

이동형 CCTV 장치를 이용한 공동구 모니터링 방법*

강진아^{1*} · 김태훈¹ · 오윤석¹ · 최현상¹

Monitoring Method Using Moving CCTV in Common Duct*

Jin-A KANG^{1*} · Tae-Hoon KIM¹ · Yoon-Seuk OH¹ · Hyun-Sang CHOI¹

요 약

도시 팽창과 신도시 개발로 도로, 전기, 상하수도 등의 7대 지하시설물의 안전에 대한 관심이 대두되고 있다. 특히 상하수도, 가스관 등을 수용하고 있는 공동구 설치 및 관리 방법이 대안으로 제시되고 있으나, 기존 공동구 시설은 국가 보안지역으로 묶여 관련 관리 기술에 대한 연구가 많이 이루어지지 못하였다. 특히 기존 인력에 의존하여 운영하는 현 방식은 실시간으로 긴박하게 발생하는 사건·사고에 적절히 대처하기 어려울 뿐만 아니라, 공동구내부에 화재 발생이나 가스 유출 사고 발생 시 접근조차 불가능하며 사고에 대한 상황파악이나 대처가 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 한국건설기술연구원내 설치되어 있는 실증실험장(TestLab)내에 설치되어 있는 공동구에서 무인 모니터링 장치를 설치하는 방법과 상수도관을 중심으로 시설물 관리 방법과 전체 모니터링을 위한 CCTV 영상 자료 처리 방법을 제안하고자 한다. 본 기술의 적용은 공동구내부에 실시간 모니터링이 가능하며, 사건·사고 발생 시 신속한 접근 및 대처가 가능하다.

주요어 : 공동구, 이동형 CCTV, 모자익, 실시간 모니터링

ABSTRACT

There has been the increasing concern with the safety of seven major urban infrastructure such as road, electricity, water supply, sewerage and so on due to urban expansion and new town development. However, high technology development for the common duct which can be an alternative for the safety issue has not been completed due to the law of the national security area. Existing management method of the

2011년 6월 19일 접수 Received on June 19, 2011 / 2011년 8월 8일 수정 Revised on August 8, 2011 / 2011년 11월 8일 심사완료 Accepted on November 8, 2011

* 이 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(06국토정보C01)에 의해 수행되었음.

1 한국건설기술연구원 U-국토연구실 Ubiquitous Land Research Division, Korea Institute of Construction Technology

※ 연락처자 E-mail : jakang@kict.re.kr

common duct by people could not respond to the urgent accidents adequately and immediately since it is impossible for us to get access to that in case of fire or gas leak. This study suggests to the method of installing monitoring devices and processing CCTV images with a water supply in a TestLab(a variety of the USN(Ubiquitous Sensor Network) equipment was tested in the TestLab in KICT). The suggested management method of common duct facilities make it possible to do real-time monitoring and prompt access and response to an accident inside the common duct.

KEYWORDS : *Under Ground Facilities, Moving CCTV, Mosaic, Real-Time Monitoring*

서 론

공동구란 전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등 지하매설물을 공동 수용함으로써 미관의 개선, 도로구조의 보전 및 교통의 원활한 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물을 말한다(국토의계획및이용에관한법률 제2조9).

공동구는 인구증가와 도시화 현상으로 인해 도시기반시설의 수요가 확대됨에 따라 도시 공급처리시설으로써 공동구의 중요성이 인식되어 최근에 많이 대두되고 있다. 이러한 공동구는 보행자의 쾌적한 통행공간확보 및 교통문제 해결, 지하공간을 이용한 재해방지, 관리상의 경제적 효과 등 다양한 장점을 지니고 있다. 공동구는 일반적으로 공급기능에 따라 간선공동구와 공급공동구로 분류되는데, 간선공동구는 가스, 전기, 수도, 통신 등 시설물들의 메인라인을 수용할 목적으로 주로 차도의 지하에 설치하는 것을 의미하고, 공급공동구는 일반구라고도 하여 대규모 단지에 직접 서비스를 목적으로 건물주가 건축허가를 받아 보도부의 지하에 주로 설치하는 것을 의미한다(박형주 등, 2000).

우리나라 최초의 공동구는 1969년 여의도 개발 당시 계획, 건설하였던 것을 시작으로 1970년대는 주로 서울 및 부산지하철 노선과 같이 병행하여 건설하였고, 1980년대와 1990년대에는 신도시 개발 시 공영개발방식에 의해 건설되었으며, 2000년대 이후에는 국가 주도의 개발사업 위주로 설치되었다. 이렇게

건설된 국내 공동구 규모는 현재 전국에 21개(기타 공동구는 119개)소가 존재하고, 총 연장은 약 106km에 이르고 있다.

그러나 공동구는 초기 설치비용이 과다하며, 유지관리의 부담이 크다는 문제점을 가지고 있다. 특히 공동구 유지관리비용은 개별매설비용에 비해 높은 수준을 보이고 있으며 관리소 운영비, 관리인력 인건비를 포함하는 점검 및 진단 비용 등이 추가로 발생 등의 문제점이 공동구의 설치를 저해하는 요인으로 작용하고 있다. 그리고 현재 인력에 의한 수동적 관리에 의존하기 때문에 공동구내의 긴급 사고 발생 등에 대하여 실시간 대처하기가 미흡하다는 단점도 가지고 있다(박형주 등, 2000).

