한 문제를 개선하기 위한 시스템이 개발되고 있다. 그 예로서 해저에서 작동하는 파력 발전시스템인 케토(CETO)가 있다[17].

표 1에서 보는 것과 같이 그린 에너지 발전은 공통적으

로 기후의 영향을 많이 받아 발전량이 일정하지 못하며, 발전 효율성과 안정성을 높이기 위해 많은 하위 디바이스들을 가지고 있다. 그러므로 이러한 문제를 극복하기 위해서는 융합형 발전이 필요하다[14]. 그러기 위해서는 다양한 종류의 발전 시스템을 통합할 수 있어야 한다[18,19].

조력, 풍력, 태양광, 태양열, 파력 발전 시설은 환경에 따라 센서 및 구동기 등 모니터링 해야 할 시스템이 서로 상이하므로 부가 표준안을 이용해 확장할 수 있도록 표준을 제안할 수 있다.

**III. 기존 발전 시스템의 프로토콜 비교 분석**

**1. ELCOM-90, TASE.1, ICCP/TASE.2**

발전 시스템의 제어 통신망에서 응용 계층 프로토콜의 역할은 사용자나 제어센터 모듈로부터 메시지를 받아 하부 계층의 단위 디바이스들에게 전달하고, 하부 계층의 단위 디바이스들로부터 메시지를 받아서 관리용 서버로 보내는 역할을 한다[20].

그림 3은 발전소 제어 통신망의 응용 프로토콜 스택들을 나타낸다. ELCOM은 응용 계층과 프리젠테이션 계층으로 정의된다. 프리젠테이션 계층은 응용 계층과 비슷한 서비스를 제공하고 ELCOM-83, ELCOM-90 등 이전 버전과의 호환을 가능하게 했다[21,22].

TASE.1과 ICCP/TASE.2는 발전소 응용 계층에서 동작하는 전력 표준 서비스이다. 응용 계층에서 TASE.1은 ROSE (Remote Operations Service Element)를 사용하고[23-26], ICCP/TASE.2는 MMS (Manufacturing Message Specification)를 사용한다[20,27].

ELCOM-90이나 TASE.1은 ICCP보다 구성이 간단해서 응용 서비스 구성요소에 의해 기초지식이 없어도 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있다[1]. 그러나 ELCOM-90이나 TASE.1은 기능 지향적이기 때문에 타사의 센서와 구동기 같은 하위 디바이스들은 지원하지 않는다.

ICCP/TASE.2는 구성이 복잡하지만 객체 지향적이기 때문에 다양한 구조와 운영체제를 가진 시스템 간의 통신을

Application	ELCOM Application		TASE.1	TASE.2
			ROSE	MMS
			ACSE	
Presentation	ELCOM Presentation		ISO 8822/8823	
Session			ISO 8327/8327	
Transport	OSI TP	TCP	OSI TP4	
Network	X.25	OSI IP	IP	
Data Link	WAN LAN			
Physical	WAN LAN			

ELCOM (Electricity utilities COMMunication)  
TASE.1 (Telecontrol Application Service Element no.1)

그림 3. 발전소 제어 통신망의 응용 프로토콜 스택[1].

Fig. 3. Protocol stack of control network for power plant[1].

지원할 수 있다. 즉, 표준을 따를 경우 모든 하위 디바이스들의 사용이 가능하게 된다.

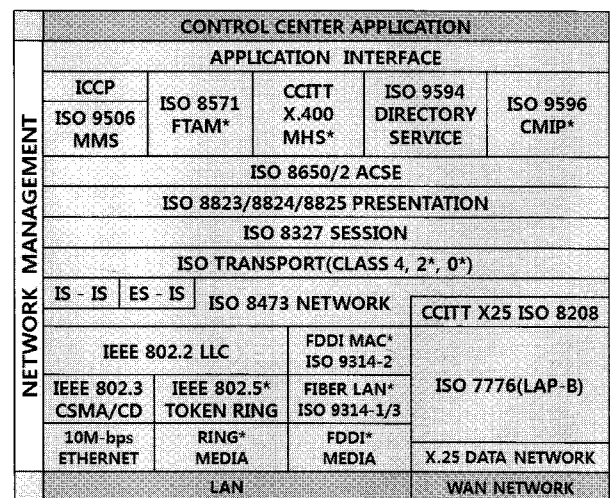
**2. ICCP/TASE.2가 적용된 네트워크**

ICCP/TASE.2는 발전 및 전력 관련 통신 장치를 위한 실시간 데이터 교환 프로토콜(IEC 870-6-503, 802, 702)로써 데이터를 송수신하고 데이터의 값을 모니터링하며 프로그램 및 장치를 제어할 수 있는 제어센터 간에 사용되는 프로토콜이다[28-30].

