

스쿨존에서 WSN 기반의 어린이 범죄 안전관리 시스템 설계

이창복*, 노시영**, 박덕규**, 박상준**, 이종찬**, 박기홍***
군산대학교 컴퓨터정보공학과
e-mail: wongotugo@kunsan.ac.kr

A WSN-based Safety Management System Design for Children-Crime in School-Zoon

Chang-Bok Lee*, Si-Yong No**, Deok-Gyu Park**, Sang-Jun Park**, Jong-Chan Lee**,
Kihong Park***
Dept of Computer Information Engineering, Kunsan National University

요 약

본 연구에서는 최근 학교 주변에서 발생하는 어린이 범죄 사고의 관리 및 예방을 위한 무선 센서 네트워크 기반의 스쿨존 안전관리 시스템을 제안한다. 학교 주변 무선센서네트워크 망 구축과 어린이들에게 부착되는 센서들을 통해 환경 및 위치 영상 센싱 정보들을 공간 지식화하여 안전과 관련된 서비스를 제공한다. 또한 스쿨존 망을 벗어나 통신이 되지 않는 어린이의 경우 기회주의적 네트워크를 통하여 관리할 수 있는 전략적 안전관리 방안을 제안한다.

키워드 : 무선센서네트워크, 스쿨존, 어린이 범죄, 기회주의적 네트워크

1. 서론

개발이 필요한 실정이다.

최근 어린이를 대상으로 한 범죄들이 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 작년 전국에서 14세 미만 아동에 대한 미귀가 신고는 모두 8천62명이었으며 이 가운데 59명이 아직도 실종 상태에 있다. 어린이는 우리가 생각하는 것 보다 훨씬 심각하게 범죄에 노출되어 있다. 이러한 어린이 범죄에 대하여 간략하게 요약해 보면 다음과 같다. 범죄는 대다수가 학교 집 근처에서 일어나며 하교 길인 오후 2시~5시 사이에 집중적으로 발생한다. 또한 <그림 1>에서처럼 유인장소, 범행 장소와 피해자의 집, 범죄인의 집까지의 거리들이 학교 주변 500m 이내로 매우 가깝다는 사실을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 어린이 범죄로부터 그들을 보호할 수 있는 사회 안전망이나 범인색출 시스템은 여전히 갖춰지지 않고 있다. [5] 이러한 이유로 학교 주변 어린이 범죄 증가에 따른 현실적인 방지대책의 필요성이 요구 되고 있으며 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기반의 상황인지를 통한 범죄예방 기술



(그림 1) 학교 주변 어린이 범죄 발생 현황

따라서 본 논문에서는 최근 학교주변에서 발생하는 어린이 범죄 사고의 관리 및 예방을 위한 무선센서네트워크 기반의 스쿨존 안전관리 시스템을 제안한다. 제안된 시스템 설계는 학교 주변에 펼쳐진 물리적 공간내의 어린이들에게 주변의 환경정보, 위치정보 및 영상정보를 생성하고 이들로부터 지능화된 정보를 생성함으로써 안전에 필요한 서비스를 제공

하는 안전기반 시스템이다. 학교 주변 센서 네트워크 기반의 스쿨존 망을 구축하고 어린이들에게 환경, 위치, 영상 센싱을 하기 위한 센서를 부착하여 학교에서 아이들을 모니터링하여 관리하게 한다. 또한 만약에 스쿨존 망 밖에서 범죄가 발생하였을 때 기회주의적 네트워크 구성을 통하여 해결할 수 있는 방안을 제안하였다. 이러한 시스템은 범인 조기 검거와 범죄 예방에 큰 도움이 될 것으로 기대한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 시스템에 대하여 알아보고 3장에서는 스쿨존 네트워크 구성을 4장에서는 기회주의적 네트워크 연동을 기술한다. 5장에서는 환경 센서, 위치 센서, 영상 센서 모듈들을 설계하고 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 논의하고 본 논문을 마치도록 하겠다.

II. 기존 연구

오늘날 우리 사회에서는 각종 환경의 변화와 함께 시민의 안전한 삶을 위협하는 다양한 위험요인들이 존재하고 있다. 이러한 위험요인들 중에서 지능화, 흉포화, 기동화 되어 증가하고 있는 범죄는 시민 모두의 중요한 관심사이기도 하다. 특히 어린이의 경우는 우리 사회에서 꼭 지켜줘야 하는 대상이기도 하다. 유비쿼터스 기술을 이용한 국가공공 서비스 분야의 하나인 치안서비스와 접목된 사례들이 영화와 소설 속에서 등장하고 있으며, 최근 들어서는 전자 감시제도 및 CCTV 등과 관련하여 많은 논의가 되고 있다.

