

로봇을 이용한 교량의 케이블 검사 시스템

CABLE INSPECTION SYSTEM USING ROBOT

백 영 인* 권 수 영**
Baek, Yeong In · Kwon, Soo Young

1. 시스템 개요

본 시스템은 사장교 형식 교량의 주요 구조부재인 케이블의 표면상태를 무인 원격로봇에 장착된 카메라를 이용하여 촬영, 기록하고 영상검색 소프트웨어를 이용하여 케이블 표면을 검사, 분석 및 관리하는 시스템이다. 본 시스템은 2000년 10월 현재 여수에 위치한 돌산대교에서 정상적으로 운영되고 있는 중이다.

2. 시스템 상세

건설 기술이 점차 발전해감에 따라 현수교나 사장교와 같이 높은 기술을 요하는 교량 구조물이 증가되고 있다. 특히, 최근에는 건설된 교량의 유지관리가 차지하는 비중이 점차 확대됨에 따라 이들 교량의 주요 요소를 항상 정확히 점검하고 이상이 있을 경우 이에 대해 적절히 대처해야 할 필요성이 증가되고 있다.

교량의 주요 요소인 케이블은 높은 위치에 자리한 주탑과 교량 도로부 사이를 연결하는 것으로, 이 케이블을 유지관리하기 위해서는 케이블의 상태를 정확히 파악하여야 한다. 케이블의 상태를 파악하는 기존의 방법 중 대표적인 것으로 육안점검법이 있으나, 이 방법은 지극히 어려울 뿐만 아니라 상당히 위험한 문제점이 있었다.

따라서, 사람이 직접 케이블에 올라가는 대신 무선으로 조종되는 로봇을 이용하여 케이블을 검사하면 안전하면서도 정확한 검사가 가능하다. 본 검사 시스템은 교량의 케이블 상태를 검사하기 위한 것으로, 로봇을 케이블에 장착한 후 케이블을 따라 이동시키면서 케이블의 표면을 촬영하여 촬영된 영상신호를 이용하여 케이블을 점검하는 방법으로 로봇, 로봇 조종기, 로봇으로부터 발생하는 영상 신호를 수신하고, 수신된 영상 신호를 기록하는 수신 및 기록 수단, 미리 설정된 영상 관리 방법에 따라 영상을 관리하며, 상기 촬영된 영상 신호로부터 케이블의 이상 유무를 판단하는 수단을 포함한다.

이외에도 로봇이 촬영된 영상신호로부터 케이블 표면에 이상이 확인된 경우 차후 수리를 위해 그 위치를 사람이 인식할 수 있도록 표시하는 수단과, 상기 로봇이 이동할 때 케이블에서 미끄러지거나 떨어지는 현상을 방지하기 위해 체결 압력을 조정하는 장치를 더 포함한다.

이하, 그림을 참조하여 본 시스템의 적용방법을 상세히 설명한다.

그림 1은 로봇을 이용한 케이블 검사 시스템을 개략적으로 도시하는 도면이다.

* 대림산업(주) 건설기술정보센터 부장

** 대림산업(주) 건설기술정보센터 대리

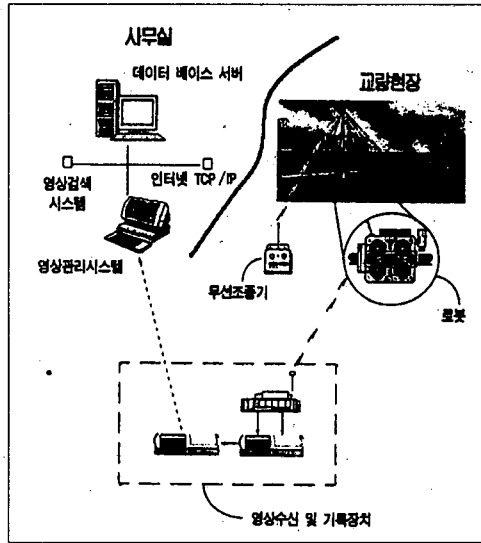


그림 1 케이블 검사 시스템 개략도

그림 1과 같이, 케이블 검사 시스템은 크게 교량 현장에 설치되는 부분과, 사무실에 설치되는 부분으로 구성된다. 교량 현장에 설치되는 부분은 로봇, 휴대용 무선 조종기, 영상수신 및 기록장치이고, 사무실에 설치되는 부분은 영상 관리 시스템이다.

실제 사용시에는 그림 1에서와 같이 현장과 사무실을 구분하지 않고, 모든 구성 요소가 현장에서 차량으로 지원될 수도 있고, 통신을 이용하여 로봇을 제외한 모든 구성 요소를 사무실에 배치할 수도 있다.

