

초고속 통신망을 이용한 멀티미디어 기반 원격 고장 진단 시스템의 설계 및 구현

김홍갑, 박진희, 신창완, 김형석
전북대학교 전기·전자·제어공학부

Design and Implementation of the Multimedia-based Remote Maintenance System through the Information Super Highway

Hong-Gab Kim, Jin-Hee Park, Chang-Wan Shin, Hyong-Suk Kim
School of Electrical Engineering

Abstract - A remote maintenance system, which enables an engineer to check and treat machines installed at remote site with the help of data communication, has been developed. The maintenance of machines with the traveling of engineers is much costly in time and economically. With the developed system, the engineer at the remote site can diagnose malfunctioning machines. The remote maintenance system is composed of video conferencing system, camera control system and signal acquisition system. The developed system has been tested on the 100Mbps ATM network to evaluate its ability to diagnose remote machines.

1. 서 론

생산라인의 자동화 추세에 따라 고가의 자동화 장비를 설치·운영하는 공장이 늘고 있다. 자동화된 생산라인에서는 한 장비에서 고장이 발생할 경우 모든 생산라인의 가동이 중단되므로 고장 장비의 수리에 소모되는 시간은 막대한 경제적 손실을 가져올 수 있다. 그런데 최근의 고급 장비들은 장비에 대한 기술적 전문 지식 없이는 유지 및 보수가 매우 어렵기 때문에 전문 엔지니어에게 장비의 유지·보수 및 고장 진단을 의뢰하게 된다. 그런데 사용자들의 장비는 보통 전문 엔지니어로부터 멀리 떨어진 원격지에 설치되는 것이 대부분이어서 장비의 고장 및 보수가 필요할 경우 엔지니어는 원격지를 방문해야하는 불편이 있다.

최근 비약적으로 발전하고 있는 통신망 기술과 화상 및 음성의 원격 실시간 전송 기술, 카메라 제어 기술, 신호획득 및 전송 등의 기술들이 결합되면 엔지니어의 직접 방문 없이도 원격지에서 장비의 진단이 가능하게 되어 시간적 경제적 비용을 절감할 수 있을 것이다. 이와 같이 원격지에서의 원격 고장 진단이 가능하기 위해서는 1)장비의 소프트웨어 혹은 하드웨어적 운용 시험이 원격지에서도 가능해야하며 2)장비의 운용 모습과 상태를 영상과 음향을 통해 원격지에서 모니터링하는 기능이 필요하며 3)원격 장비의 내부 전기 신호를 원격지에서 확인 할 수 있어야한다. 원격 고장 진단 기술과 유사한 분야로서는 저해상도의 동영상과 음성 통신 기술을 이용하여 원격지의 상대자와 대화를 가능하게 하는 화상 회의 시스템이 있는데[4][5] 원하는 방향이나 위치를 임의로 주시하는데 불편하며 전자 기관의 회로 검사와 같이 정밀 영상을 획득 및 디스플레이하는 기능을 갖추고 있지 않다. 더 발전된 개념의 기술 분야로는 텔레로봇 기술이 있는데[1][2] 스테레오 영상을 원격 디스플레이함으로써 거리의 원근을 느끼게 하여 장비의 원격 조작까지 가능하게 하는 기술이다. 그러나 이 기술은 전자 회로 내부의 신호 분석이나 정밀 영상 획득 등의 요구를 만족시키지 못한다.

본 논문은 장비의 원격 고장 진단을 위해 엔지니어가 장비를 원격 운용할 수 있으며 고장 진단에 필요한 장비에 대한 정보를 통신망을 통해 엔지니어에게 효과적으로 제공할 수 있는 원격 고장 진단 시스템을 구현하는데 있다.