그림 4는 ICCP/TASE.2의 제어 통신망 프로토콜 구조이다. ICCP/TASE.2는 독립적인 단위 디바이스들로 구성된 하위 계층에 새로운 제어용 프로토콜이 설정되어도 간단한 구성 변경만으로 운용이 가능하다. 그리고 최상위 계층인 응용계층 하부 프로토콜로 자동화 프로토콜인 MMS (Manufacturing Message Specification)를 사용하여 MMS의 서비스 함수들 중 일부분을 호출하고, 로컬 연결사용은 ACSE (Association Control Service Element)를 이용하며, 상호 유기적 동작이 가능하다. 또한 상위계층에는 각 제어센터간의 응용 프로그램들, 즉 EMS 프로그램, SCADA (원방감시 제어시스템: Supervisory Control And Data Acquisition) 프로그램, 관계형 데이터베이스 등 각종 전력센터의 시스템들이 존재한다. 또한 이더넷, 토큰링, FDDI (Fiber Distributed Data Interface), X.25 등의 다양한 프로토콜들에 적용이 가능하다[32].

ICCP는 논리적인 개체로서 동작하는 하나 또는 그 이상의 프로세스들로서 모델링된다. 여기서 논리적인 개체의 역할은 사용하는 통신 기능을 제공하는 것이다. 이러한 프로세스들 사이에서 통신을 하기 위해 서비스와 프로토콜을 정의하고 있다.

그림 5는 ICCP/TASE.2를 이용한 전력 센터 간 통신 모델을 나타낸다. ICCP 규약에서는 많은 동작들과 실행들을



FTAM (File Transfer Access and Management Protocol)  
CCITT (Comite Consultatif Internationale de Telegraphique et Telephonique or Consultative Committee on International Telephone and Telegraphy)  
MHS (Message Handling System)  
CMIP (Common Management Information Protocol)

그림 4. ICCP/TASE.2의 제어 통신망 프로토콜 구조[31].

Fig. 4. Control network architecture of ICCP/TASE.2[31].

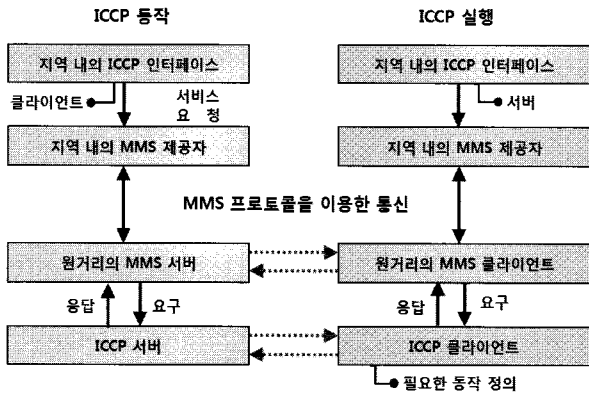


그림 5. ICCP/TASE.2를 이용한 전력 센터 간 통신모델[33].  
Fig. 5. Communication model of power centers using ICCP/TASE.2[33].

정의하고 있다. ICCP 동작자들은 ICCP 클라이언트, ICCP 실행들은 ICCP 서버 시스템과 관련된다.

ICCP 클라이언트로 동작하는 지역 내의 ICCP 인스턴스에서 서비스를 요청하면 같은 지역 내의 MMS 제공자에게 전달된다. 이 때 MMS 제공자는 원거리의 MMS 서버 시스템과 MMS 프로토콜을 이용하여 데이터 전송을 하게 된다. 원거리의 MMS 서버는 ICCP 서버에 요구 명령을 전달하고 ICCP 서버는 이에 응답한다.

