

센서네트워크 기반 도시철도 지능형 감시시스템 구축방안 연구

A Sensor Network-based Intelligent Surveillance System for Urban Transit

안태기*
An, Tae-Ki

신정렬**
Shin, Jeong-Ryol

이우동**
Lee, Woo-Dong

김문현***
Kim, Moon-Hyun

ABSTRACT

A surveillance system is used many industrial places, and public places to monitor the present situation. Most of the existing surveillance system is composed of the monitors and a lot of cameras that are installed each place to be monitored. The system is usually using the CCTV, closed circuit television, system that is a passive surveillance system. Urban transit operation corporations use the passive surveillance system to monitor the situation of the passengers, and the status of the important facilities. However the officers or operators cannot monitor all of the situation or status constantly, and cannot respond to emergency. In this paper, we propose a sensor network-based intelligent surveillance system to solve these problems. The proposed system is composed of a lot of intelligent sensors that can determine the present status and integrated processor units to detect more precisely events using the information from the sensors. The sensors and the integrated processor are connected by communication network. The proposed system can be installed and used without a lot of change of the existing facilities such as the enormous communication bandwidth increase.

1. 서 론

통신기술과 컴퓨터 기술이 급격하게 발전함에 따라, 이러한 기술들을 이용하여 과거에는 불가능 했던 다양한 문제들을 해결할 수 있게 되었다. 또한 컴퓨터의 능력은 지속적으로 성장하고, 크기는 점점 소형화 되고, 가격은 저렴해지고 있다. 소형화된 통신장치들은 물리적인 공간에 설치되어 그 공간에서 일어나는 여러 가지 현상들을 수집하고, 수집된 정보를 처리하고 전송할 수 있으며, 서로간의 연계를 통하여 공동역할을 수행할 수 있다. 이러한 능력을 보유하고 있는 소형 통신장치들의 네트워크는 인터넷과 같은 외부 통신네트워크와의 연결을 통하여 보다 많은 능력을 발휘할 수 있게 되었다. 오랫동안 컴퓨터기반의 시스템은 많은 분야에 사용되어 왔지만 실제 공간의 적용문제에는 많은 문제점을 가지고 있었다. 컴퓨터의 큰 크기는 물리적인 설치공간을 많이 차지하며, 센서부터 입력된 정보를 컴퓨터까지 전송받는 것이 쉬운 일이 아니었다. 그러나 센서의 크기가 초소형화 되고 저 전력으로 통신을 할 수 있는 초소형 통신모듈의 등장으로 이러한 문제들을 해결 할 수 있게 되었다. 특히 소형 무선통신 모듈의 등장은 컴퓨터 기술을 응용할 수 있는 분야를 한층 넓혀 놓았다. 이러한 센서 네트워크는 특정한

* 한국철도기술연구원, 도시교통기술개발센터, 성균관대학교

E-mail : tkahn@krrri.re.kr

TEL : (031)460-5714 FAX : (031)460-5749

** 한국철도기술연구원

*** 성균관대학교 정보통신공학부

장소의 모니터링 분야에 많이 적용 될 수 있으며, 도시철도 감시시스템 분야에도 적용가능하다. 도시철도 서비스 공간은 많은 사람이 한꺼번에 몰리는 공간으로 사고 예방이 중요하며, 사고 발생 시에도 신속한 대처가 요구되는 곳이다. 도시철도 감시시스템은 과거의 단순한 현시 및 기록 장치로서의 개념을 벗어나 스스로 이벤트를 감지 할 수 있는 자동화 된 시스템으로 발전하고 있다. 지능화된 감시시스템을 구축하기 위해서는 센서네트워크와 같은 첨단 기술의 도입과 적용방안에 대한 고려가 필요하다.

본 논문에서는 센서 네트워크 기술 현황과 현재 도시철도 감시 시스템의 문제점을 살펴보고, 이러한 문제점을 해결하기 위한 센서 네트워크 기반의 지능형 도시철도 감시시스템의 구축방안을 제시한다. 센서 네트워크를 이용하여 도시철도 서비스 공간의 감시 시스템을 구축하기 위해서는 먼저 도시 철도 공간을 특징에 따라 분류하여야 하며, 센서별 특징에 따라 복합적인 센서를 이용하여 여러 개의 센서 네트워크를 구성한다. 각 센서 네트워크는 그룹정보처리에 의해 서로 간 통신을 수행 할 수 있도록 구성되며, 그룹 정보 처리기는 구역 정보 처리기를 통하여 내부통신망에 연결되어 역무실, 종합 사령실 등으로 필요한 정보를 전송한다. 제안된 방법으로 도시 철도 감시 시스템이 구축 될 경우 네트워크별 유지보수가 가능하게 되어 향후 유지보수 또는 시스템의 확장이 용이하게 될 것이다.

