

## A Development of Image Transfer Remote Maintenance Monitoring System for Hand Held Device

김 동 완<sup>†</sup> · 박 성 원\*  
(Dong-Wan Kim · Sung-Won Park)

**Abstract** - In this paper, we develop the image transfer remote maintenance monitoring system for hand held device which can compensate defects of human mistake. The human mistakes always happen when the worker communicate information each other to check and maintenance the equipment of the power plant under bad circumstance such as small place and long distance in power plant. A worker couldn't converse with other when in noisy place like Power plant. So, we make some hand device for handy size and able to converse in noisy place. The developed system can have improvement of productivity through increasing plant operation time.

And developed system is composed of advanced H/W(hard ware) system and S/W(soft ware)system. The H/W system consist of media server unit, communication equipment with hand held device, portable camera, mike and head set. The advanced s/w system consist of data base system, client pc(personal computer) real time monitoring system which has server GUI(graphic user interface) program, wireless monitoring program and wire ethernet communication program. The client GUI program is composed of total solution program as pc camera program, and phonetic conversation program etc.. We analyzed the required items and investigated applicable part in the image transfer remote maintenance monitoring system with hand held device. Also we investigated linkage of communication protocol for developed prototype, developed software tool of two-way communication and realtime recording skill of voice with image. We confirmed the efficiency by the field test in preventive maintenance of plant power.

**Key Words** : Hand Held Device, Remote Maintenance, Wireless Communication, Monitoring System

### 1. 서 론

현재 발전소 내 기기 점검 및 정비 시 협소한 작업 공간에서 제어반 간의 확인과 작업자 간 원거리 원격지 작업을 하여야 하며 소음 등 작업 환경이 열악하여 의사전달 및 정보 교환이 어려워서 작업자의 빈번한 도보 왕래와 직접 확인으로 작업 시간에 대한 능률 및 효율성이 저하 되고 있다. 그리고 동시 확인 작업의 경우에는 원자력 발전소와 같은 복잡하고 거대한 시스템에서의 작업은 한 부서, 또는 한 작업자에 의해 수행되는 것이 아니라, 각 부서 간 또는 작업자 간의 작업협력 및 분할을 통해서 수행되기 때문에 작업 지시와 확인 작업자 간의 인적 실수에 의한 결함은 원자력 발전소에서 일어나는 사고고장의 4가지 원인 중의 하나이다. 2001년에서 2008년의 데이터를 기준으로 살펴보면, 다른 원인인 기계 결함의 발생 범위는 0[%]에서 54[%]이며 차츰 줄어드는 경향이 있고, 전기 결함은 13[%]에서 50[%]로 그 발생률이 지속되며, 계측제어의 결함은 0[%]에서 31.6[%]의 범위에서 줄어드는 추세이나 인적실수에 의한 결함은 10[%]

에서 50[%]의 범위에서 지속적으로 발생하고 있다[1]. 그 빈도는 낮지만 인적실수의 발생은 열악한 작업환경에 의해서 그 발생빈도를 줄이는데 어려움이 있다.

따라서 본 논문에서는 인적실수의 빈도를 줄이고 사고고장의 발생을 예방할 수 있는 휴대용 화상전송 원격정비 감시시스템을 개발하고자 한다[1, 2, 3, 10].

현재 국내외에서 연구된 원격정비 감시시스템의 경우는 영상 감시시스템, 화상 및 음성전송시스템, 무선 영상 전송 시스템에 대한 모듈별 개발로 인하여 그 효율성이 부족한 결점이 있다. 또한 소수력 발전시스템의 원격감시 및 제어 시스템의 경우는 원격지에서 소수력 발전장치의 제어를 수행하나 감시카메라를 구비한 현장통제와 제어를 원격지에서 유무선 인터넷을 경유하여 중앙관리서버에서 제어하도록 하고 있어서 휴대용을 통한 제어 및 상호 작업자간의 통신에 의해 작업의 효율성이 부족한 면이 있다[4, 5]. 그리고 원격 통신시스템을 이용한 원격통신방법은 작업자 장치와 감독자 장치를 구비하여 작업자가 감독자와 통신을 하고 있으나 휴대용 통신장비에서 화상을 녹화하고 타 휴대용 통신장비와의 통신이 가능하지 못하여 이를 보완할 필요가 있다[6]. 또한 산업시설 관리에 적용되는 경우는 다수의 센서, 관리용 단말기 및 네트워크 카메라로부터 검출되는 화상정보를 감시서버에 저장하고 있으나 휴대용 통신장비 간 또는 서버와의 음성 및 화상 통화기능이 없어 이의 보완이 필요하다[7].

원격화상 전송장치의 경우는 영상 및 신호를 근거리 무선

<sup>†</sup> 교신저자, 정회원 : 동명대학교 전기전자공학과 교수 · 공박  
E-mail : dongwan@tu.ac.kr

\* 정 회 원 : (주)보강하이텍 대표이사  
접수일자 : 2009년 7월 21일  
최종완료 : 2009년 8월 19일

통신으로 송신하는 무선 송신모뎀으로 구성되어 있으나 음성과 화상통신을 위한 시스템의 구성이 없으며 유선이더넷 통신의 구성으로 데이터 전송의 안전성을 가질 필요가 있다[8]. 산업현장에서 운전조작실과 작업현장이 격리된 열악하고 협소한 장소에서 각종 장비 및 점검 작업이 진행될 때 운전자가 실시간으로 작업현장을 모니터링 하면서 신호에 따라 설비를 조작할 수 있도록 하는 다목적 포터블 감시 장치는 휴대용 장비간 또는 서버와의 통신을 위한 별도의 구성을 가지고 있지 못한 결점이 있다[9].