ICCP 서버로 동작하는 지역 내의 ICCP 인스턴스에서 서비스를 요청하면 같은 지역 내의 MMS 제공자에게 전달된다. 이 때 MMS 제공자는 원거리의 MMS 클라이언트 시스템과 MMS 프로토콜을 이용하여 데이터 전송을 하게 된다. 원거리의 MMS 클라이언트는 ICCP 클라이언트에 요구 명령을 전달하고 ICCP 클라이언트는 이에 응답한다.

**IV. 기존 프로토콜을 이용한 그린에너지 발전 시스템의 응용사례**

SCADA 시스템은 원자력 및 화력, 수력 발전 시스템의 발전 공정을 감시하고 제어하는데 사용되는 소프트웨어 및 시스템이다. SCADA 시스템은 MMS 기반의 ICCP를 적용한 전형적인 예이다.

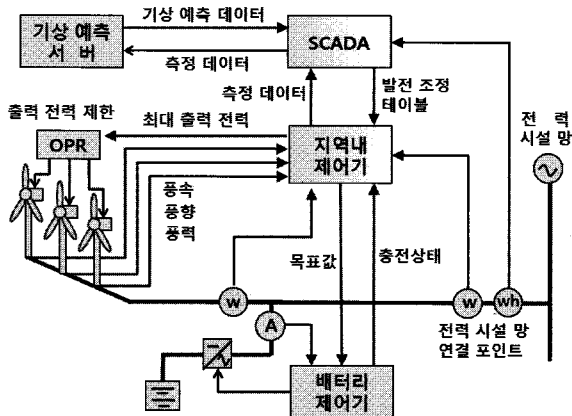


그림 6. 풍력 발전 시스템 구성도[5].  
Fig. 6. System structure of wind power plant[5].

ICCP를 사용하면 전력 센터 내의 EMS/SCADA, DSM 부하 관리, 모니터링 장치 그리고 분산 응용 기기 등 서로 다른 여러 프로세서 간의 통신 규약을 정의한다. 각 통신 기기 시스템 간의 통신 시 각각의 통신은 통신규약을 따르는 대신 ICCP/TASE.2 하나의 제어 통신망을 이용하여 통신 할 수 있다. 이와 같이 시스템 통합을 이루면 각각의 응용 메시지 규약을 이용하는 것보다 신뢰성 있는 통신이 가능하다.

그림 6은 SCADA 시스템이 적용된 그린 에너지의 한 예인 풍력 발전 시스템 구성도이다. SCADA 시스템을 통해서 기상 예측 서버와 지역 내 제어기 사이에 통신이 이루어지는 것을 볼 수 있다[33].

**V. 차세대 그린 에너지 발전용 메시지 표준의 응용**

전 세계적으로 풍력, 조력, 태양광, 태양열, 파력 등에 관련된 차세대 그린 에너지 발전 시설들이 설치 및 제작되어지고 있으나 이런 기기 간의 통신 메시지 표준들은 각 회사별로 만들어지고 있다.

그린 에너지 발전 시스템 구축은 구축환경 및 제작회사에 따라 제작된 기기와 시스템을 통합해야 하는 문제를 가지고 있어 발전 설비 간의 공통 메시지 표준이 필요하다.

그린 에너지 발전 시설은 그림 7과 같이 발전 시설용 공통 응용 메시지 표준과 이종 네트워크 접속 표준을 구성하게 되면 발전 시스템을 통합할 수 있다.

미국 에너지국은 발전 설비 간의 통신 메시지 스펙으로 ICCP/TASE.2라는 표준안을 채택 하였다. 이는 국제 생산 메시지 규약이 발전소 표준안에 적용된 예이다.

UCA (Utility Communication Architecture)는 미국의 EPRI (Electric Power Research Institute)에서 만들어진 발전소용 표준 통신망 규격이며 UCA의 응용 계층 규격의 일부로 MMS가 사용되고 있다. UCA는 7계층 구조와 3계층 구조의 형태로 나누어질 수 있다.