본 시스템의 적용방법을 좀 더 상세히 설명하면, 교량현장에 설치되는 케이블 검사 로봇은 케이블에 체결되며, 휴대용 무선 조종기를 이용한 운용자의 제어신호에 따라, 케이블 위를 이동하면서 케이블 표면을 촬영하고 촬영된 표면 영상 신호를 영상 수신 및 기록 장치로 전송한다. 지상용 무선 조정기의 기능은 지상에서 검사자가 케이블 검사 로봇을 원격 제어하는 역할을 수행한다. 지상에 설치되는 영상 수신 및 기록 장치는 로봇에서 송신된 영상정보를 수신장치를 통해 수신하며, 수신된 영상을 내부의 기록저장매체(비디오 테이프 레코더 등)에 저장한다. 영상 관리 시스템은 영상수신 및 기록장치에서 제공되는 케이블 표면의 영상 신호를 받아서, 이를 미리 설정된 관리방법에 따라 관리하여 케이블의 이상 유무를 판단한다. 케이블의 이상유무 판단은 필요한 경우, 점검이력관리, 영상저장관리 등을 통해 이루어진다.

영상검색 소프트웨어는 지상수신 시스템에서 기록한 케이블 표면영상정보를 필요시 기록관리하며, 케이블에 대한 점검이력관리를 수행한다. 운영 환경은 클라이언트/서버 환경이고, 영상정보 기록관리는 MPEG/JPEG을 통하여 영상정보를 동영상 또는 정지화상으로 관리할 수 있다.

영상정보는 영상정보 기록시 점검이력과 함께 정보로 관리한다. 점검이력관리는 케이블에 대하여 별도의 이력관리를 수행하고, 영상정보 위주의 점검이력관리를 수행한다. 여기서 영상정보/점검이력정보의 데이터베이스 활용으로 타 시스템으로의 지원도 가능하다.

다음 그림 2 및 그림 3을 참조하여 검사로봇을 설명한다. 그림 2는 로봇의 외형을 나타낸 도면이고, 그림 3은 검사 로봇의 내부 구성에 대한 블록도이다.

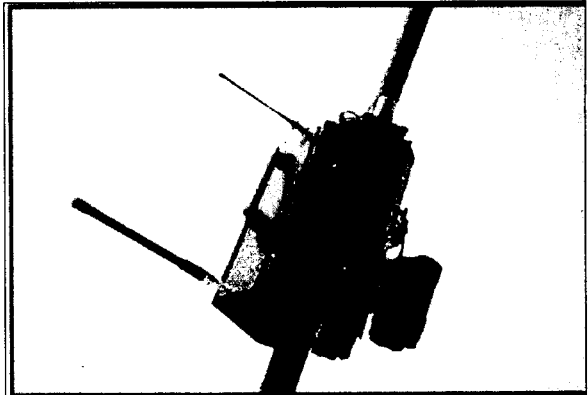
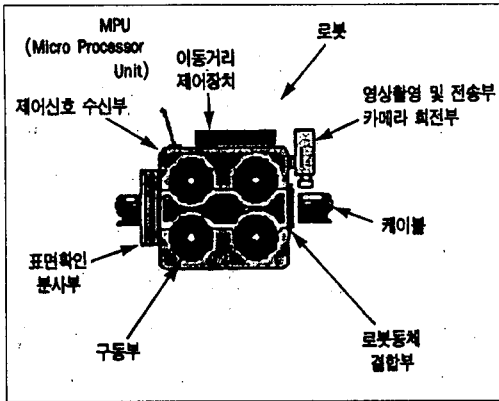