현재 인력에 의한 수동적인 공동구 관리, 재해재난에 대한 소극적 대처 및 도시공급시설의 확대에 따른 도시내 공동구 관리 방안 부족 등에 대한 대안으로 본 연구에서는 효율적인 공동구 관리 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 공동구를 실시간 모니터링하기 위해 그림 1과 같이 레일을 이용한 이동형 CCTV와 영상모자이크 기법을 이용하여 시설물을 모니터링하는 방안을 제시하고자 한다.

기존 공동구 관리 방식은 사람이 직접 공동구에 들어가 내·외부를 일상(일)·상시·정기점검(분기) 단위로 육안 관찰하는 방법을 사용하고 있다. 이를 본 연구에서는 이동형 CCTV를 사용하여 일상점검(상시점검, 일상점검)을 수행하고, 정기점검은 상시점검과 일상점검 모니터링 자료를 기반으로 과거와 현재

의 상태를 비교하는 시계열적 분석을 통해 정기점검을 정확하게 실시할 수 있는 방법을 제안한다. 또한 본 연구에서 개발된 기술들을 사용하며 공동구의 능동적 관리, 유지관리(인건비) 절감, 사건·사고의 실시간 대처가 가능하다.



FIGURE 1. 기존 CCTV 모니터링 방식(좌)과 본 연구에서 제안하는 모니터링 방식(우) 비교

선행 연구

박형주 등(2000)의 해외 공동구 운영실태 관련 자료에 의하면 선진국의 경우 ‘공동구 정비 등에 관한 특별조치법’ 등의 법제조항에 의거하여 공동구의 통합 구축 및 관리(일상점검, 정밀 진단)를 명시하고 있으며, 공동구 주요 출입구에 CCTV를 설치하여 보안에 대비하고, 자동감지 경보설비 및 자동소화설비를 의무화하고 있다고 조사되었다.

또한 지하터널에서의 CCTV 활용사례로 프랑스 A86 대심도 지하터널을 들 수 있으며, 사고 및 화재 등 긴급 상황을 감지하기 위해 CCTV 카메라(80m간격)와 화재감지설비를 설치하여 교통사고 및 화재 등으로 차량이 정지하거나 차량의 흐름에 이상이 생기면 10초 이내에 자동으로 사고를 감지할 수 있는 시스템이 계획되어 있다(그림 2). 해당 시스템에서는 터널내 교통사고, 화재 및 스모그, 저조명 상태 검출 조기경보, 역주행 차량(Wrong direction vehicle) 존재 검출, 정지차량

(Stopped vehicle) 존재 검출, 차량속도(0~150Km/h), 점유율, 기타 교통정보 등을 제공할 수 있다.



FIGURE 2. 프랑스A86 동터널 설계도(소방방재청, 2008)

국내에서는 주성호 등(2004)은 전력선 통신을 이용한 지하공동구 종합감시제어 시스템을 제시한 바 있으며, 고비용의 통신케이블을 대신하여 기존에 설치된 공동구의 전등용 저압 전력선을 통신선로로 이용하는 전력선 통신기술을 기반으로 지하공동구의 감시 및 제어를 가능하게 하는 시스템을 제안하였다(그림 3).

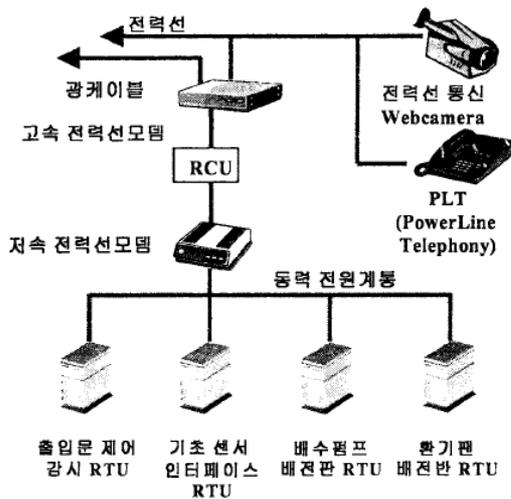


FIGURE 3. 전력선 통신을 이용한 지하공동구 감시제어시스템 개념도(주성호 등, 2004)

해당 시스템에서는 다양한 설비에 대한 데이터 전송이 가능한 고속 및 저속 PLC 모델의 개발 및 지하공동구 환경에 적합한 통신프로토콜 설계, 전력선 통신 중계장치 개발, 각종 계측 및 감시용 센서로부터 정보를 수집하고 현장설비를 제어하기 위한 원격 감시제어 단말장치(RTU) 및 인터페이스 개발 등을 포함하고 있다.