UCA의 7계층 구조 규격은 OSI 모형에 기초한다. 일곱 개의 각 계층에서는 적당한 규약들이 지정된다. 하나의 계층에 대해 여러 개의 규약들 중 하나를 선택할 수 있기 때

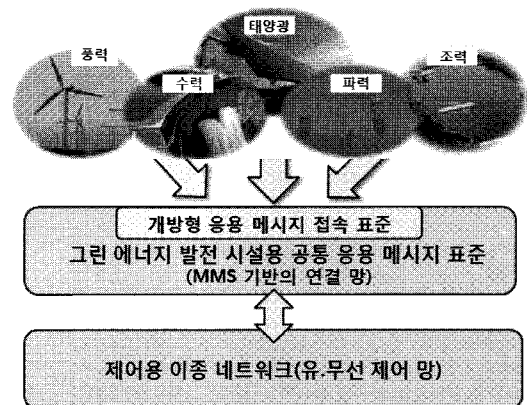


그림 7. 그린 에너지 발전 시설용 공통 응용 메시지 표준의 구성도.  
Fig. 7. Configuration of common message standard for green power system.

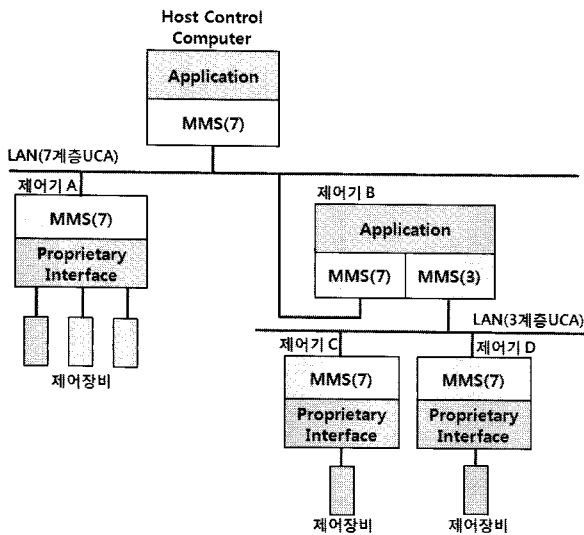


그림 8. UCA 에서의 MMS 사용 예.  
Fig. 8. Example of MMS in SCADA.

문에 규약들의 조합이 다양하게 구현될 수 있다.

UCA의 3계층 구조는 7계층에서 응용 계층, 데이터 링크 계층만을 사용한다. 이 3계층 구조는 실시간이 요구되는 산업용 제어 통신망인 필드버스 망에서 많이 사용되는 유형이다.

기존 발전 시스템에 적용된 MMS는 UCA (Utility Communications Architecture)에서 응용계층을 구성하는 규격 중의 하나로 사용되고 있다. MMS는 7계층과 3계층 UCA에 모두 사용되고 있으며 주 컴퓨터와 지능형 제어기 사이의 통신을 담당하고 있다. MMS를 사용한 UCA의 예를 그림 7 과 같다. 이 그림에서 제어기 A와 B는 7계층 UCA와 MMS 를 사용해서 주 컴퓨터와 통신을 한다. 그러나 제어기B 는 3계층 UCA를 사용하는 MMS 통신도 지원하도록 되어 있어 좀더 단순한 시스템인 제어기 C, D와 통신을 하는 경우 에도 MMS를 사용했다.

그린 에너지 발전 시설 구축을 위해 공통 응용 메시지 표준에 국제 생산 메시지 규약인 MMS의 적용을 고려해

표 2. 그린 발전 시스템에 MMS를 도입할 경우 장단점 분석표.

Table 2. Strengths and weaknesses analysis of MMS in green power system.

장 점	단 점
*발전 기기간의 향상된 데이터 전송 가능	*제한된 숙련성과 구현 경험 요구
*발전시스템 관련 통신 기기의 제조 업체에 대한 의존도 감소	*적합성 문제에 대한 확증 필요
*발전 기기에 대한 응용 프로그램의 이식이 용이함	*기존장비에 응용 시 비용 및 복잡성 증가
*국제 표준으로 발전 시스템을 표준 구조로 지속적으로 개선	*제어 통신망용 메시지 프로토콜의 구현 및 이해 필요

볼 수 있다

표 2는 차세대 그린 에너지 발전 시스템에 메시지 규약으로 MMS를 도입할 경우에 장단점들을 분석한 것이다. MMS를 그린 에너지 발전 시스템에 도입할 경우 발전 기기 간의 연결이 향상되고, 발전 기기의 제조업체에 대한 의존도가 감소하게 된다. 또한 발전 시스템의 통합이 편리해지고 발전 시스템을 표준 구조에 맞게 지속적으로 개선할 수 있다.