2. 센서네트워크 기술

센서네트워크 기술은 센서기술, 통신기술과 컴퓨터기술이 서로 복합되어 발전되어 이루어진 기술로서 이전에는 불가능했던 자동화된 감시시스템 구현이 가능할 수 있도록 하였다. 센서네트워크는 물리적 공간에서 발생하는 정보와 컴퓨터, 사람 등과 유기적으로 연계할 수 있도록 하여 다양하고 편리한 새로운 서비스를 창출 할 수 있도록 해 준다. 특히 센서네트워크 기술은 주변 상황정보를 수집하는데 필수적인 기술로서 이러한 기술 없이는 지능화된 시스템을 구축하는 것은 어려운 일이 될 것이다. 센서네트워크 기술은 이미 국방, 의료, 가정용 등으로 연구가 진행 중에 있으며, 그 적용 범위는 점차 넓어지게 될 것이다. 예를 들어 군사작전지역의 정보를 수집하기 위하여 사람이 접근하기 힘든 지역에 항공기를 이용하여 무선센서를 살포하고, 다시 항공기를 이용하여 센서가 전해주는 정보를 수집할 수 있다. 또는 생태지역의 연구를 위하여 센서네트워크 기술을 이용하여 특정 지역의 생태를 감시할 수 있다. 센서네트워크기술에 대한 연구는 여러 나라에서 다양한 분야의 적용을 위하여 진행되고 있다. 센서기반의 영상감시시스템 구축을 위하여 Ruth 등은 시각센서를 포함하고 있는 OPU(Object Processing Units)라고 불리는 객체처리를 클러스터로 구분된 영역에 설치하고 SPU(Scene Processing Unit)라고 불리는 영상처리기에서 각 OPU의 정보를 처리할 수 있도록 하는 센서네트워크의 아키텍처를 제안하였다[1]. Dietl M 등은 센서와 프로세서, 통신모듈을 같이 가지고 있는 에이전트들이 서로 협력하는 방법에 대하여 제시하였다[2]. 이러한 방법은 감시에 있어서 어떤 한 객체의 검지나 추적에 적용될 수 있을 것이다. 센서네트워크에서 사용되는 센서들은 지능형 시스템을 구축하기 위한 상황인식기술의 가장 낮은 계층을 이루고 있으며 상황인식에서 센서는 물리적 환경 정보를 받아들이는 중요한 부분이다 [3]. 현재 국내에서도 센서네트워크 기술은 정보통신부에서 추진하고 있는 IT839사업의 중요한 기술로 선정되어 기반 기술에 대한 연구가 진행 중에 있으며, 유비쿼터스 환경을 구축하기 위한 기본 인프라가 될 전망이다. 유비쿼터스 센서네트워크는 인증, 건강, 실시간 위치기반 상황정보 서비스 등 다양한 분야에 적용될 수 있으며, 특히 무인경비, 위험/구난, 오염, 대기, 지진 등 실시간 측정 등을 수행하는 센서기반 모니터링 서비스에도 적용될 수 있다[4]. 그러나 센서네트워크기술은 실제 현장에 적용하기 위해서는 전력문제, 설치문제, 보안문제 등 해결해야 할 문제가 아직도 많다. 센서 간 구성된 무선

통신망에는 전력 문제 등으로 인하여 많은 데이터를 송수신할 수 없으므로 데이터의 크기를 줄이고 통신의 횟수를 최소화하여야 한다. 그러므로 센서네트워크에서 이루어지는 무선통신망의 보안문제는 해결하기가 어렵지만 해결해야 할 문제이다[5]. 그 이외에도 비디오기반의 넓은 구역의 센서네트워크 적용 방안[6], 현장에 센서네트워크를 실제 적용하는 방안[7], 센서네트워크의 최적화된 구성을 위한 가상머신을 이용한 구축 방안[8], 센서네트워크의 프로토콜 방안[9] 등 센서네트워크 기술의 문제를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행 중에 있다.