따라서 본 논문에서는 이러한 결점들을 보완한 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템을 개발하고자 하며 다음의 기능을 가지고 있다. 첫째, 원거리 작업자 간의 동시 확인이 필요한 점검 및 정비 시 고화질의 CCD 카메라와 화상통신 단말기를 이용하여 원격지 제어반의 실시간 상호확인이 가능하고, 미디어서버 유닛과 휴대용 통신장비가 유선이더넷을 통하여 화상 및 음성통화가 가능하며, 휴대용 통신장비에 초소형 카메라를 부착하여 화상을 녹화하고 이를 서버 또는 다 휴대용 통신장비에 화상 및 음성 통신 기능을 지원하여 작업시간 단축과 제어작업의 신뢰성 확보 등 업무 효율성 향상에 기여할 수 있다. 둘째, 협소한 공간의 예방점검에는 휴대가 간편한 내시경 카메라를 이용하여 피 점검물의 균열, 열화 등의 이상상태 점검의 영상 확보가 가능하며, 기기 내부 점검자와 외부 지시자와의 화상통신 기능으로 점검 작업의 신뢰성과 효율성을 높일 수 있는 장점이 있다[1, 2, 3].

## 2. 원격정비 감시시스템의 구성

현재 국내의 원격정비 감시 장치의 경우는 부분별 모듈에 대한 상품화는 되어있으나 통합 시스템으로 구성되어진 제품은 전무한 실정이며 미국, 영국 등 일부에서 개발이 추진 중이다[11, 14]. 영상 감시 시스템, 화상 및 음성 전송시스템 및 무선 영상 전송 시스템의 모듈별 단일제품만 존재하므로 양방향 다중 전송 기술 및 실시간 데이터 저장과 무선 다중 전송기술의 개발이 요구된다. 또한 소프트웨어의 측면에서는 데이터베이스(DB: data base)프로그램, 클라이언트 실시간 모니터링 프로그램, 유선 이더넷 통신 서버 프로그램, 피시 카메라 프로그램, 음성 대화 프로그램 등의 개발이 요구되고 있다. 또한 개발된 시스템의 경우도 장소가 협소하거나 밀폐된 기기 내부의 작업은 유용하지 못하며, 양방향 통신이 이루어 지지 않아 작업자들 간의 의사소통이 원활하지 못하고 시스템의 휴대가 불가능해 특정 지역에서만 사용이 가능한 결점이 있다. 이러한 결점을 보완하여 정보기술의 발전으로 인한 원격 음성 및 영상 시스템의 통합이 가능하고, 초소형 원격 감시 카메라를 사용하여 접근이 용이하지 않은 지역이나 기기 내부의 점검이 가능하며, 양방향 다중 통신으로 인한 기기의 점검 및 정비 작업이 가능하고 시스템의 휴대가 가능해 발전소 내의 모든 작업 환경에서 사용 가능한 시스템의 개발이 요구되고 있다[1, 2, 10].

따라서 본 논문에서 개발된 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템은 작업 공간이 협소하거나 원거리에서의 양방향 통신이 가능한 작업을 위해 영상 검출 카메라 및 헤드셋 장비를 이용하여 영상 및 음성 데이터를 개인용 휴대용 단말기에서 실시간으로 휴대용 서버 피시에 전송하며, 유선 이더넷(Ethernet)망을 통해 전송된 데이터는 서버에서 다른 작업

자의 휴대용 단말기로 실시간 다중 전송을 시킴으로써, 작업자간의 의사소통을 원활하게하고 작업에 대한 신뢰성 및 효율성을 증대시킬 수 있으며 그 구성은 그림 1과 같다.

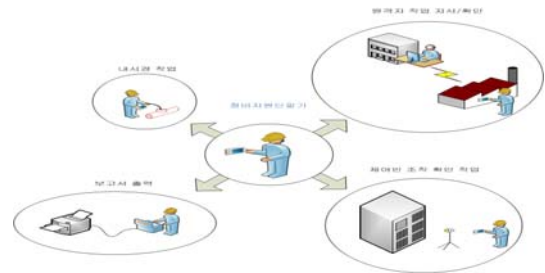


그림 1 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템의 구성도  
Fig. 1 The component diagram for image transfer remote maintenance monitoring system with hand held device

### 2.1 시스템의 성능과 특성

개발된 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템은 다음의 성능을 가지고 있다. 첫째, 양방향 다중 통신 기능을 가지고 있어 여러 작업자 간의 음성 및 영상을 동시에 전송하고 수신할 수 있으며 동시접속 및 추가 확장이 가능하다. 둘째, 장비 및 구조물 진단용 초소형 카메라 기능을 가지고 있어 기기 정비 시 협소한 장소 또는 밀폐된 기기 내부의 상태 확인이 가능하며, 셋째, 실시간 녹화 기능이 있어 음성 및 영상 전송 내용을 실시간으로 서버에 녹화하여 저장할 수 있으며(저장과 동시에 동시 작업자의 휴대용 단말기로 영상 전송가능) 영상물에 대한 저장 규격은 범용적으로 호환이 가능하다. 또한, 개발된 휴대용 화상 전송 원격 정비 감시시스템은 다음의 특성을 가지고 있다. 첫째, 미디어 서버 유닛(중앙감시)특성으로 미디어 서버와 휴대용 통신장비 간의 유선 이더넷 통화방식과 유선 이더넷 통신 기능을 이용한 핸드 프리식 통화 기능과 미디어 서버와 휴대용 통신장비 간의 화상통신 내용을 실시간으로 녹화할 수 있으며 둘째, 휴대용 통신장비의 경우는 간편한 휴대용으로 유선 이더넷 화상통화가 가능하고 원격감시화면 기능의 초소형 카메라 장착이 가능하며 유선 이더넷 통신 기능을 이용하여 핸드 프리식 통화 기능과 영상 및 음성 다중 통화 및 녹화/전송 기능이 가능한 특성이 있다. 셋째, 장비 및 구조물 진단 기능용 초소형 카메라의 특성은 접근이 용이하지 않은 지역이나 내부 점검에 활용가능하며, 어두운 공간에서도 촬영 가능한 라이팅 기능을 가지고 있다. 넷째, 마이크와 헤드셋의 경우는 소음 지역에서 통화가 용이하며, 휴대성 및 이동성 우수한 특성이 있다.