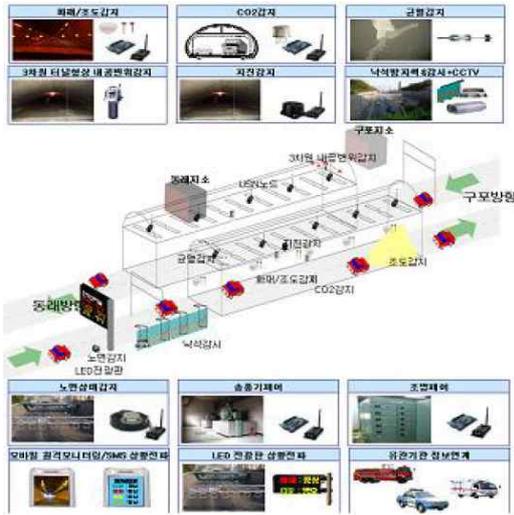


FIGURE 4. u-IT기술을 이용한 터널 안전관리 모니터링 시스템(김도형, 2007)

김도형(2007)은 그림 4와 같이 부산의 제2만덕터널을 대상으로 CCTV 및 구조물, 노면, 화재, 공기, 조명센서 등을 이용한 u-IT 기반 터널 안전관리 모니터링시스템을 구축한 바 있다. 해당 시스템은 터널 내부의 환경(조도, CO2, 화재/연기 감지) 부문과 내외부의 안전(3D 변형, 지진, 크랙, 도로 노면, 낙석) 부문 및 CCTV, 전광판시스템, SMS 그리고 통합정보시스템으로 구성되어 있으며, 각 단위시스템은 시설관리소 지소 내부 사용자를 위한 C/S형태와 외부에 위치한 본사와 시설관리소를 위한 웹 시스템으로 이루어져 있다. 특히 CCTV 부문은 터널내부 사고발생 시 CCTV와 연계되며, 출입구 낙석 그물망 센서

와도 연계되어 사고발생지점을 모니터링하도록 하는 방법을 연구하였다. 이러한 기존 사례들을 조사·분석한 결과는 지하터널 및 공동구에 CCTV, 각종 감지 센서, 유무선통신망 등 IT기술들을 활용하여 현장을 모니터링하려는 다양한 연구들이 시도되고 있었으나, 본 연구에서 추진하려는 이동형 CCTV를 이용한 연구사례는 없었으며, CCTV가 모니터링을 위한 메인수단이라기 보다는 주요 지점에 대한 출입을 관찰하는 보조수단으로 사용되고 있는 것을 알 수 있었다.

연구 방법

기존 지자체의 공동구 관리 방법은 사람이 직접 내·외부를 주나 일단위로 공동구 내부 시설물 육안분석을 진행하고 있으며, 연당 4회 수용 및 유관기관과 합동으로 구조물 및 시설물의 기능을 정밀 진단하고 있다. 일부 공동구에서는 출입문에 침입감시용 CCTV나 USN 센서등을 설치하여 화재, 연기를 감시하기 위한 시범 사업을 진행하였으나, 출입위주로 감시하기 위해 소수의 CCTV를 설치하였으며, 공동구내 시설물 관리나 전체를 모니터링하는 목적으로 설치되지는 않았다. 예를 들어 상수도 센서를 1km마다 한 개씩 설치한다고 가정하면, 센서와 센서사이 1km안에서 발생하는 사고는 확인이 안되는 문제를 가지고 있으며, 또한 사고후, 관리자가 직접 공동구내로 들어가서 사고 지점까지 통로로 이동해야 하기 때문에 사고 대처 방법으로 적절하지 못하다. 그래서 본 연구에서는 CCTV를 이용한 공동구내 관리방법과 기존 공동구 관리 방법 중 정기점검을 일일점검 영상자료를 사용하여 관리할 수 있도록 모자이크(Mosaic) 제작방법을 제안하고자 한다.

첫째, 공동구내 이동형 CCTV 설치하여 관리하는 방법을 제안한다. CCTV 설치는 고정형, 이동형으로 설치하는 방법으로 나눌 수 있다. 이후부터는 전자를 고정형, 후자를 이동형이라 지칭한다. 고정형의 경우, 설치비용이

적게 소요되지만 좁은 긴 공동구내에서는 촬영폭이 좁아 공동구내에서 모니터링의 실효성에 문제를 가진다. 그러나 이동형의 경우, 초기설치비용이 많이 소요되는 단점이 있지만, 움직임을 통해 CCTV가 촬영할 수 있는 범위를 넓게 만들어서 수십~수백대의 CCTV 촬영 효과를 가지며, 이동을 통한 사건/사고 대응이 신속하다는 장점을 가지고 있다.

둘째, CCTV를 이용한 공동구 관리 방법의 효율성을 높이기 위해 모자이크 방법을 제안한다. 효율성을 입증하기 위해 고정형과 이동형 CCTV 영상을 비교하였으며, 각각에 대한 모자이크 과정을 진행하여 모자이크 영상을 제작·비교하였다. 그림 5와 같은 방법으로 연구를 진행하였는데, 먼저 모자이크 영상의 위치 정확도 향상시키기 위해 영상왜곡보정 과정을 진행하였으며, 시점 변환을 위한 좌표변환, 영상을 접합하기 위해 특이점 추출 및 모자이크 과정 순으로 진행하였다.