3. 도시철도 감시 시스템

현재 산업현장에서 사용되고 있는 대부분의 감시시스템은 단순한 모니터링 기능을 가진 수동형 감시 시스템이다. CCTV(Closed Circuit Television)를 이용한 감시시스템은 설치된 카메라로부터 들어온 영상을 순차적으로 모니터에 표시하여 운영자가 확인할 수 있도록 한다. 감시를 수행하는 운영실에는 수 개의 모니터 또는 수십 개의 모니터를 설치하고 하나의 모니터에 하나의 카메라 영상을 대응하는 형태로 이루어진다. 어떤 경우에는 하나의 모니터에 분할화면을 제공함으로써 몇 개의 카메라 영상을 한 화면에서 볼 수 있도록 구성하기도 한다. 그러나 근래에는 CCTV에 의존하여 특정 영역에 대한 관찰 위주의 감시시스템에서 벗어나 감시의 개념이 좀 더 복잡해지고 있다. 예를 들면 쾌적한 공간을 유지하기 위하여 공기질을 감시하거나, 테러 등의 범죄를 예방하기 위하여 특정 객체를 지속적으로 감시하는 등 매우 복잡해지고 있다. 도시철도 서비스 구간에 적용되어 있는 감시시스템도 CCTV(Closed Circuit Television)를 이용한 수동형 감시시스템이 대부분이다. 도시철도 운영기관은 승객 현황 및 주요 시설물에 대한 감시를 위해 많은 수의 모니터와 카메라를 사용하고 있다. 그림 1은 일반적인 CCTV를 사용한 일반적인 도시철도 감시시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

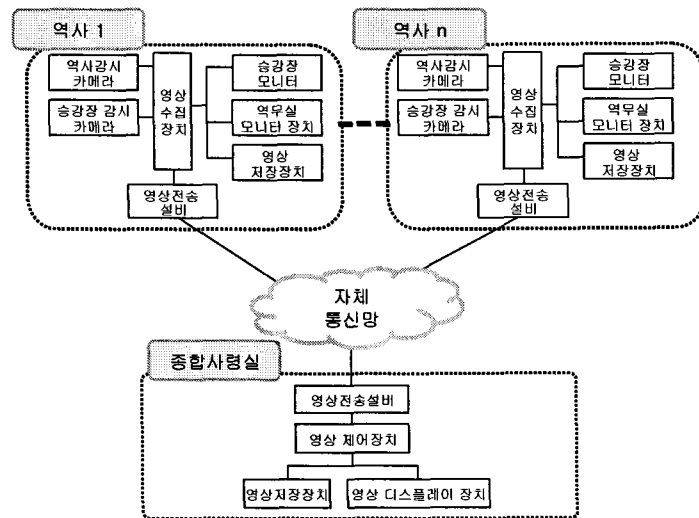


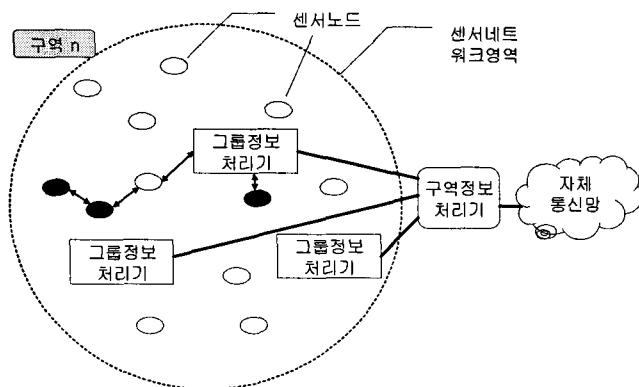
그림 1. 도시철도 감시시스템 구성도

도시철도 서비스 공간에는 역사 내 상황을 감시하기 위하여 주요 통로, 에스컬레이터, 승강장 등에 수십개의 카메라가 설치되어 있으며, 이러한 카메라에 의하여 수집된 영상은 필요한 곳으로 전송되어 모니터에 표시된다. 승강장의 상황을 운전자가 확인할 수 있도록 승강장의 앞쪽 끝단에 설치된 모니터에 승강장의 영상을 표시한다. 또한 역무실에서 역무원이 확인할 수 있도록 영상정보를 역무실에 설