### 2.2 원격정비 감시시스템의 하드웨어와 소프트웨어 구성

본 논문에서 개발하고자 하는 원격정비 감시시스템은 단위별 하드웨어시스템과 소프트웨어의 개발로 이루어지며, 단위별 하드웨어시스템은 미디어 서버 유닛(중앙감시), 휴대용 통신장비, 장비 및 구조물의 진단용 초소형 카메라와 마이크 및 헤드셋으로 구성된다. 개발하는 소프트웨어의 구성은 데이터베이스 프로그램, 원시 데이터 관리 기능, 데이터 필터링 및 분류 기능, 각각의 섹터(Sector) 및 마디(Node)별 방식 정보 리포트 출력 기능, 데이터 분석 기능과 통합 데이터베이스 작업으로 구성된 서버 GUI 프로그램(관리자 통합 데이터 관리 솔루션)과 분산된

클라이언트로부터 통신상태 및 정보 실시간 원격 수집 기능 및 사용자 인터럽트(Interrupt)기능, 섹터별 방식정보 사용자 디스플레이 제어 기능, 모듈별 화면 디스플레이 기능, 사고분석을 통한 데이터 시간지연(Data Time Delay)체크 알고리즘과 무선 모니터링 프로그램(부분별 적용)으로 구성되는 클라이언트 피시 실시간 모니터링(각 클라이언트 피시들의 통신 상태 체크, 데이터 패킷분석 및 고장분석 유틸리티) 및 각 클라이언트간의 동영상, 음성대화 등의 기능의 중간 중계 역할(스트리밍 서비스), TCP/IP 통신 프로토콜을 이용한 소켓(Socket)통신 구현, 전송 데이터의 무결점 검사 알고리즘 개발, 클라이언트 피시의 TCP연결 자동 검색 알고리즘 개발과 무선데이터 통신 제어 프로그램으로 구성되는 유선 이더넷 통신 서버 프로그램 등으로 이루어진다. 또한 클라이언트 GUI 프로그램은 태블릿 피시카메라 프로그램, 음성대화 프로그램, 유선 이더넷 통신프로그램 등 각종 응용소프트웨어 통합 솔루션으로 구성되어 있다.

### 3. 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템의 개발

#### 3.1 원격정비 감시시스템의 필요 기능의 분석

본 시스템의 구성 및 개발은 발전소의 예방정비기간 동안 현재 적용중인 시스템의 불편 사항을 분석하고 정비 작업 진행시 작업자의 편의를 고려하여 시스템의 하드웨어 구성과 클라이언트 프로그램의 설계와 개발을 진행하였으며 현장의 요구되는 설계조건은 협소한 공간을 고려한 이동 및 휴대성, 원격 및 소음지역에서의 정확한 의사전달기능, 취득영상의 실시간 전송과 저장이며, 개발하는 시스템의 조건은 휴대용 통신단말기의 적용, 초소형 내시경 카메라의 적용, 유선과 무선 이더넷통신의 규약 적용, 전력선 통신의 적용과 개발, 카메라 내장형 영상통신 단말기의 채택, 서버 프로그램에 보고서 기능의 적용 및 내부ERP 적용의 고려이다.

본 논문에서 제시한 휴대용 원격정비 감시시스템의 전체 시스템은 산업용 내시경 모드를 이용한 시스템 부분과 화상과 음성 통신 모드를 이용한 시스템 부분 및 고정형 CCD 모드를 이용한 시스템으로 구성되어 있다.

첫째 산업용 내시경 모드를 이용한 부분은 내시경 영상 출력 및 영상 사이즈 조절 기능, 영상 자동기록 기능이 있으며 그 구성은 그림 2와 같다. 또한 하드웨어 시스템의 구성요소는 초소형 내시경 카메라, 영상통신 단말기, 영상 저장 서버 및 고음질의 헤드셋 장비이고 소프트웨어 시스템의 구성요소는 내시경 작업용 클라이언트 프로그램, 영상 전송 및 저장 클라이언트 프로그램, 무선, 유선 PLC 지원 통신 소켓 프로그램, ERP 적용 서버 프로그램이다.

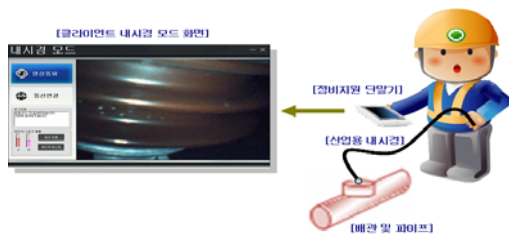


그림 2 산업용 내시경 모드를 이용한 시스템 구성  
Fig. 2 The system construction using endoscope mode with industrial type

둘째 화상과 음성 통신 모드를 이용한 부분은 태블릿 카메라 방향 선택을 통한 출력 기능과 전송 데이터의 화질을 최소화하여 의사소통이 가능하고 그 구성은 그림 3과 같다.

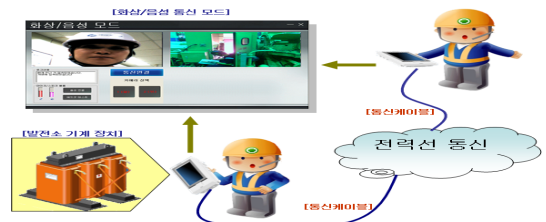


그림 3 화상/음성 통신 모드를 이용한 시스템 구성  
Fig. 3 The system composition using communication mode of voice with image

셋째 고정형 CCD 모드를 이용한 부분은 자체 단말기 영상 기록기능과 음성과 영상 데이터 양방향 통신기능 및 보고서 출력 기능과 영상 자동 데이터베이스 저장 기능이 있고 시스템의 구성은 그림 4와 같다.



그림 4 고정형 CCD 모드를 이용한 시스템 구성  
Fig. 4 The system composition using the fixed type CCD mode

#### 3.2 원격정비 감시시스템의 하드웨어 시스템

개발된 휴대용 원격정비 감시시스템은 크게 영상통신 단말기, 영상 카메라, 서버장비로 구성되어 있으며 그 특성과 기능은 각각 다음과 같다.