그림 2 로봇의 외형

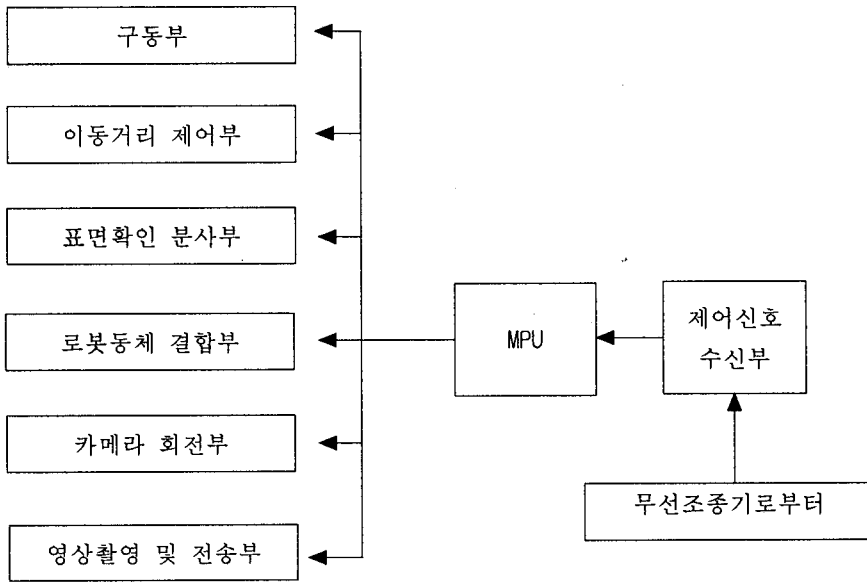


그림 3 로봇의 내부 구성 블록도

제어신호 수신부는 지상으로부터 무선으로 전송되는 명령을 수신하여 바로 아래에 기술되는 마이크로 프로세서 유닛(MPU : Micro Processor Unit)에 전달한다. MPU는 지상으로부터 수신된 명령에 따라 로봇의 다른 모든 구성 요소를 제어한다. MPU에 의해 제어되는 구성 요소는 다음과 같다. 로봇동체 결합부는 로봇이 이동할 때 케이블에서 미끄러지거나 떨어지는 현상을 방지하기 위해 체결 압력을 조정하는 장치이다. 카메라 회전부는 2개 이상으로 구성되는 카메라가 케이블이 원형인 관계로 발생될 수 있는 사각을 없애기 위해 케이블 표면을 따라 회전시키는 기능이다. 영상 촬영장치 및 전송부는 케이블 표면을 촬영하여 촬영된 영상을 지상으로 송신하는 장치이다. 이외에도, 표면 확인 분사부는 케이블 표면에 이상이 확인된 경우 차후의 수리를 위해 그 위치를 사람이 인식할 수 있도록 표시하는 장치이며, 구동부는 MPU가 지정하는 방향과 거리로 이동하기 위해 구동 모터(도시안됨)를 제어

하는 장치이다. 또한, 이동거리 제어부는 이동한 거리 또는 이동할 위치를 파악하기 위해 거리를 기억하는 장치이다. 본 도면에는 도시되어 있지 않지만, 로봇의 상태 정보, 예를 들면, 이동 및 동작정보를 발생시키고 이를 송신하는 장치도 포함된다.

그림 4는 그림 1에 도시된 영상수신 및 기록장치의 상세 블록이다. 그림 4에 도시된 바와 같이, 이 장치는 로봇이 촬영한 케이블 영상신호를 수신하는 영상신호 수신부와, 로봇이 케이블 위를 이동하면서 케이블을 검사한 상태 정보 데이터를 수신하는 로봇 모니터링 데이터 수신부 및 이들 두 수신부의 신호를 결합하는 영상 신호 및 모니터링 데이터 결합부 및 결합된 신호를 녹화하는 영상신호 기록부로 구성된다. 영상을 녹화할 때 사용하는 녹화방식으로서, 아날로그 방식이나 디지털 방식을 사용할 수도 있다. 영상정보 생성은 문자발생기를 통한 정보영상에 기록/발생하고, 화면 혼합기를 통해 영상을 합성하며, 카메라의 영상정보를 한 화면으로 관리하여, 이동거리, 시간, 날짜정보 등을 합성 관리한다. 외부 인터페이스로서 그림 1에서 설명한 영상관리 시스템에 연결된다.