2. 시스템 구성 및 구현

제안한 원격 고장 진단 시스템은 엔지니어 측 시스템과 고장 장비 측 시스템으로 구성된다. 그림 1과 그림 2는 각각 엔지니어 측과 고장 장비 측 시스템의 구성을 보여준다. 장비 측의 원격 고장 진단 시스템은 장비의 작동 상태를 동영상 또는 정밀 정지 영상으로 전송하는 비디오 부분, 카메라의 줌 기능 및 주시방향 제어 기능을 이용해 원하는 곳의 영상을 획득 할 수 있는 카메라 제어 부분, 장비의 음향을 획득·전송하는 오디오 부분, 장비의 내부 회로 신호를 획득·전송하는 계측 데이터 획득 부분, 엔지니어의 장비 실행 명령을 받아 장비를 원격 운용하는 원격 운용 부분으로 구성된다. 전문가 측은 동영상 재생 및 정지 영상 요청과 분석을 할 수 있는 영상 재생 및 분석 부분과 원격지의 카메라에 주시방향 명령을 전송하는 카메라 제어 명령 부분, 음향 재생 부분, 장비의 내부 회로 신호 획득을 위한 데이터 획득 보드를 제어하고 획득·전송된 계측 데이터를 전문가가 분석하기 편리한 그래픽 형태로 재생하는 계측 데이터 재생 부분, 그리고 장비를 원격 운용할 수 있는 장비 원격 운용 부분으로 구성된다.

구현된 원격 고장 진단 시스템은 화상 회의 시스템과 호환 및 인터넷을 이용한 서비스로의 확장을 위해 QoS(Quality of Service) 보장이 되지 않는 패킷 중심 네트워크에서 오디오나 비디오를 전송하는 시스템을 위한 ITU-T의 권고안인 H.323(3)에서 제안한 메시지와 절차를 따르도록 했다. 원격 고장 진단 시스템의 엔지니어와 장비 사용자는 기본적으로 화상 회의 시스템에서 제공하는 영상·음성 의사 교환을 할 수 있다. 원격 고장 진단 시스템의 연결 호처리, 비디오, 오디오 코덱은 H.323에 포함된 H.225.0, H.245, H.261, G.711을 따랐고 동영상과 오디오를 제외한 데이터들은 T.120을 이용하여 전송한다.

2.1 영상 획득과 카메라 원격 제어 기능의 구현

원격지 장비의 외관 및 작동 상태를 확인하기 위해서는 원격지 장비의 동영상 획득 및 재생이 필요하다. 동영상 획득·전송은 H.323에 포함된 비디오 코덱인 H.261을 이용했으며 장비의 특정 부분을 정밀 검사할 필요가 있을 경우 최대 752×480 해상도의 정지 영상을 얻기 위해 별도의 고해상도 영상 획득 보드를 사용했다. 필요한 부분의 고해상도 영상 획득을 얻을 수 있도록 하기 위하여 관심 영역을 마우스로 지정하는 기능을 갖게 하였다. 얻어진 특정 부분의 정지 영상에 히스토그램 균일화, 에지 검출 등의 간단한 영상 처리를 함으로써 얻어진 정지 영상으로부터 가능한 많은 시각 정보를 얻

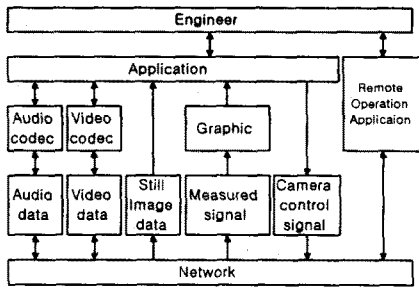


그림 1 엔지니어측 시스템

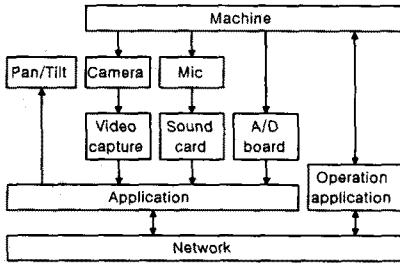


그림 2 고장 장비측 시스템

지니어가 획득할 수 있게 하였다.