##### 가. 영상 단말기

본 시스템은 현장 점검 작업자의 내시경을 이용한 작업영상의 취득과 전송을 위한 영상 통신 단말기로 태블릿 피시를 적용하며, 화상 회의의 기능으로 이미지 센서를 내장하고 유무선 이더넷과 전력선(PLC:Power Line Communication) 통신을 이용한 원격지 작업자간의 작업 동시 확인을 위해



그림 5 일부 보완된 ARM9를 이용한 영상단말기  
Fig. 5 The image terminal using complemented ARM9

화상 회의 기능의 실시간 실행이 가능하도록 하였다. 기존의 단말기는 소재 및 역설계의 한계를 가지고 있어 본 시스템에서는 최적화된 외부 키 배치와 7[inch] LCD 적용으로 시중의 네비게이션 크기로 제작이 가능하며 외장형 DVR(영상변환장치)의 내장으로 내시경의 NTSC방식의 입력을 적용 가능하고 화상 전송 및 영상 통신 기능을 가지는 단말기의 일부를 제작하여 적용하였으며 그림 5와 같다.



그림 8 제안 시스템의 내시경 작업 장비 착용도  
Fig. 8 The diagram of endoscope working for proposed system

나. 내시경과 고정형 카메라 장비  
본 시스템의 경우 디지털 영상 통신 기능의 목적과 선단부의 방향 원격조정에 부합하는 연성전자내시경(electrical video scope)을 적용하여 제작 하였으며 조이스틱 또는 굴절 조절부로 내시경 선단부를 모든 방향으로 원격 조절 가능하고 선단부에 CCD 칩 또는 디지털 센서(digital sensor) 등 카메라 내장되어 전자신호로 전달하며 모니터로 영상 출력이 가능하다. 그림 6은 적용된 내시경 카메라이다.



그림 6 적용된  $\Phi$  9[mm] 내시경 카메라  
Fig. 6 The endoscope camera with  $\Phi$  9[mm]

다. 영상서버 장비  
이동형으로 제작된 현장 작업자의 영상 전송의 기록에 대한 데이터 베이스구축 및 작업자간의 영상 작업 지시, 확인 작업에 사용되는 영상서버 장치이며 휴대성을 고려하여 노트북을 적용하였으며 전원장치와 무선이더넷의 적용을 위한 무선 공유기를 내장하고 있다. 영상서버의 경우 다자간 통신 연결 시 일반 노트북으로는 영상 저장 및 전송 서버 프로그램의 과중된 부하로 인해 통신 품질의 저하와 저품질의 영상 전송의 문제가 발생하였으며 휴대용 케이스에 노트북이 완전 고정되지 않아 저장된 데이터의 손실에 대한 우려가 있어 이의 보완으로 휴대 가능한 케이스를 적용하여 서버급 컴퓨터를 내장시켜 휴대용 영상 서버를 제작하였으며 이동성 및 용량을 대폭 늘려 원활한 서버 성능을 개선시켰다. 그림 7은 영상서버를 나타내며, 그림 8은 현장 내시경 작업자의 장비를 완전 장착한 모습이다.



그림 7 영상 서버  
Fig. 7 The image server

### 3.3 원격정비 감시시스템의 소프트웨어 시스템

본 원격정비 감시시스템의 소프트웨어 시스템의 개발은 Microsoft Visual Basic 6.0과 Microsoft Visual C++ 6.0 및 Microsoft SQL와 Microsoft Office Access를 사용하여 다음과 같은 기능을 가지도록 설계하였다.

#### 가. 클라이언트 영상 소프트웨어 기능

외부 영상변환장치에서 NTSC 포맷의 영상을 클라이언트 단말기에서 비디오 형식, 압축 조절, 저장, 화면 출력 영상 그래픽 조절 등을 하며 저장 및 서버장비에 전송 하는 프로그램을 제작하였으며 NTSC 영상 포맷(format)지원, 영상 출력 사이즈 조절 기능(3단계), 영상 기록기능(최대 5분), 서버장비와의 TCP/IP 통신과 영상 동작과 정지 기능이 가능하도록 하였다. 그림 9는 클라이언트 영상화면을 나타내며, 그림 10은 비디오 형식과 영상압축 조절기능을 나타낸다.



그림 9 클라이언트 영상 화면  
Fig. 9 The client image screen

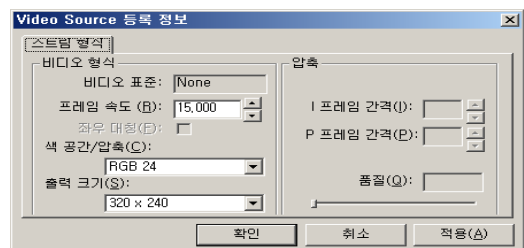


그림 10 비디오 형식과 압축 조절 옵션기능  
Fig. 10 The option function for pack and video form

#### 나. 서버 영상 소프트웨어 기능

클라이언트에서 전송되어진 영상은 날짜와 시간별로 자동 필터링되어 저장되며, TCP/IP 통신 프로토콜을 이용하여 영상 소켓서버(socket server)를 구현하였으며 영상 기록 기능과 저장 영상 필터링 및 영상 정지 기능을 가지고 있다. 그림 11은 서버 영상 소프트웨어에 의한 영상을 나타낸다.

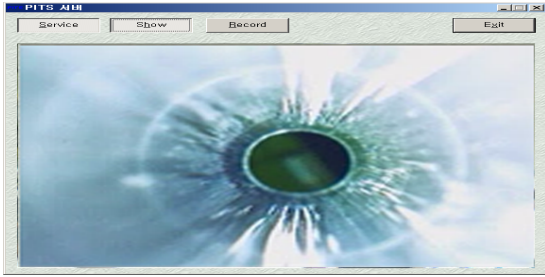


그림 11 서버 영상 화면  
Fig. 11 The server image screen

또한, 날짜별 일자별 자동 레코딩 기능과 INI 파일 형식의 프로그램 설정이 가능하도록 하였으며 음성통신 프로그램은 1:1 보이스 채팅 기능을 통한 단말기 및 서버와 음성 대화 기능을 구현 하였다. 그리고 녹음주파수 변경과 10단계 음질 조절 기능 및 음성 증폭 레벨 조정과 잠음제거가 가능한 음성 설정 프로그램을 구현하였다. 그림 12는 음성 설정화면을 나타낸다.