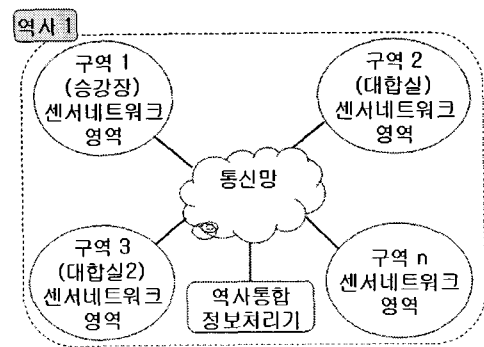
치된 모니터 장치에 표시한다. 승강장 영상을 포함한 주요한 영상들은 전송설비와 자체 기관에서 보유하고 있는 기간 통신망을 이용하여 종합사령실로 수집되고, 종합사령실에서는 수집된 영상을 순차적으로 확인하거나, 필요한 영역의 영상을 선택하여 확인할 수 있다. 그러나 이러한 시스템은 순차적으로 비상시 즉각적으로 대응하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 수동적인 감시시스템 대신 센서네트워크 기반의 능동적인 시스템이 필요하다. 이 시스템은 기존의 더미형 센서에 프로세스 기능을 추가하여 스스로 상황을 판단할 수 있도록 하였으며, 지능화된 센서들은 네트워크를 통하여 통합 처리기로 전송되어 전체적인 상황을 판단할 수 있도록 하여야 한다. 시스템은 통신망의 용량 증대 등 기존의 통신시스템의 커다란 변경 없이도 설치가 가능하여야 한다.

4. 센서네트워크 기반 지능형 도시철도 감시 시스템

센서네트워크 기술은 현재 많은 분야의 문제를 해결할 수 있는 기술로서 점점 그 적용 범위는 확대될 것이다. 그러나 센서네트워크 기술을 현실 세계에 적용하기 위해서는 전력문제, 통신거리문제, 통신네트워크의 프로토콜 문제, 통신네트워크의 토폴로지 문제 등 해결해야 할 많은 문제점들이 남아있다. 도시철도 감시시스템에 센서네트워크를 적용하기 위해서도 고려해야 할 사항들이 많이 존재한다. 앞서 살펴본 바와 같이 감시 대상이 될 도시철도 서비스 공간은 넓은 지역에 산재되어 있고, 구역별로 특징이 틀리지만 각 구역은 서로 연계성을 가지고 있다. 그리고 대부분의 감시공간이 넓어 효과적인 감시시스템을 구축하기가 어려우며, 대규모 수송수단으로서 점점 감시의 종류가 늘어나고 복잡해지고 있다. 도시철도 서비스 공간에 센서네트워크를 효과적으로 구축하기 위해서는 충분히 많은 센서노드의 설치가 요구되고 있으나, 현실적으로 한꺼번에 다양한 센서노드를 모두 설치하는 것은 힘든 일이다. 따라서 도시철도 서비스 공간의 감시시스템을 구축하기 위해서는 확장성과 유지보수성을 고려하고 감시 대상의 특성에 맞도록 구성해야 한다. 역사를 대상으로 센서네트워크를 구축하고자 하는 경우 모든 센서노드들을 연결할 수 있는 네트워크 구성은 사실상 불가능하다. 따라서 감시 대상이 되는 역사를 구역별로 나누고 구역별로 센서네트워크를 구성하고 이러한 센서네트워크들은 내부의 유선통신망으로 연결될 수 있는 구조로 이루어져야 한다. 그림 2는 센서네트워크를 이용하여 지능형 도시철도 감시시스템을 구축하기 위한 구성도를 나타낸 것이다.