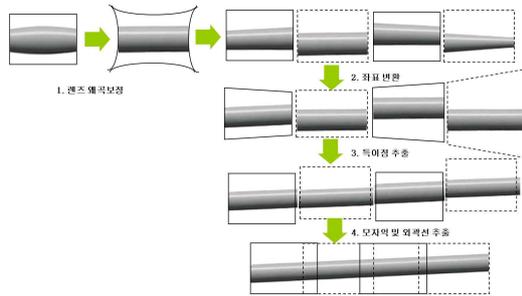


FIGURE 5. 영상 취득 및 모자이크 과정 개념도

1. CCTV 설치

공동구 내부에 CCTV를 설치할 수 있는 방법은 크게 고정형, 이동형으로 나눌 수 있다. 그림 7과 같이 고정형 CCTV의 경우, 관측 위치는 고정된 상태에서 방향만 바뀌어서 영상을 촬영하게 되고 그림 8과 같이 이동형 CCTV의 경우 관측 방향은 고정된 상태에서 위치가 바뀌면서 촬영하게 된다.



FIGURE 6. TestLab(한국건설기술연구원)

그러나 좁고 긴 공동구의 경우, 카메라의 촬영거리가 짧기 때문에 촬영 범위가 좁으며, 본 연구에서 실험을 진행한 그림 6의 TestLab¹⁾에서는 촬영범위가 3m내외로 나타났다. 일부 지자체의 공동구 내부에 고정형 CCTV가 설치되어 있지만, 만약 공동구 전체를 대상으로 상황정보 및 시설물 상태정보를 획득하기 위해서는, 일반적으로 공동구의 길이가 약 10km 내외이므로 수백대 CCTV 카메라가 필요하게 된다.

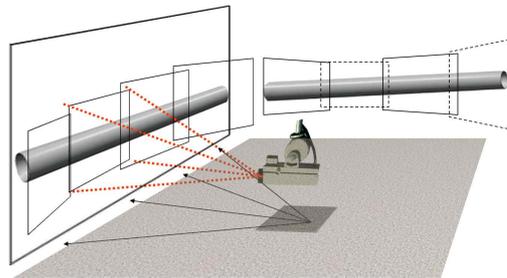


FIGURE 7. 고정형 CCTV 설치 개념도

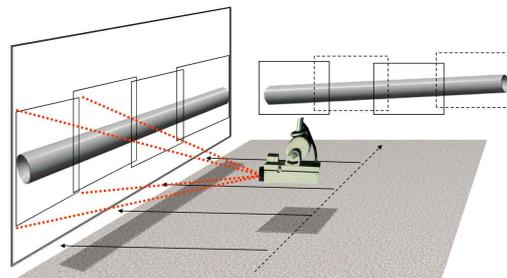


FIGURE 8. 이동형 CCTV 설치 개념도

2. 왜곡보정

일반적으로 카메라 렌즈는 왜곡을 가지고 있으며, 모자이크 영상을 제작하기 위해서는 왜곡이 없는 영상으로 모자이크 영상을 제작하면, 정확도가 향상된다(김대현과 최종수, 2001). 카메라 렌즈 왜곡은 방사왜곡(Radial distortion), 비중심왜곡(Decentering distortion), 접선왜곡(Tangential distortion)의 3가지로 나눌 수 있다. 저가형 렌즈의 경우 방사 왜곡과 비중심 왜곡이 많이 발생하게 되는데, 특히 방사왜곡 중 가운데 격자의 크기가 가장 크게 나타나는 Barrel distortion 현상이 많이 발생한다. 그림 9는 공동구 내부에서 발생하는 렌즈 왜곡 현상을 도식하였는데, 공동구는 촬영거리가 짧고, 화각이 좁아 렌즈 왜곡이 더 많이 발생하게 된다(Wolf *et al.*, 2000).

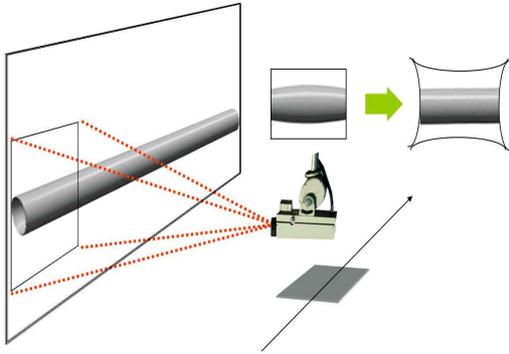


FIGURE 9. 렌즈 왜곡 보정

3가지 왜곡 중 X, Y 방향에 대한 방사왜곡은 다음의 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} x_{\text{방사왜곡량}} &= x_j(1 + k_1r_j^2 + k_2r_j^4 + k_3r_j^6) \\ y_{\text{방사왜곡량}} &= y_j(1 + k_1r_j^2 + k_2r_j^4 + k_3r_j^6) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 (x_p, y_p) 은 사진 주점 offset을 의미한다. X, Y 방향에 대한 비중심왜곡량은 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} x_{\text{비중심왜곡량}} &= \\ &(1 + p_3r_j^2 + p_4r_j^4)[p_1(r_j^2 + 2x_j^2) + 2p_2x_jy_j] \\ y_{\text{비중심왜곡량}} &= \\ &(1 + p_3r_j^2 + p_4r_j^4)[2p_1x_jy_j + p_2(r_j^2 + 2y_j^2)] \end{aligned} \quad (2)$$