화상 회의 시스템과 달리 원격 고장 진단 시스템에서는 원격지에 있는 카메라의 주시방향을 제어하여 원하는 곳의 영상을 획득할 수 있어야 한다. 구현된 원격 고장 진단 시스템의 장비측에는 이동각의 범위가 좌·우 340°, 상·하 90° 인 pan/tilt 장치에 zoom 가능한 카메라를 장착하여 엔지니어 측에서 원격 제어할 수 있게 하였다. 카메라 주시방향 이동 명령은 장비의 동영상상을 디스플레이하는 윈도우에 엔지니어가 마우스를 클릭함으로써 수행되게 하였다. 카메라 주시각 이동량은 마우스가 클릭된 위치와 줌 상태에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$\delta\theta_p = K_p(X_c - X_o)/S_z$$

$$\delta\theta_t = K_t(Y_c - Y_o)/S_z$$

$\delta\theta_p$: panning 변화각

$\delta\theta_t$: tilting 변화각

X_c : 클릭된 x 좌표

Y_c : 클릭된 y 좌표

X_o, Y_o : 영상의 중심 좌표

S_z : 줌 비율

K_p, K_t : 상수

2.2 장비 원격 운용 기능의 구현

고장 장비의 소프트웨어를 원격 운용할 수 있는 기능인 장비 원격 운용은 기존 장비 운용 프로그램 안에 T.120을 이용한 네트워크 기능을 첨가하여 구현되는데 장비 사용자가 장비를 이용할 때는 기존의 장비 운용 소프트웨어처럼 실행되고 원격 고장 진단이 수행될 때는 엔지니어에 의해 원격 운용된다. 엔지니어는 장비를 원격 운용하며 장비를 작동시켜 장비의 고장 부분을 파악하거나 운용 소프트웨어 구성 및 세팅 등의 소프트웨어적인 문제들을 진단 및 보수할 수 있다. 이 기능은 장비의 종류에 따라 달라지므로 원격 고장 진단 시스템 소프트웨어에 포함하지 않고 분리시켰다.

2.3 계속 데이터 획득 및 재생 기능의 구현

엔지니어는 장비의 고장이 내부 회로의 문제로 판단되면 원격지 장비의 내부 회로 신호를 획득하고 분석할 수

있어야 한다. 장비 내부 회로의 신호를 획득하기 위해 샘플링 속도 200KHz, 해상도 12bit로 A/D변환이 가능하며 최대 16채널을 동시에 사용할 수 있는 데이터 획득 보드를 이용하였다. 엔지니어는 장비 측에 설치된 데이터 획득 보드의 샘플링 속도, 입력 전압 범위, 입력 채널 선택 등을 원격 제어할 수 있으며 얻어진 계측 데이터는 실시간으로 전송되어 엔지니어에게 오실로스코프의 화면과 유사한 그래픽 형태로 재생된다. 이를 위해서 장비 측의 진단 요청자는 엔지니어의 지시에 따라 장비 내부 회로의 특정 부분에 데이터 획득 프로브를 접속시키는 진단 보조자 역할을 해야 한다.

2.4 음향 데이터 획득 기능의 구현

장비의 작동 시 발생하는 음향이 진단에 중요한 정보가 될 수 있는 원격 고장 진단 시스템은 사용자의 음성뿐 아니라 장비의 음향도 획득해야 한다. 따라서 화상 회의 시스템과 달리 원격 고장 진단 시스템의 장비 측 마이크는 카메라 주시방향 제어 장치인 pan/tilt 장치 위에 위치한다. pan/tilt 장치의 이동각에 따라 마이크의 위치가 변하여 획득되어지는 음향이 달라지게 되는데, 이것은 좌·우 음향을 각각 획득하여 음향원의 방향을 알 수 있는 스테레오 마이크를 사용한 것과 유사한 효과를 가질 수 있다.

3. 원격 고장 진단 시스템의 시험 및 고찰

구현된 원격 고장 진단 시스템의 성능을 평가하기 위해 로봇 매니플레이터 SCORBOT-ER VII와 컨트롤러를 고장 장비로 가정하고 원격 고장 진단 시험을 수행하였다. 고장 장비 측 PC에는 SCORBOT 운용 프로그램과 장비측 고장 진단 시스템이 탑재되어 있으며 시리얼 포트를 통해 컨트롤러와 인터페이스되게 하였다. 운영체제는 WINDOW95, 시스템은 Pentium 150MHz, 주메모리 32M, 네트워크는 ATM 100Mbps, 네트워크 프로토콜은 TCP/IP를 사용하였다.