2절에서 설명된 그림 3의 PLC 기반 태양광 발전 시스템은 기기간의 호환성과 상호 운용성이 떨어지므로 그린 에너지 메시지 스택이 탑재된 이더넷 기반의 발전시스템의 연구가 필요하다. 그림 9는 그린 에너지 메시지 스택을 탑재할 수 있는 태양광 발전 시스템을 위한 이더넷 기반의 I/O 테스트 모듈이다.

그린 에너지 발전 시스템 통합 시 요구되는 메시지 통신 서비스들이 MMS에 포함되어 있다. 이러한 서비스에는 그린 에너지 시스템 내의 각 기기에 대한 상태를 나타내거나 기기에 관련된 프로그램의 올려 보내기, 내려 받기, 기기의

표 3. 그린 에너지 발전 시스템용 메시지 서비스 종류들.  
Table 3. Types of message services for green power systems.

분류	서비스 종류
▶ I/O 변수 관련 서비스(2)	읽기 서비스, 쓰기 서비스
▶ 원격 기동 관련 서비스(4)	생성 서비스, 삭제 서비스, 시작 서비스, 정지 서비스
▶ 알람 관련 통지 서비스(18)	사건 조건정의 서비스, 사건 조건삭제 서비스, 사건 조건속성언기 서비스, 사건 조건상태보고 서비스, 사건 조건감시변경 서비스, 사건 활성화 서비스, 사건 동작정의 서비스, 사건 동작삭제 서비스, 사건 동작속성언기 서비스, 사건 동작상태보고 서비스, 사건 등록정의 서비스, 사건 등록삭제 서비스, 사건 등록속성 언기 서비스, 사건 등록상태보고 서비스, 사건 등록변경 서비스, 사건 통지 서비스, 사건 통지수신확인 서비스, 경보 요약언기 서비스
▶ 구성 관련 서비스(3)	상태 서비스, 식별 서비스, 비요구상태 서비스
▶ 원격 파일 전송 관련 서비스 (Domain)(6)	내려 받기순서개시 서비스, 분절 내려받기 서비스, 내려 받기종료 서비스, 올려주기 순서개시 서비스, 분절 올려주기 서비스, 올려주기 순서종료 서비스

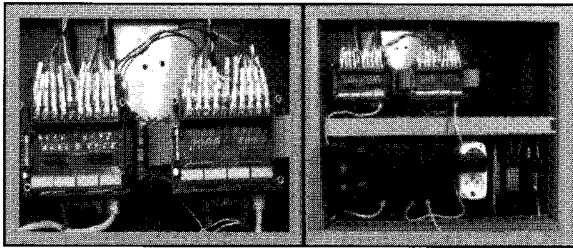


그림 9. 그린 파워 시스템을 위한 이더넷 기반 I/O 테스트 모듈.  
Fig. 9. Ethernet-based I/O test module for green power system.

실행 제어 등 시스템 구축과 그 응용을 위한 내용들이 포함된다.

표 3의 서비스 들은 MMS를 기반으로 추가 확장된 그린 에너지 발전 시스템용 메시지 서비스들이다. 대부분의 필드 버스들의 예를 보면 프로피버스, 파운데이션 필드버스, FIP 들은 MMS 기반으로 응용 메세지 표준을 정의하고 있으며 NASA 우주항공용 통신모듈, 발전소용 ICCP 들도 MMS 서비스를 각자의 응용 환경에 맞추어 사용하고 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 조력, 풍력, 태양광, 태양열, 파력 등과 같은 그린 에너지 발전 시스템의 제어 통신망의 특징과 문제점들을 분석하고, 기존의 발전소에 사용되는 제어 통신망용 프로토콜인 ELCOM-90, TASE.1, ICCP/TASE.2을 비교 및 분석하였다.