PP offset (x_p, y_p) , 방사왜곡 (k_1, k_2, k_3) , 그리고 비중심왜곡 (p_1, p_2) 을 도입한 통합 관측 방정식은 식 (3), 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} F=0 &= x_j - x_p - x_j(1 + k_1r_j^2 + k_2r_j^4 + k_3r_j^6) \\ &- (1 + p_3r_j^2 + p_4r_j^4) \\ &[p_1(r_j^2 + 2x_j^2) + 2p_2x_jy_j] + f_x \frac{r}{q} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} G=0 &= y_j - y_p - y_j(1 + k_1r_j^2 + k_2r_j^4 + k_3r_j^6) \\ &- (1 + p_3r_j^2 + p_4r_j^4) \\ &[2p_1x_jy_j + p_2(r_j^2 + 2y_j^2)] + f_y \frac{s}{q} \end{aligned} \quad (4)$$

3. 모자이크

시점이 다른 복수개의 영상에서 한 장의 영상으로 합성하는 방법을 이미지 모자이킹이라고 한다. 서로 다른 시점에서 취득된 영상간에는 선형관계를 가지며, 이 관계를 원근변환식(Perspective Transform)이라고 하며, 그림 10과 같이 3차원 공간의 한 점이 서로 다른 시점을 갖는 서로 다른 영상 평면으로 투영되는 관계를 보여주게 된다. 본 연구에서 사용한 방법은 영상과 영상 간에 카메라 회전 성분만이 존재한다고 가정한 후, 최초 영상을 기준 영상으로 정하여 기준 영상과 이외의 다른 영상과의 투영 관계를 그림 11과 같이 순차적 레지스터링 계수를 사용하는 방법으로 투영 변환하였다(김대현과 최종수, 2001).

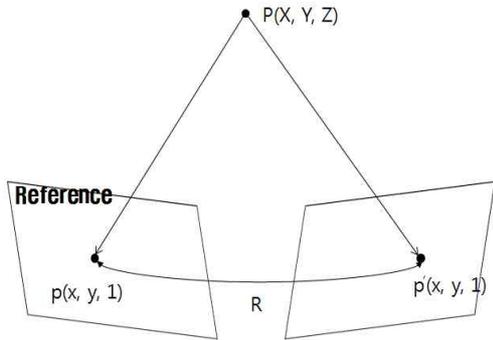


FIGURE 10. 영상의 투영관계

또한 영상과 영상을 통일 평면상으로 만들어주기 위해 실린더 투영을 위해 식 (5)와 같은 관계를 이용하여 실제계 좌표 $P(X, Y, Z)$ 를 2차원 실린더 좌표 (θ, ν) 로의 변환식은 식(5)와 같다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{f}\right), \nu = \frac{y}{\sqrt{x^2 + f^2}},$$

$P(x, y)$: 영상좌표

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{Z}\right), \nu = \frac{y}{\sqrt{x^2 + Y^2}},$$

$P(X, Y, Z)$: 실제계 좌표
원통좌표계 (θ, ν) (5)

그림 11과 같이 기준영상에서부터 원근변환식을 순서대로 계산하여 모자이크과정을 진행하게된다.

기준영상

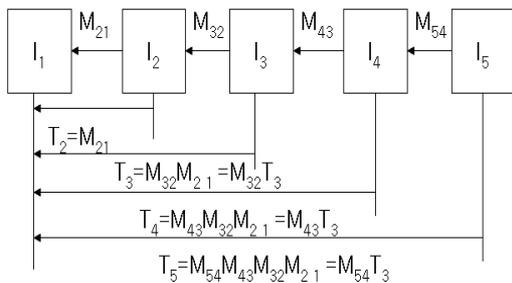


FIGURE 11. 순차적 레지스터링

실험 내용

본 연구는 공동구 내부를 모니터링 할 수 있는 방법을 고정형, 이동형 CCTV의 두 가지 방법에 대해 이론적 고찰을 통해 모델을 만들고, 한국건설기술연구원내 운용중인 TestLab (실증 실험장)내 공동구에 설치하여 실험을 실시하였다. 특히 이동형 카메라의 경우 무선으로 이동체와 카메라의 조정이 가능하고, 웹으로 모니터링할 수 있도록 시스템을 구현하였다.

1. 고정형 CCTV 실험

TestLab(실증실험장)내 30m 길이의 공동구에 고정형 CCTV 카메라를 설치하고 모자이크 실험을 실시하였다. 그림 12와 같이 TestLab내 공동구에서 모자이크를 위한 영상을 촬영하였다. 공동구 왼쪽 끝에서 오른쪽 끝까지 회전하면서 영상을 촬영하여 총 길이 30m의 공동구를 포괄할 수 있도록 촬영하였다. 현재 일상정검은 사람이 공동구 내부로 들어가 이상유무를 확인하는데, 고정형 CCTV를 사용하면 설치가 쉽고 가격이 저렴하나 촬영폭이 좁은 한계를 가진다. 그리고 고정형, 이동형 CCTV은 같은 기종의 다른 기기를 사용하였으며, CCTV 사양은 아래와 같다.