3.1 장비의 원격 운용과 카메라 제어 기능

장비 사용자는 로봇 시스템의 고장으로 원격 고장 진단 시스템의 장비 측 프로그램을 실행시키고 진단 요청을 하면 진단 요청을 받은 엔지니어는 응답 신호를 보냄으로써 영상과 음성을 교환할 수 있는 상태가 되게 한다. 엔지니어는 동영상 위에 마우스를 클릭하여 카메라 주시 방향을 이동시키거나 줌 기능을 이용하여 장비 외부의 기계적·전기적 연결 상태, 외관 파손 여부 등을 동영상상을 통해 검사하며, 원격으로 운용 소프트웨어를 실행시키고 소프트웨어의 상태를 점검함으로써 운용 소프트웨어의 셋팅 문제 등을 진단한다. 또한 로봇의 운용 소프트웨어를 원격으로 운용하면서 작동 상태를 동영상상을 통해 관찰한다.

그림 3은 로봇을 원격으로 운용하면서 작동 상태를 동영상상으로 확인하는 과정을 보여주며 그림 4는 동영상 재생 화면을 마우스로 클릭하여 카메라의 주시방향을 제어하는 모습을 보여준다. 그림 4(a)은 카메라 주시방향 이동 전의 동영상상을 나타내며 십자가 모양으로 표시된 곳을 마우스로 클릭하여 카메라 주시방향이 바뀐 후의

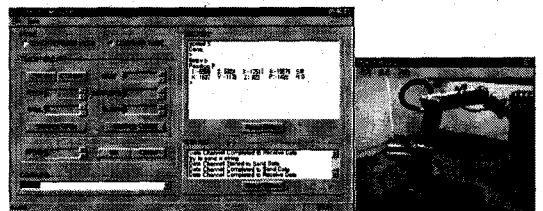
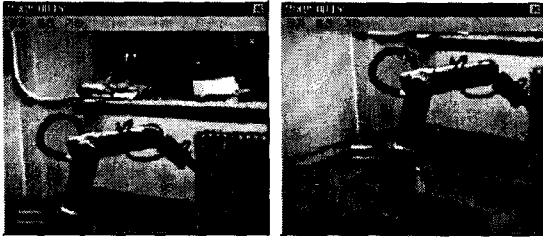


그림 3 원격 운용 중인 고장 장비

영상이 그림 4(b)이다. 클릭된 위치가 영상의 중앙에 오도록 카메라 주시방향이 바뀐 것을 알 수 있다.

3.2 정밀 정지 영상의 획득과 분석 기능



(a) (b)

그림 4 동영상 위의 마우스 클릭을 이용한 카메라 주시각 제어

특정 부분의 정밀 영상이 필요한 경우 그림 5과 같이 동영상 위에 마우스를 이용하여 필요한 영역을 지정함으로써 정밀 정지 영상을 획득한다. 얻어진 정밀 정상 영상을 영상 처리하여 더욱 효과적인 육안 분석을 할 수 있다. 그림 6(a)는 고장이 의심되는 부분의 내부 회로를 정밀 정지 영상으로 획득한 것이다. 조명 불량 또는 히스토그램 분포의 치우침에 의해 엔지니어가 영상을 분석하기 어려운 경우 히스토그램 균일화(b)나 에지 검출(c) 등의 영상 처리를 하여 영상의 질을 향상시킴으로써 고장 진단에 도움을 줄 수 있게 하였다.