차세대 그린 에너지 발전 시설의 구축을 위한 예로 ICCP/TASE.2를 통해 검증된 국제 생산 메시지 규약인 MMS를 그린 에너지 발전 시설에 적용하는 방법을 한 예로 조사해 보았다. 이를 위해 SCADA 시스템이 적용된 풍력발전 시스템을 분석하였다. 그리고 기존의 MMS 서비스 들을 그린 에너지 발전 시스템용 메시지 서비스들로 확장하여 향후 그린 에너지 발전 시스템들의 특성을 반영한 공통 표준안과 각 발전 시설별 부가 표준안 개발에 대한 가능성을 확인하였고 연구 방향을 제시하였다.

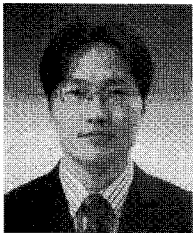
## 참고문헌

- [1] G. Ericsson and A. Johnsson, "Examination of ELCOM-90, TASE.1, and ICCP/TASE.2 for inter-control center communication," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 12, no. 2, pp. 607-614, April 1997.
- [2] EPRI, "Fundamentals of utilities communication architecture," *IEEE Computer Applications in Power*, vol. 14, no. 3, pp. 15-21, July 2001.
- [3] 윤정필, 차인수, 윤영찬, "신재생에너지 시스템 관리를 위한 다중 모니터링 시스템에 관한 연구," 전력전자학회 추계학술대회 논문집, pp. 159-162, Nov, 2005.
- [4] "시화호 조력발전소 계측기 설치 평면도," 시화호조력발전소 건설공사, 2009.
- [5] T. Tanabe, T. Sato, R. Tanikawa, I. Aoki, T. Funabashi, and R. Yokoyama, "Generation scheduling for wind power generation by storage battery system and

meteorological forecast" *IEEE*, 2008.

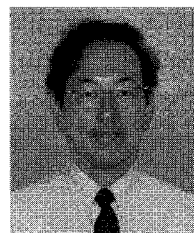
- [6] 최준영, 최홍규, 이근무, 최경한, 임명환, 최신권, 이정렬, 황상구, "우리나라의 지형 및 풍속을 고려한 풍력발전," 한국조명·전기설비학회 2009 춘계학술대회 논문집, pp. 301-304, May 2009.
- [7] J.-H. Lee, M.-J. Seo, G.-S. Kim, and H.-H. Lee, "IEC 61400-25 interface using MMS and web service for remote supervisory control at wind power plants," *International Conference on Control, Automation and Systems*, Oct. 2008.
- [8] 차장현, 이정완, 유능수, 남윤수, "풍력발전기 원격모니터링 시스템 구축 개발," *Journal of Industrial Technology, Kangwon, Natl, Univ.*, no. 26 A, 2006.
- [9] 고석환, 장문석, 이운섭, "육상풍력실증연구단지 풍향계측 모니터링 시스템 개발," *한국태양에너지학회*, vol. 29, no. 1, Apr. 2009.
- [10] T. Senju, T. Nakaji, K. Uezato, and T. Funabashi, "A hybrid power system using alternative energy facilities in isolated island," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 20, no. 2, pp. 404-414, 2005.
- [11] 소정훈, 유병규, 황혜미, 유권중, 최주엽, "50kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 성능모니터링 결과 및 평가분석," *한국 태양에너지학회 논문집*, vol. 27, no. 3, pp. 29-35, 2007.
- [12] E. Koutroulis, K. Kalaitzakis, and N. C. Voulgaris, "Development of a microcontroller-based, photovoltaic maximum power point tracking control system," *IEEE Trans. Power Electronics*, vol. 16, pp. 46-54, 2001.
- [13] "풍력발전, 태양전지, 조력발전," 한국과학기술정보연구원, 2008.
- [14] 윤정필, 차인수, "태양광/풍력 발전 시스템을 위한 다중채널 모니터링 시스템에 관한 연구," 전력전자학회 대회 논문집, Jun. 2006.
- [15] T. J. Liang and J. F. Chen, "Theoretical and experimental analyses of photovoltaic systems with voltage and current-based maximum power-point tracking," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 17, pp. 514-522, 2002.
- [16] 김종규, 강용혁, 김진수, "대규모 태양열발전 기본 설계 및 동특성 계산" *한국태양에너지학회 논문지*, vol. 27, no. 1, pp. 55-61, 2007.
- [17] "Renewable Power from the Ocean's Waves" *CETO TECHNOLOGY* <http://www.carnegiecorp.com.au/>, 2009.
- [18] F. Valenciaga and P. F. Puleston, "Supervisor control for a stand-alone hybrid generation system using wind and photovoltaic energy," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 20, no. 2, pp. 398-405, 2005.
- [19] 양시창, 문채주, 장영학, 소순열, 정지현, 김의선, "풍력-태양광 복합발전 시스템의 인터넷 모니터링," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 20, no.4, pp. 43-48, May 2006.