FIGURE 12. TestLab 공동구 내부의 CCTV

종류	SPD-1000(삼성)
CCD	1/4", 41만 화소
최저조도	0.0007Lux
화각	H 51.2°-5.58°, V 39.3°-4.27°
줌	2-10배

영상보정은 2차원 종이타겟을 고정식, 이동식 CCTV로 찍은 영상으로부터 격자점을 추출하고, 이를 보정식에 적용하는 그림 13의 보정 프로그램을 이용하여 보정하였다. 고정된 CCTV로 타겟을 촬영한 영상은 그림 14와 같고 이를 이용하여 보정계수를 산출한 결과는 아래와 같다(강진아 등, 2009).

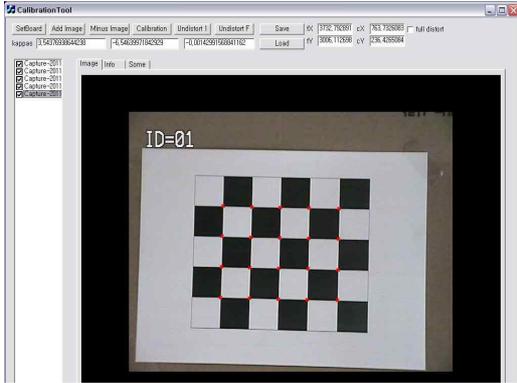


FIGURE 13. 영상보정 프로그램



FIGURE 14. 왜곡보정 전 영상

cx: 87.6630521211	K1: 2.4510876525
cy: 237.0628392171	K2: -9.8121505657
fx: 2831.5750073262	K3: -0.0117667144
fy: 2351.1326806344	

위의 보정계수를 사용하여 타겟영상을 보정한 영상은 그림 15와 같다.

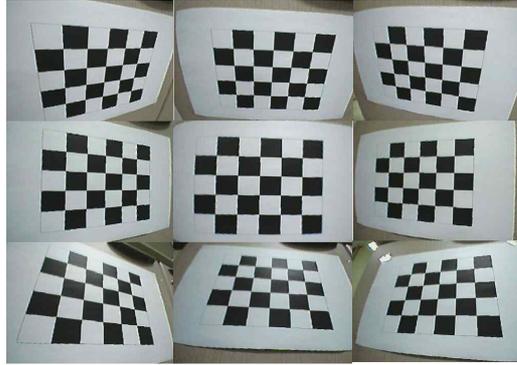


FIGURE 15. 왜곡보정 후 영상

그림 16은 공동구 내부를 촬영된 영상이고, 그림 17은 이를 왜곡 보정한 결과이다.



FIGURE 16. 고정된CCTV를 이용하여 촬영한 영상



FIGURE 17. 왜곡보정한 영상

그림 18은 왜곡보정된 영상을 실린더 투영 변환을 실시한 결과이다.



FIGURE 18. 실린더 투영 변환된 영상

그림 19는 투영변환을 거친 영상을 모자이크 과정을 수행한 결과 영상이다. CCTV는 고정 설치되어 있어, 촬영된 영상 중심에서 외곽으로 벗어날수록 왜곡이 심해 대상 객체를 알아보기가 어렵고, 대상 파이프의 형상에 대한 정확한 정보를 인지하기 어려운 결과가 나타났다.



FIGURE 19. 공동구 모자이크 영상(고정형)

2. 이동형 CCTV 실험

일반적으로 공동구의 모니터링을 위해 고정형 CCTV의 경우 시야각 한계와 영상왜곡의 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 레일과 이동형 CCTV를 이용한 공동구 모니터링 방법을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제작한 이동형 CCTV는 레일, 주행대행장치, CCTV, 전원

공급장치, 제어컨트롤러부로 구성되었는데 이 장치에 대한 특징은 표 1과 같다.

한국건설기술연구원내 TestLab에 있는 30m 길이 공동구내에 레일을 시공하여 실험을 진행하였으며 이 장치는 무선으로 조정이 가능하도록 설계되었다. 하드웨어는 무선통신부, 영상전송부, 제어컨트롤러부로 나뉘며, 하드웨어를 제어하는 소프트웨어 제어 흐름도 및 동작환경은 그림 20과 같다. 소프트웨어는 시스템의 모니터링 장치를 원격으로 제어할 수 있도록 개발하여 관제실에서 공동구내 장치의 위치, 속도, 비디오 영상, 조명 등의 제어와 현재 통신연결, 위치상태, 동작상태, 비디오 영상을 수신하여 작업자에게 제공하는 기능을 담당한다.

TABLE 1. 이동형 CCTV 특징

구성	내용
레일	<ul style="list-style-type: none"> - 주행대행장치가 움직일수 있도록 만든케도 - 경량H형강으로 최대한 접합부를 적게 시공
주행대행장치	<ul style="list-style-type: none"> - CCTV부와 전원공급장치부, 통신부를 이동 모터 등을 사용하여 이동시킴 - 속도 최소 10m/sec 이상 - Rated RPM(회전수): 2500 RPM 이상 - Rated Torque(회전력): 20(kg.m) 이상
CCTV	<ul style="list-style-type: none"> - IP카메라로 광학10배,디지털10배이상 - 카메라 전원 공급 드라이버(DC24V, I/O 커넥터 제어 방식)
전원공급	<ul style="list-style-type: none"> - 주행대행장치와 CCTV부 등에 전원을 공급하기 위한 장치 - 암거 양끝단에 전원공급장치를 설치해야 하며, 주행대행장치는 정해진 작업이 끝나거나 관리자가 원할 경우, 전원공급장치로 이동하여 전원을 공급 받게 되는 구조
제어컨트롤러부	<ul style="list-style-type: none"> - 통신방식: 2.4GHz 무선송수신, RS485 제어방식 - 이더넷시리얼변환장포함:주행대행장치에 포함되며 TCP/IPethernet통신과 RS232/RS485 통신간에 데이터 변환을 수행함. - 무선공유기: 표준 규격 2.4GHz의 무선을 수신하여 관제실에 송신하는 중간 매개체 기능 수행 - 기능: 주행대행장치 전진, 후진 등을 제어