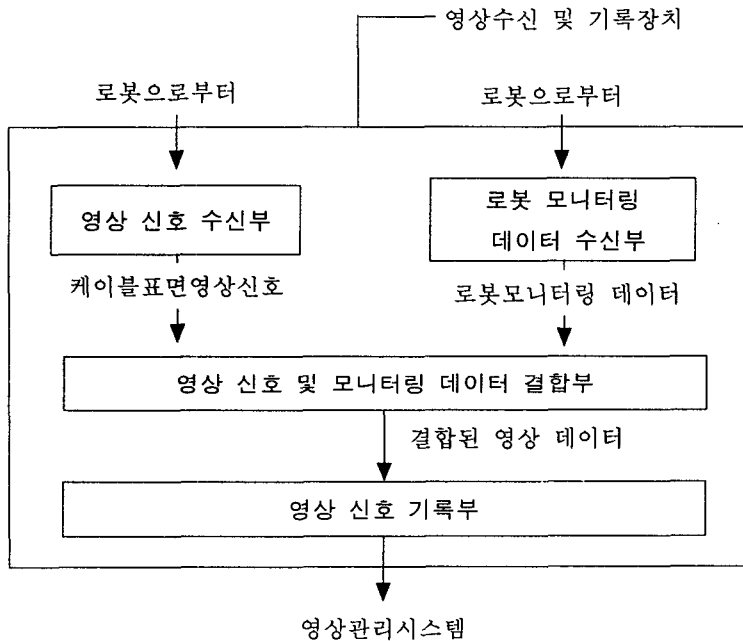


그림 4 그림 1의 시스템 중 영상 수신 및 기록장치

이와같은 구성으로 이루어진 로봇을 이용한 케이블 검사시스템의 작동순서는 다음과 같다. 먼저, 로봇의 몸체를 케이블에 고정하고, 로봇과 무선조종기, 영상수신 및 기록장치에 전원을 공급한 후 로봇과 무선조종기의 통신작동상태(예를 들면, 전/후진, 카메라동작상태 등)를 확인한다. 로봇과 조종기에 전원이 공급되면 로봇의 초기화상태가 조종기의 디스플레이 패널 상에 출력된다. 로봇은 전원공급과 동시에 카메라의 영상을 영상수신장치로 전송한다.

로봇의 초기화과정이 실행되면 이동거리 카운터가 0으로 조정된다. 로봇의 이동은 저속과 고속으로 구분하여 작동 가능하다. 로봇의 초기화 및 작동상태가 확인되면 케이블의 표면검색을 시작한다. 로봇의 카메라는 사각을 없애기 위해 180도 회전이 가능하다 (회전동작은 휴대용 조종기로 조종한다). 영

상수신 및 기록장치 및 조종기의 LCD상에는 로봇의 이동 및 동작정보가 수신되고 이를 저장하고 영상처리를 행하게 된다.

본 고에서는 교량의 케이블을 예를 들어 설명하였으나, 교량의 케이블과 유사한 다른 구조물에 설치된 케이블도 검사 가능하다.

3. 특허내용

본 시스템은 특허등록 제 0228137호로 다음과 같은 내용에 대해 특허 청구되어 있다.

1) 교량의 케이블 검사 시스템

케이블에 체결되며, 케이블을 따라 이동하면서 케이블의 표면을 촬영하여 촬영된 영상 신호를 발생하는 로봇, 로봇을 제어하는 로봇 조종 수단, 로봇으로부터 발생하는 영상 신호를 수신하고, 수신된 영상 신호를 기록하는 수신 및 기록수단, 수신 및 기록수단에 연결되며, 미리 설정된 영상 관리 방법에 따라 영상을 관리하며, 촬영된 영상 신호로부터 케이블의 이상 유무를 판단하는 수단을 포함하는 로봇을 이용한 교량 케이블 검사 시스템.

2) 1)항에 있어서,

로봇은 로봇 조종 수단으로부터의 제어 신호를 수신하는 수단, 제어 신호에 따라서 적어도 한가지 이상의 제어 동작을 수행하는 제어 수단, 제어 동작 중 하나에 응답하여, 케이블을 따라 위치 이동하는 수단 및 제어 동작 중 하나에 응답하여 상기 케이블 표면을 촬영하고, 촬영된 영상 신호를 상기 영상 수신 및 기록 수단으로 송신하는 촬영 및 송신 수단을 포함하는 로봇을 이용한 교량의 케이블 검사 시스템.

3) 2)항에 있어서,

로봇이 촬영된 영상신호로부터 케이블 표면에 이상이 확인된 경우 차후의 수리를 위해 그 위치를 사람이 인식할 수 있도록 표시하는 수단을 더 포함하는 로봇을 이용한 교량의 케이블 검사 시스템.

4) 2)항 또는 3)항에 있어서,

로봇이 이동할 때 케이블에서 미끄러지거나 떨어지는 현상을 방지하기 위해 체결 압력을 조정하는 장치를 더 포함하는 로봇을 이용한 교량의 케이블 검사 시스템.

4. 시스템 이용효과

본 시스템은 다음과 같은 이용효과를 얻을 수 있다.

- 1) 케이블의 일상점검을 무인로봇이 수행하므로써 점검자의 안전 확보
- 2) 케이블 점검 및 분석에 필요한 업무의 자동화로 업무소요시간 단축
- 3) 점검자의 주관을 배제한 객관적이고 정량적인 점검결과의 확보
- 4) 축적된 케이블 관리이력 데이터 베이스를 활용하여 향후 전문가 시스템 구축의 기틀 마련

5. 향후 활용성

본 시스템은 향후 다음과 같은 활용성을 갖고 있다.

- 1) 카메라 대신 비파괴 장비를 탑재, 케이블의 내부상태를 점검할 수 있도록 개발예정
- 2) 서해대교와 같은 경우, 케이블 보호관 용접부의 결함 탐지 등에 적용 가능