(a) 구역별 센서네트워크



(b)역사별 시스템 구성도

그림 2. 센서네트워크 기반의 지능형 도시철도 감시시스템 구성도

그림 2의 (a)는 구역별로 구성되는 센서네트워크의 예를 나타내고 있다. 센서네트워크는 센서노드가 충분한 경우에는 모든 센서노드들을 연결하는 구조로 구성할 수 있으나, 도시철도 공간처럼 넓은 구조에서는 구역별로 충분한 센서노드를 확보하지 못하는 경우가 있으므로 그룹정보처리기의 노드를 중간 중간에 가지게 함으로써 여러 가지 문제를 해결할 수 있다. 그룹정보처리기는 유선망과 연결되어 있으며, 전력공급을 외부에서 받을 수 있는 구조로 설계되어 멀리 있는 센서노드들에게도 접속이 가능하여 센서노드의 전력을 절약할 수 있는 다양한 프로토콜의 설계가 가능해지며, 그룹정보처리기 내에서 현재 구역의 간단한 상황은 판단하게 할 수 있으므로 전체적인 시스템 성능을 향상시킬 수 있다. 그룹정보처리기를 통하여 수집된 정보는 유선망을 이용하여 구역정보처리기로 전달되고, 구역정보처리기는 현재 구역에 대한 상황인식 및 이벤트 검지 등 주어진 태스크를 수행하게 된다. 또한 구역정보처리기에서 처리된 정보는 내부의 통신망을 통하여 역무실에 설치된 역사통합정보처리기로 전달되어 필요한 상황을 역무실의 운영자가 알 수 있도록 한다. 그림 2의 (b)는 각 구역의 정보를 내부 통신망을 통하여 역사통합처리기로 전달되는 구성도를 보여 주고 있다. 제안된 방법으로 센서네트워크를 구성하는 경우 향후 다른 목적을 위한 센서노드를 추가하는 경우 쉽게 확장할 수 있는 구조이다. 예를 들면 현재 구성되어 있는 센서네트워크에 도시철도 승강장에 설치된 휴지통 근처의 연기를 감지하기 위한 센서노드를 추가하고자 한다면 가정하자. 이런 경우 근처에 다른 센서노드들이 존재한다면 서로의 통신프로토콜이 맞는 연기감지센서 노드만 추가하면 센서네트워크는 쉽게 구성된다. 만약 근처에 아무런 센서 노드가 존재하지 않는 경우라 하더라도 가장 근처에 있는 그룹정보처리기까지만 네트워크를 추가 구성함으로써 전체적인 센서네트워크를 구성할 수 있다. 그룹정보처리기와 구역정보처리기, 역사통합정보처리기 등의 개념과 센서네트워크를 이용하여 지능형 도시철도 감시시스템을 구성하는 경우 확장성과 유지보수성이 용이해지고, 상황정보처리 등을 분산하여 수행하게 함으로써 통신망 및 전송설비 등의 처리용량과 전송용량을 최소로 줄일 수 있도록 하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 지능형 도시철도 감시시스템을 구축하기 위하여 센서네트워크의 적용방안에 대하여 살펴보았다. 먼저, 센서 네트워크 기술현황과 현재 도시철도 감시 시스템의 문제점을 살펴보았으며, 도시철도 지능형 감시시스템 구축에 적합한 센서네트워크 구성을 제안하였다. 센서 네트워크를 이용하여 도시철도 서비스 공간의 감시 시스템을 구축하기 위하여 먼저 도시 철도 공간을 특징에 따라 분류하였으며, 센서네트워크를 넓은 공간에 효과적으로 구성하기 위하여 그룹정보처리기와 구역정보처리기 개념을 도입하여 구성하였다. 각 센서 네트워크는 그룹에 의해 서로 간 통신을 수행 할 수 있도록 구성되었으며, 그룹 정보 처리기는 또한 구역 정보 처리기를 통하여 통신망에 연결되어 역무실, 종합 사령실 등으로 전송되도록 하여 필요한 정보를 운영자가 확인할 수 있도록 하였다. 제안된 방법으로 도시철도 감시 시스템이 구축 될 경우 확장성과 유지보수성이 용이해지고, 상황정보처리 등을 분산하여 수행하게 함으로써 통신망 및 전송설비 등의 처리용량과 전송용량을 최소로 줄일 수 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화A01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Ruth Aguilar-Ponce, Ashok Kumar, J. Luis TecpanecatI-Xihuitl, Magdy Bayoumi(2007), "A network of sensor-based framework for automated visual surveillance", *Journal of Network and Computer Applications* 30, pp. 1244-1271
2. Dietl M, Gutmann J-S, Nebel B(2001), "Cooperative sensing in dynamic environments", *Proceeding of international conference on intelligent robots and systems*, vol. 3. Hawaii, pp. 1706-13
3. Schahram Dustdar, Florian Rosenberg(2007), "A survey on context-aware systems", *Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, Vol. 2, No. 4, pp. 263-277
4. 이재용(2004), "유비쿼터스 센서 네트워킹 기술", *TTA저널*, 제 95호, pp. 78-83.
5. 김신호, 강유성, 정병호, 정교일(2005), "u-센서 네트워크 보안 기술 동향", *전자통신동향분석*, 제 20권, pp93-99
6. W. Feng, J. Walpole, W. Feng, C. Pu, (2001), "Moving towards massively scalable video-based sensor network", *Proc. Workshop on New Visions for Large-Scale Networks: Research and Applications*
7. W. Steven Conner, John Heidemann, Lakshman Krishnamurthy, Xi Wang, Mark yarvis(2004), "Workplace Applications of Sensor Networks", *Technical Report ISI-TR-2004-591*, USC/Intermation Sciences Institute
8. Philip Levis, David Gay, David Culler(2005), "Active Sensor Networks", *In Proceedings of the Second USENIX/ACM Symposium on Networked Systems Design and Implementation*
9. Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, Erdal Cayirci(2002), "A Survey on Sensor Networks", *IEEE Communications Magazine*, pp. 102-114