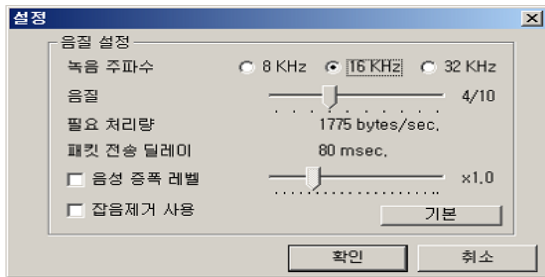


그림 12 음질 설정 화면  
Fig. 12 The fixing screen for quality of sound

그러나 소프트웨어를 현장에 적용 시 다음의 문제점이 제기되었다. 즉, 타블렛 단말기에 소프트웨어 설치 시 출력 영상 사이즈가 너무 작고 사이즈 조절기능이 불필요하며, 어두운 공간의 작은 이물질 관찰을 위해 수정이 필요하며 단말기의 영상 저장 시간이 너무 짧고(30분 정도로 수정이 필요) 출력 영상의 그래픽 옵션은 영상의 상태에 따라 자동으로 조절 되어야 할 필요가 있으며(위험 장소에서 단말기 버튼조작이 많으면 위험하므로 꼭 필요한 버튼만 조절 가능하도록 함), 필드 테스트 시 여러 현장 작업자가 의사교환을 해야 하는 경우가 많기 때문에 1:1 음성 통신 방식을 최소 1:5 이상으로 수정 하여야 하며, 서버 소프트웨어에서 전송 되어온 영상 및 음성을 저장 및 디스플레이시 화질이 좋지 못하고 현장 적용 시 외부 노이즈 등으로 인해 데이터 손실 및 회손 등으로 끊어짐 현상이 너무 자주 발생하므로 통신 관리 기능 및 통신 알고리즘 수정의 필요성이 있었다. 따라서 제기된 문제점을 보완하여 내시경카메라 및 단말기 외부 카메라(cam) 장치를 이용한 2가지 모드로 구분하여 클라이언트 소프트웨어를 설계하였으며 다음과 같다.

- 단방향 통신 모드 : 산업용 내시경 카메라에서 받은 영상을 고화질 모드로 화면에 출력 및 저장 하며 서버로 전송하는 기능을 구현 하였다.
- 양방향 통신 모드 : 단말기 간의 외부카메라를 이용하여 영상 화질을 낮추고 화상/음성 등의 의사 전달기능이 원활하도록 구현 하였다.

다. 클라이언트 소프트웨어 메인 GUI 화면

통신 상태 자동 알림 기능, 클라이언트 단말기 종류 선택 기능, IP 상태 자동 디스플레이, 클라이언트 IP 접속과 아이피 설정 및 서버검색 및 접속 기능, 카메라 선택을 통한 단말기 카메라와 내시경 카메라 변경 기능, 통신 상황에 따른 상태 확인 메시지 기능과 자동 음성 대화 연결 및 부가설정이 가능하며 그림 13은 메인 GUI화면을 나타낸다.

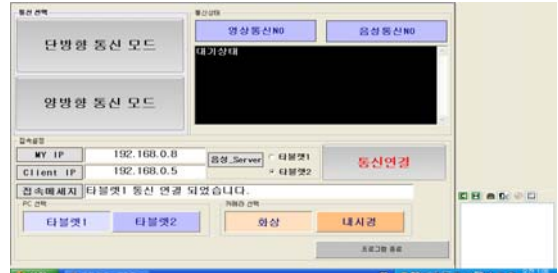


그림 13 클라이언트 소프트웨어 메인 GUI 화면  
Fig. 13 The main GUI screen for client software

라. 클라이언트 단방향 통신 모드

내시경 화면 및 캠영상을 820\*570 사이즈 출력이 가능하고, 영상 기록기능이 있으며 서버에 접속 후 단방향 영상 전송이 가능하다. 그림 14는 단방향 통신모드의 화면이다.



그림 14 클라이언트 단방향 통신 모드 화면  
Fig. 14 The single direction communication mode screen of client

마. 클라이언트 양방향 통신 모드

내시경 화면 및 캠영상을 420\*420 사이즈 출력이 가능하며, 자체 단말기 영상 기록 기능(최대 15분)과 음성과 영상 데이터 양방향 통신기능이 있으며 그림 15는 양방향 통신모드의 화면이다.



그림 15 클라이언트 양방향 통신 모드 화면  
Fig. 15 The double direction communication mode screen of client

바. 서버 동영상 관리 프로그램

각 클라이언트 단말기에서 보내오는 영상의 중계기 역할 및 데이터베이스 서버로서 클라이언트 영상의 실시간 저장 및 디스플레이 등을 담당하며 전체 시스템의 통신 테스트 및 관리기능이 가능하도록 구현 하였다. 서버와 클라이언트 접속 경로 실시간 표시기능과 클라이언트 단말기 전송 영상 디스플레이기능, 필터링기능과 통합 데이터베이스 연계를 통한 실시간 영상 저장 기능 및 영상 기록 기능(최대 30분)이 있다. 그림 16은 서버 동영상 관리자 화면을 나타내고, 그림 17은 서버 통신 관리자 화면을 나타낸다.