- [20] 김종빈, 정래성, “전력제어 통신 시스템의 에러 감소를 위한 ICCP 적용방안,” 전자공학회논문지 제40권 TC편 제9호, Sep. 2003.
- [21] J. Hegge and A. Larsen, “The ELCOM utility communication concept,” *IEEE*, vol. 6, no. 4, pp. 1411-1417, Nov. 1991.
- [22] “Introduction To ELCOM-90. A Power Utility Oriented Data Communication System,” *Technical Report TR 3676, EFI*, Trondheim, Norway, 1990.
- [23] “Telecontrol Equipment and Systems. Part 6: Telecontrol Protocols compatible with ISO and CCITT standards. Section 501: TASE.I Service Definitions,” *IEC TC 57 WG 19*, 2007.
- [24] “Telecontrol Equipment and Systems. Part 6: Telecontrol Protocols compatible with ISO and CCITT standards. Section 502: TASE.I Protocol Definitions,” *IEC TC 57 WG 19*, 2007.
- [25] “Telecontrol Equipment and Systems. Part 6: Telecontrol Protocols compatible with ISO and CCITT standards. Section 701: Functional Profile for providing the TASE.I application service in end systems,” *IEC TC 57 WG 19*, 2007.
- [26] D. L. Spooner, Martin Hardwick, Donald B. Sanderson “Engineering data exchange in the ROSE system,” *Intelligent Control, 5th IEEE International Symposium* vol. 2, pp. 972-976, Sep. 1990.
- [27] “Industrial automation systems - Manufacturing Message Specification (MMS) - Part 1: Service Definition,” *ISO IEC 9506-1:2004*, “Part 2: Protocol Specification,” *ISO/IEC 9506-2, 2004*.
- [28] ICCP Inter-Control Center Communications Protocol, Section 503: Services and Protocol, Version 6.1, *Utility Communications Specifications Working Group*, 2002.
- [29] ICCP Inter-Control Center Communications Protocol, Section 802: Object Models, Version 6.1, *Utility Communications Specifications Working Group*, 2002.
- [30] ICCP Inter-Control Center Communications Protocol, Section 702: Functional Profile, Version 6.1, *Utility Communications Specifications Working Group*, 2002.
- [31] J. T. Robinson, A. Vojdani, D. Ambrose, G. Schimmel, R. R. Blaessing, and R. Larson, “Development Intercontrol Center Communications Protocol(ICC),” *IEEE*, 2002.
- [32] Telecontrol equipment and systems, Part6: Telecontrol protocols compatible with ISO standards and ITU-T recommendations, Section 1: Application context and organization of standards, *IEC 870-6-1*, 2002.
- [33] 장경수, 신동렬, “ICCP를 사용한 전력센터 간의 통신 프로토콜 구현,” 한국정보처리학회 논문지, vol. 7, no. 12, pp. 3910-3921, 2000.



**권기협**

2001년 금오공과대학 전자공학과(공학사). 2003년 금오공과 대학교 전자공학과(공학석사). 2006년~현재 금오공과 대학교 전자공학과(박사과정). 관심분야는 산업용 통신망, 발전소 제어망.



**김동성**

1992년 한양대학교 전자공학과(공학사). 2003년 서울대학교 전기 및 컴퓨터공학부(공학박사). 1994년~1998년 서울대학교 ERC-ACI, 선임연구원. 2003년~2004년 Cornell 대학교 전기 및 컴퓨터공학부(박사후 연구원). 2008년~2009년 U.C. Davis 전산학부 방문교수. 2004년 3월~현재 금오공과 대학교 전자공학부 조교수. 관심분야는 산업용 통신망, 실시간 시스템 설계 및 성능분석.