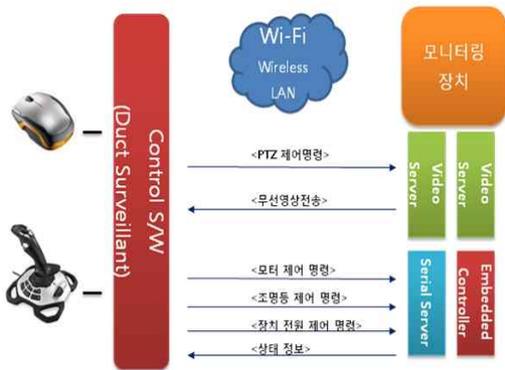


FIGURE 20. 소프트웨어 제어 흐름도

그림 21에서 ①은 TestLab에 설치된 이동형 CCTV를 무선으로 이동테스트를 진행하는 그림이고, ②번 그림은 공동구내 화재상황을 가장하여 임의로 연기를 발생시켜, 시야확보가 가능하도록 LED 조명 테스트를 진행하였다. ③은 이동체에 전원공급테스트으로써 이동형 CCTV의 임무를 끝나거나, 배터리 잔량이 20%이하일 경우, 제어명령이 3분 동안 없는 경우에 자동으로 레일 양끝단으로 이동하여 충전하는 테스트를 진행하는 그림이다.



FIGURE 21. 이동형 CCTV 장치

그림 22는 이동식 CCTV 모니터링 시스템 메인 화면으로 웹과 조이스틱으로 주행대행장치의 전후방향 이동과 카메라의 Pan, Tilt, 확대/축소 조정이 가능하도록 설계되었으며, 어두운 공동구 내부 환경을 감안하여 주행대행장치의 앞뒤로 LED 램프를 장착하였으며 조정·제어는 원격으로도 가능하도록 제작하였다.

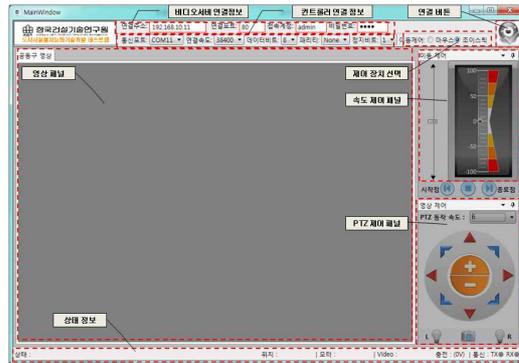


FIGURE 22. 이동형 공동구 모니터링 메인화면

그림 23은 고정된 카메라와 동일한 방법으로 이동형 CCTV를 이용하여 종이 타겟 영상을 촬영한 영상이다.

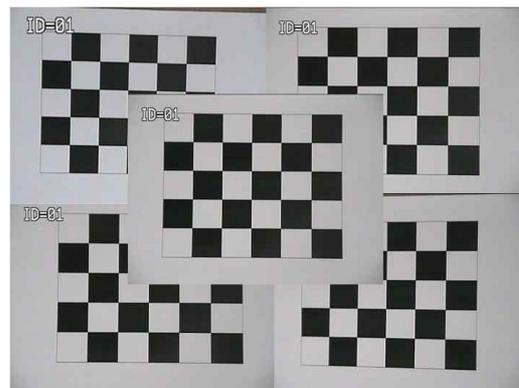


FIGURE 23. 이동형 CCTV 카메라 영상

이를 이용하여 보정계수를 산출한 결과는 아래와 같으며, 보정영상은 그림 24와 같다.

cx : 292.5570320382 kappa1 : 1.6896879223
 cy : 197.6268088222 kappa2 : 49.5211744056
 fx : 3046.4217278566 kappa3 : -0.0283173619
 fy : 2958.0088360071

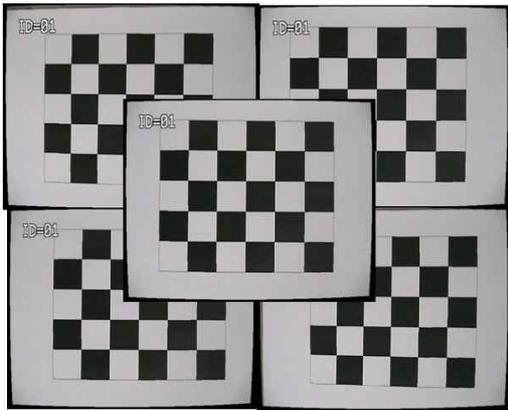


FIGURE 24. 이동형 CCTV 보정영상

그림 25는 이동형 CCTV로 촬영된 영상을 실린더 투영변환을 실시한 결과이다.