그림 16 서버 동영상 관리자 화면  
Fig. 16 The manager screen for server moving image



그림 17 서버 통신 관리자 화면  
Fig. 17 The manager screen for server communication

사. 클라이언트와 서버 음성 프로그램

클라이언트 서버 음성 프로그램은 1:N의 멀티 보이스 채팅 기능을 지원하고 통신상황에 따라 자동조절 되도록 수정 하였으며, 통신 상태 및 접속자 확인기능과 접속자 강제 퇴출기능을 가지도록 설계하였다. 설계된 프로그램의 현장 적용 결과 단말기 메인화면에서 각종 접속 설정이 복잡하여 프로그램 구동 시 자동 통신 연결기능이 추가되어야 하며, 단말기 외부 스피커가 하드웨어 오작동으로 인한 장비 여러 현상을 헤드셋 테스트 기능 추가하여 해결 하도록 하여야 하며, 현장 작업 시 동시 화상 통신 기능을 응용하여 멀리 떨어진 작업현장에서 특수 구조물을 확인하고자 할 때 CCD 카메라를 이용하여 확인 가능하도록 CCD 모드를 추가할 필요가 있으며 장비 이력관리 및 작업자 확인을 위해 스케줄링 기능의 개발이 부가적으로 필요함을 알 수 있었으며 이를 보완하여 최종 시제품의 제작 시에 적용하였다.

#### 4. 원격정비 감시시스템의 시제품과 적용 결과

##### 4.1 하드웨어 시제품

현장 작업자의 작업효율의 향상과 장비 착용 및 이동의 효율성을 높이기 위해 부분별로 케이스를 적용하여 보관과 관리가 용이하게 하였으며, 정비 감시시스템의 단말기, 내시경, 고정형 영상장비, 영상서버케이스의 4가지로 구성된다. 그림 18은 정비 감시시스템의 단말기의 내부구성도이고, 그림 19는 내시경 영상장비 내부 구성도이다.



그림 18 정비 감시시스템의 단말기 내부 구성도  
Fig. 18 The inner construct diagram of equipment monitoring system terminal

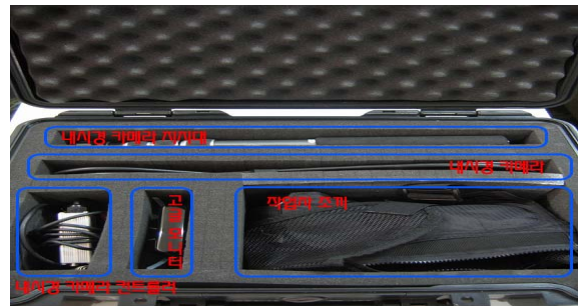


그림 19 내시경 영상 장비 내부 구성도  
Fig. 19 The inner construct diagram of endoscope image equipment



그림 20 영상 서버의 내부 모습  
Fig. 20 The inner construct diagram of image server

그림 20은 영상 서버의 내부 구성도이며 전용 케이스로 제작하여 작업자의 현장 이동에 편리하게 하였으며 터치스크린을 적용하여 키보드, 마우스 사용보다 개선된 사용자 인터페이스를 제공한다.

4.2 소프트웨어 시제품

그림 21은 소프트웨어의 통신 흐름도를 나타내며, 1차와 2차의 소프트웨어 필드테스트 후 현장 적용 시 도출되었던 문제점을 조합하여 현장작업자가 사용할 용도에 따라 통신 및 각 기능들이 자동 변환 되도록 설계하였다.

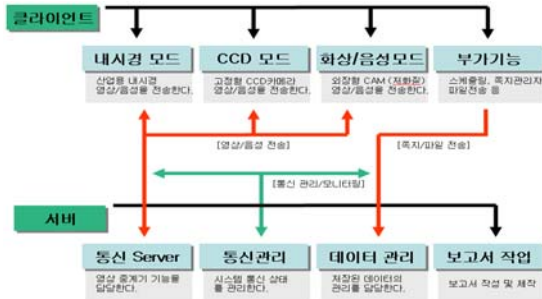


그림 21 소프트웨어 통신 흐름도  
Fig. 21 The flow chart of communication for software

가. 클라이언트 소프트웨어 메인 GUI 화면  
내시경모드와 고정형 CCD모드 및 영상과 음성 통신의 3가지 모드로 구분하였으며 파일전송 기능 지원과 자동 검색 기능을 통한 접속현황 모니터링 기능 및 단말기 MSG 알림 기능과 각 기기별 IP 및 통신 에러 시 자동 연결이 가능하게 하였으며 그림 22는 메인 GUI화면을 나타낸다.



그림 22 클라이언트 소프트웨어 메인 GUI 화면  
Fig. 22 The main GUI screen of client software

나. 내시경 모드 화면  
내시경 영상 출력 및 영상 사이즈 조절기능, 영상 자동 기록기능, 서버접속 후 단방향 영상 전송이 가능하고, 서버 음성 통신 접속 기능, 사운드 크기 조절, 마이크 감도 조절이 가능하며 헤드셋 기능 테스트와 로그 내용을 통한 통신 상태 확인 및 접속자 확인이 가능하도록 하였다. 그림 23은 내시경 모드 화면이다.



그림 23 내시경 모드 화면  
Fig. 23 The endoscope mode screen

다. 고정형 CCD 모드  
고정형 CCD 및 캠영상을 420\*420 사이즈 출력이 가능하고, 자체 단말기 영상 기록기능(최대 1시간)과 음성과 영상 데이터의 양방향 통신기능이 가능하도록 하였으며 그림 24는 고정형 CCD모드화면을 나타낸다.



그림 24 고정형 CCD 모드 화면  
Fig. 24 The fixed CCD mode screen

라. 화상과 음성 모드 화면  
캠영상을 420\*420 사이즈 출력하고, 타블렛 카메라 방향 선택을 통한 출력이 가능하며, 전송 데이터의 화질을 최소화하여 음성과 영상 데이터 양방향 통신기능이 가능하도록 하였으며 그림 25는 화상과 음성모드 화면을 나타내며, 영상과 음성 서버 프로그램은 통신 상태에 따른 자동 녹음 주파수 자동 변경 기능이 있다.