3.3 계속 데이터 획득 및 재생 기능

장비의 내부 회로 기능 고장으로 예측되는 경우 진단

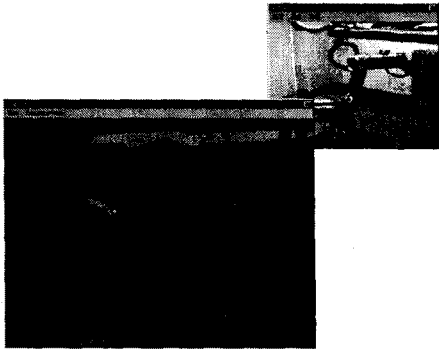


그림 5 특정 부분의 정밀 정지 영상 획득

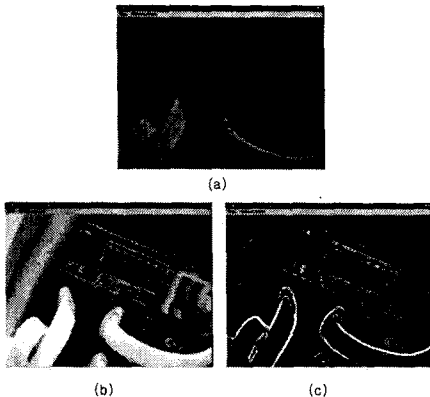


그림 6 영상 처리된 정밀 정지 영상

요청자에게 지정한 곳에 데이터 획득 보드의 프로브를 접촉시키도록 하여 회로의 전압 등을 측정할 수 있는 기능이다. 획득된 내부 회로의 전압은 그림 7처럼 엔지니어에게 그래픽 형태로 실시간 재생되며 샘플링 시간 및 시간축 간격, 신호 크기 범위 등이 조절되어 재생된 파형의 주기, 크기 등이 정확하게 계산될 수 있는 기능을 갖게 하였다.

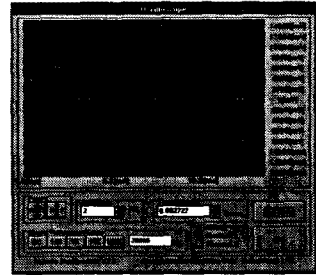


그림 7 계속 데이터의 재생

4. 결론 및 향후 과제

엔지니어가 고장 장비가 위치한 원격지로 이동할 필요 없이 통신망을 통해 장비를 원격으로 운용하면서 장비에 대한 동영상, 정밀 정지 영상, 음향, 계속 데이터 등을 획득하여 장비의 고장을 진단하는 멀티미디어 기반의 원격 고장 진단 시스템을 설계 및 구현하고 그 효과를 검토하였다.

구현한 시스템은 고장 장비의 소프트웨어적 운용이 원격지에서 가능하며 운용 상태가 영상과 음향을 통해 확인이 가능하다. 또한 원격 고장 장비 내부 회로에 대한 정밀 영상 뿐 아니라 전기 신호까지 원격으로 확인할 수 있는 기능 등 원격 진단을 위한 주요 기능을 모두 갖추고 있다. 이 시스템으로 고장 장비에 대한 원격 고장 진단 실험을 수행해본 결과 원격지에서 큰 불편 없이 장비의 상태를 점검하고 진단이 가능함을 확인할 수 있었다.

향후 동영상과 고해상도 정지 영상을 하나의 영상 보드로 획득할 수 있는 기능과 pan, tilt, zoom 등의 카메라 제어 기능을 함께 갖춘 저가의 원격 고장 진단 시스템 개발이 필요할 것이다.

私事

이 논문은 '96년도 정보통신부 초고속 정보 통신 기술 개발 연구비 지원에 의한 연구 결과의 일부입니다. 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Jie Yang, "Hidden Markov Model Approach to Skill Learning and Its Application to Telerobotics," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, vol. 4, no. 5, Oct. 1993
- [2] Yasuyoshi Yokokohji, Tsuneo Yoshikawa, "Bilateral Control of Master-Slave Manipulators for Ideal Kinesthetic," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, vol 10, no. 5, Oct. 1994
- [3] 홍용근, "H.323을 지원하는 인터넷폰의 설계 및 구현", 통신정보합동학술대회, 제2권, pp. 600-604, 1998
- [4] 이경희, "컴퓨터 영상회의 시스템의 오디오 지연 축소 기법", 정보과학회논문지, 제2권, 제4호, pp. 366-376, 1996.
- [5] Nancy Cox, *Lan Times Guide to Multimedia Networking*, McGraw-Hill, 1997