FIGURE 25. 투영변환

그림 26은 원근변환식(Perspective Transform)을 사용하여 모자이크 과정을 수행한 결과와 영상에서 시설물의 윤곽선을 추출하여 시설물의 상태를 실시간 및 주기적으로 파악할 수 있도록 Sobel Filter를 이용하여 얻은 결과 영상이다.

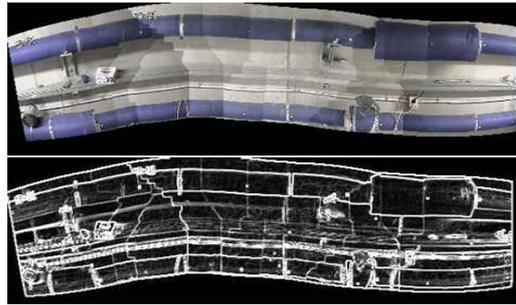


FIGURE 26. 모자이크 및 외곽선 추출(이동형)

결론

최근에 인구의 증가와 도시화 현상으로 도시 기반 수요시설인 공동구에 대한 인식이 높아지고 있다. 그러나 공동구는 보안 지역으로 관련 기술 개발이 원활히 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 CCTV를 이용하여 시설물을 관리 할 수 있는 모니터링 방법을 제안하였다. 이를 위해 고정형, 이동형 CCTV 장치를 한국 건설기술연구원내 TestLab에 제작 및 설치하였으며, 관제센터에서 실시간으로 공동구내 설치되어 있는 상수도관을 모니터링할 수 있도록 제작하였다. 또한 모자이크 영상을 제작하고 사용할 수 있도록 관리방법을 제안하였다. 고정형의 경우 공동구내에서 수평촬영폭이 3m로 이내로 나타났으며, 모자이크 영상은 외곽으로 갈수록 왜곡이 많이 발생하였고, 이동형을 이용할 경우에는 30m 길이의 공동구를 무선으로 관제센터에서 모니터링 할 수 있고, 수평 영상을 기반으로 모자이크 영상을 제작할 수 있었다.

그러나 공동구내 이동형 레일설치 공사에서 철도 레일처럼 레일과 레일사이의 온도 차이로 발생하는 팽창 때문에 빈공간을 두어 설치하였는데, 이 때문에 모자이크 영상이 매끄럽게 촬영되지 못하는현상이 발생하였다. 그러나 지하에 공동구를 매설될 경우, 공동구 내부 온도는 급격히 변하지 않으므로 공간을 주지 않고 설치하다면, 비정상적인 움직임은 해결

할 수 있을 것으로 판단된다.

현재 TestLab은 암거의 길이가 30m로 짧은 구간에 설치되어 있으나, 일반적으로 공동구는 지하공간에 수-수십 km에 이르기 때문에, 지하 장거리 통신 방법을 연구할 필요가 있다. 또한 본 연구와 더불어 관리에 효율성을 높이기 위하여 USN 센서(침입, 연기, 상수도, 가스 센서 등)와 이동형 CCTV를 통합·관리하는 방법에 대해 연구가 필요할 것으로 생각됩니다. **KAGIS**

주

- 1) 도시지상/지하시설물을 관리하기 위한 장치들을 실험하기 위한 한국건설기술연구원내 테스트사이트.

참고 문헌

- 강진아, 권광석, 김병국, 오윤석. 2008. 수치사진측량을 이용한 수중과이프 비디오 모자이크 영상 제작에 관한 연구. 한국지리정보학회지 11(4):150-160.
- 강진아, 남상관, 김태훈, 오윤석. 2009. 시설물 감시용 CCTV의 초광각 렌즈 왜곡보정. 한국측량학회지 27(3):323-330.
- 김대현, 최종수. 2001. 유사특징점을 이용한 모자이크 영상의 구성. 전자공학회문집. 38(4):381-391.
- 김도형. 2007. u-IT 기반의 터널 안전관리 모니터링시스템 구축. 한국IT서비스학회 추계 학술대회 논문집. 260-265쪽.
- 박형주, 지남용, 윤명호, 김상욱. 2000. 해외 공동구 운영실태를 통해본 국내 공동구에 적합한 방재대책의 수립. 한국화재소방학회 학술발표회집. 30-37쪽.
- 소방방재청. 도로터널 화재안정성 평가 및 가상현실기반 소방훈련시스템 개발. 85쪽.
- 조용재, 이영도, 정범석. 2007. 무선조종 헬기 영상을 이용한 절취단면의 토사유출인자 산정. 한국지리정보학회지 10(2):81-89.
- 주성호, 이태영, 박병석, 임용훈, 유동희. 2004. 전력선 통신을 이용한 지하공동구 종합감시 제어 시스템 개발. 전력전자학회 학술대회 논문집. 728-732쪽.
- Wolf, P.R., B.A. Dewitt and B.E. Wilkinson. 2000. Element of Photogrammetry with Application in GIS. 3th Edition, McGraw-Hill, USA. 624pp. **KAGIS**