그림 25 화상과 음성 모드 화면  
Fig. 25 The image and voice mode screen

4.3 시스템의 성능평가와 적용

개발된 화상 전송 원격정비 감시시스템의 휴대용 단말기에 대한 전자파 측정시험은 개발된 시스템이 유무선 통신 및 데이터의 전송과 신호처리 보드로 구성된 약전설비이며 적용하는 부분은 주로 강전이 존재하는 열악한 환경이 대부분이므로 시스템의 내부 및 외부의 전자파에 대한 영향으로 오동작이 발생할 수 있으므로 이에 대한 평가는 매우 중요하다. 따라서 휴대용 단말기에 대한 전도장해시험을 실시하였으며, 전도장해시험의 허용기준은 주파수 범위가 0.5 [MHz]이상 30[MHz]이하인 경우는 준첨두값의 한계값은 73[dBμV]이고 평균값은 60[dBμV]이다. 그림 26은 주파수 17.5[MHz]에서의 전도장해시험의 결과를 나타내며 준첨두값이 56.1[dBμV]로 기준을 만족함을 알 수 있고, 그림 27은 주파수 18.4[MHz]에서의 전도장해시험의 결과를 나타내며 준첨두값이 54[dBμV]로 기준을 만족함을 알 수 있다.

그림 28은 여자기 하부의 균열 상태에 대한 점검을 통하여 벌어진 틈을 확인하고 보수한 경우이고, 그림 29는 HTR의 내부 청소 작업 후 청소상태 확인 작업을 통해 이상상태(그을음 및 표면 녹 등)를 확인 하는 그림이다.

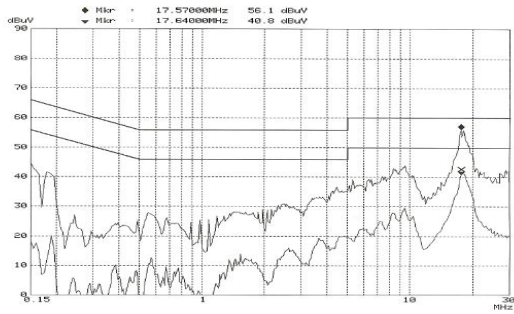


그림 26 전도장해시험의 결과도(17.5[MHz])  
 Fig. 26 The diagram of the conducted disturbance test(17.5[MHz])

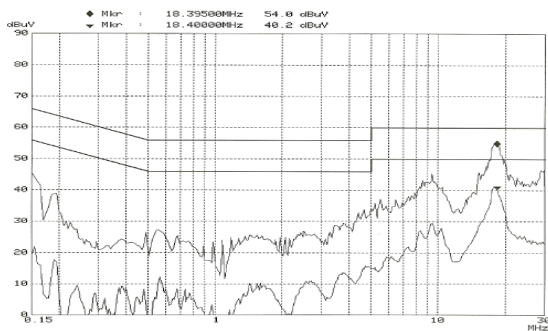


그림 27 전도장해시험의 결과도(18.4[MHz])  
 Fig. 27 The diagram of the conducted disturbance test(18.4[MHz])



그림 28 여자기 하부균열에 대한 점검 결과도  
 Fig. 28 The check diagram for the lower part crack of exciter



그림 29 HTR 내부 이상 상태 점검의 작업도  
 Fig. 29 The working diagram for disorder state in HTR inner part

그림 30과 그림 31은 각각 개발된 시스템을 사용하여 작업자의 시각이 보이지 않는 HTR 내부의 이상상태에 대한 점검을 통해 이물질을 발견한 경우와 이를 작업자가 제거한 결과를 보여준다.

그림 32는 급수배관의 정비작업에 적용한 경우이며 넓은 배관을 산업용 내시경 장비를 이용하여 점검하는 과정에서 빛의 퍼짐 현상으로 인한 영상 인식이 어려워 외부 조명 장치의 추가 설치 및 조도를 제어할 필요가 있음을 알 수 있었다.



그림 30 HTR 내부 이물질 점검 결과(제거전)  
 Fig. 30 The check diagram for slug in HTR inner part(before removal)

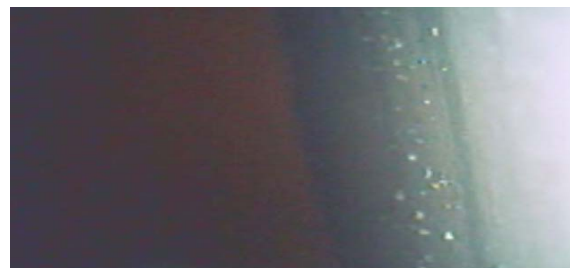


그림 31 HTR 내부 이물질 점검 결과(제거후)  
 Fig. 31 The check diagram for slug in HTR inner part(after removal)



그림 32 급수 배관 내부의 점검 모습  
 Fig. 32 The check diagram of feed pipe inner part

### 5. 결 론

본 논문에서는 발전소 내의 기기에 대한 점검 및 정비 시 협소한 작업 공간에서 제어반 간의 확인과 기기의 운전 중에 작업자 간 원격지 작업을 하여야 하며 소음 등 작업 환경이 열악하여 의사전달 및 정보 교환이 어려워 작업자의 빈번한 도보 왕래 및 직접 확인으로 작업 시간에 대한 능률 및 효율성이 저하 되고 있는 인적실수에 의한 결함을 보완할 수 있는 휴대용 화상 전송 원격정비 감시 시스템을 개발하고 이를 현장에 적용하여 그 성능을 확인하였다.

이를 위해 정비 감시시스템의 필요사항을 분석하고, 장비의 적용 가능한 부분을 검토하였으며 영상 저장과 음성 통신의 기능을 강화 하고 각 장치를 모듈화 하였으며, 각 모듈에 대한 기능 테스트와 장비 활용의 간소화 및 무선 통신 규제에 따른 타 통신과



의 연동을 검토하였다. 또한 휴대용 정비 감시시스템에 대한 시제품을 제작하고 검증하였으며, 각 기능별로 모듈화 하였으며 영상 전송 통신 기능 최적화로 끊김 현상을 제거하였다. 또한, 작업 사이트 별 기능 옵션과 작업자 편의를 위해 고글 타입 모니터 장비와 조끼타입의 착용으로 작업의 편의성을 기하였다.

본 논문에서 개발된 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템은 원거리 작업자 간의 동시 확인이 가능하고 원격지 제어반의 실시간 상호확인 가능하며, 작업 시간 단축과 작업의 신뢰성 확보 등 업무 효율성 향상에 기여할 수 있었다. 또한, 협소한 공간의 피 점검물의 균열, 열화 등의 이상 상태에 대한 점검이 가능하고 기기 내부 점검자와 외부 지시자와의 화상통신이 가능하여 점검 작업 역시 신뢰성과 효율성을 높일 수 있는 장점이 있었다.

정보기술에 의한 장비 및 유무선 통신장비 운용 기술을 바탕으로 개발된 통합 원격 정비 감시시스템인 휴대용 화상 전송 원격정비 감시시스템의 개발은 정비 시간 단축을 통한 작업 효율성 및 생산성 향상과 고 신뢰성의 정비 작업을 통한 양질의 전력 공급이 가능하고 작업 과정의 데이터베이스화가 가능함으로써 통일된 정비 작업의 테스트 베드 구축이 가능하며 녹화영상은 각종 정비 교육 자료로 활용하여 정비 기술의 질을 향상시킬 수 있으리라 사료된다.

정비 감시시스템의 핵심부분은 영상 통신 단말기라 할 수 있으며, 작업정비에 적용할 수 있는 전용 자체 영상 단말기의 개발이 필요하며 점검 및 정비를 위한 영상 단말기의 최적 적용을 위해서는 기존의 내시경 카메라, 고화질의 CCD 카메라 등의 옵션 뿐 만이 아니라, 발전소 내의 배전반의 열 특성 상태를 측정하고 이상상태 확인 기능의 열화상 카메라의 적용 검토, 3차원 레이저 스캐너와의 접목으로 발전소 내 사이트 별 정비지원 메뉴얼 제공 기능과 연동 검토를 통해 신뢰성과 효율성이 개선된 전용시스템에 대한 지속적인 연구와 개발이 필요하리라 사료된다.

**감사의 글**

본 연구는 한국수력원자력(주) 중소기업협력연구개발사업(제06중기27호)의 지원에 의하여 이루어진 연구결과의 일부로서, 관계부처에 감사드립니다.

**참 고 문 헌**

[1] 박성원, 김동완, 박지호, 이병훈, 김재길, 김경미, 이찬호, 유정룡, 조봉호, 박종석 “휴대용 화상전송 원격정비 지원 장치 개발”, 협력연구개발 최종보고서 제 06 중기 27호, 2008.  
 [2] 김동완, 박지호, “Smart Tag를 이용한 컨테이너의 GPS 위치추적시스템 개발”, 대한전기학회 논문지, Vol. 55P, No. 4, 2006.  
 [3] 김동완, 박지호, 김종달, 김상동, 박성원, “배전반 간선 회로 누설전류 무선 원격감시시스템 개발에 관한 연구”, 대한전기학회 부산지회 춘계학술대회 논문집, pp. 31-33, 2008.  
 [4] 김동완, (주)보강하이텍, “통합통신모듈”, 실용신안등록 제20-0411077호, 2006.  
 [5] 한국등록특허 553,032, “소수력 발전시스템의 원격감시

및 제어시스템”, 2006. 02.

[6] 일본공개특허 1998-257475, “원격통신시스템을 이용한 원격통신방법”, 1998. 09.  
 [7] 한국등록특허 448,68, “산업시설관리 시스템”, 2004. 09  
 [8] 한국공개특허 2005-102732, “원격 화상 전송 장치”, 2005. 10.  
 [9] 한국공개특허 2006-031160, “다목적 포터블 감시장치 및 그 운용 방법”, 2006. 04.  
 [10] S. W. Park, J. H. Park, and D. W. Kim, “Development of the Remote monitoring Systems for Leakage Current Using Wireless Communication”, Trans. KIEE. Vol. 57P, No. 4, DEC. 2008.  
 [11] 김기연, 박치현, 임용배, 최명일, 배석명, “수용가 저압 전기설비의 원격감시시스템 및 아크차단장치 활성화 방안에 관한 연구”, 조명전기설비학회논문지, Vol. 22, No. 1, 2008.  
 [12] C. M. Kim, W. K. Han, S. B. Bang, H. S. Kim, and K. B. Shim, “Analysis of Electric Shock Accidents and Check Results in Domestic and Foreign Low-Voltage Handhole”, Journal of KIEE, Vol. 22, No. 1, pp. 124-131, Jan. 2008.  
 [13] D. Y. Lee, and D. S. Kim, “A Study on the Web-based Overall Information Management System Development of the Overhead Distribution Facilities Using SIAS”, Trans. KIEE. Vol. 58, No. 5, MAY, 2009.  
 [14] Hyeon-Jin Jeon, Don-Jin Yi, Jun-Gil Jeon, Tae-Gyu Chang, “A Power-line Frequency monitoring Intelligent Electronic Device Platform”, Trans. KIEE. Vol. 58, No. 5, MAY, 2009.

**저 자 소 개**



**김 동 완 (金 焯 完)**

1960년 2월 1일생. 1984년 동아대학교 전기공학과 졸업. 1987년 부산대학교 전기공학과(석사). 1995년 부산대학교 전기공학과(공학박사). 전기기술사(건축전기), 조명디자이너, 부산광역시 건설위원, 1997년 ~ 현재 동명대학교 전기전자공학과 교수.  
 Tel : 051-629-1314  
 Fax : 051-629-1309  
 E-mail : dongwan@tu.ac.kr



**박 성 원 (朴 成 元)**

1973년 12월 1일생. 2000년 동아대 전기공학과 졸업. 2002년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 (주)보강하이텍 대표이사  
 Tel : 051-803-3652