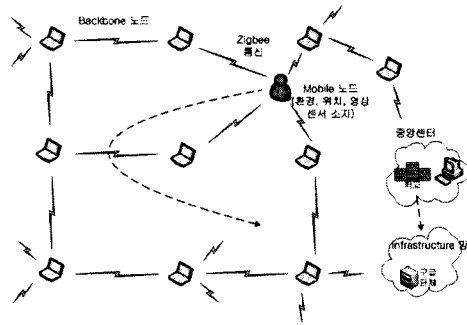
현재 어린이 범죄를 예방하기 위한 방안들을 살펴보면 정부에서는 다수의 CCTV를 설치하여 예방하려 하고 있다. 하지만 주로 서울시 일부분만 설치되어 운영된다는 한계를 가지고 있으며 곳곳에 CCTV를 설치하기 위해서는 많은 비용이 들며 개인 사생활 침해라는 문제도 발생할 수 있다. 또한 여러 업체에서는 GPS 기반의 '자녀안심서비스'를 제공하고 있다. 하지만 개개인이 GPS 기반의 서비스를 받아야 하기 때문에 많은 어린이들이 서비스를 받기에는 비용이 많이 들며 건물 안과 같이 수신되지 않는 사각지대에 불리하다는 단점이 있다.[9][10] 이에 반해 본 논문에서 제안하는 학교 주변 센서 네트워크 구성은 학교를 중심으로 많은 어린이들이 서비스를 받을 수 있는 기반 네트워크를 구성하여 저비용으로 쉽고 빠른 노드의 추가가 가능할 것으로 기대한다.

III. 스쿨존 네트워크 구성

정보기술의 급속한 발전에 따라 모든 사물이 지능화되고 네트워크화 됨으로써 사물과 사람, 사물과 사물간의 의사소통이 가능한 사회, 즉 지능기반사회(Ubiquitous Society)로 변해가고 있다. WSN(Wireless Sensor Network)는 다양한 센서들을 네트워크화 하여 실시간으로 정보를 관리하는 것으로 궁극적으로는 모든 사물에 컴퓨터 및 커뮤니케이션 기능을 부

여하여 언제 어디서나 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다. 최근 급격하게 증가하고 있는 어린이 범죄를 예방하기 위한 WSN 기반의 스쿨존 안전 관리 방안은 다음과 같다.

〈그림 2〉에서처럼 데이터를 전달하기 위한 고정된 센서(Backbone 노드)들은 건물이나 길에 있는 전등들에 일정하게 설치되어 서로 ad-hoc 망을 형성하며 최종적으로는 학교와 같이 어린이들의 상태를 모니터링 할 수 있는 중앙센터와 통신하게 된다. 어린이(Mobile 노드)는 주위 환경 정보를 위한 온도·습도, 대기 센서와 위치 정보를 위한 초음파 센서, 이미지 전달을 위한 영상센서를 소지하고 이동하면서 주변에 있는 고정된 센서들과 지속적인 통신을 하게 된다. 또한 중앙센터에서는 전달 받은 데이터를 모니터링하며 어린이들을 관리하게 된다.



〈그림 2〉 스쿨존 네트워크 구성도

모든 센서들은 고유의 노드 ID를 갖는다. 어린이들의 노드 ID에는 학교, 학년, 반, 번호 같은 ID들을 포함시켜 어린이들의 정보를 노드ID만 보고도 쉽게 식별할 수 있도록 한다. 또한 길이나 건물에 설치되는 고정된 센서들의 노드 ID에는 센서의 위치정보를 포함하게 한다.

Backbone 노드의 라우팅 프로토콜은 Table-driven 방식의 proactive 라우팅 방식을 사용한다. 이 알고리즘은 노드들이 이동할 때 라우팅 정보를 수시로 검색하고 이를 라우팅 테이블에 저장. 유지하면서 필요시에 그 테이블을 참조하여 패킷을 전송하는 방법이다. 하지만 스쿨존 망에서의 Backbone 노드들은 고정되어있기 때문에 최적의 라우팅 테이블을 유지하게 되고 자주 변화되지 않는다. 이에 따라 큰 오버헤드 없이 중앙센터까지 네트워크를 형성할 수 있다.[3]

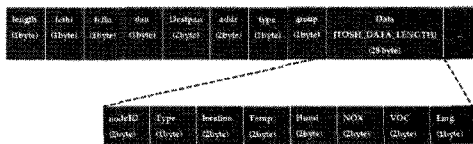
온도·습도 정보는 화재의 위험을 알리기 위하여 사용되고 대기 센서는 휘발성 유기 화합물(VOC: Volatile Organic Compounds), 질소 산화물(NOX: Nitrogen Oxide) 등의 유독 가스를 확인하는데 사용한다. 이들 유독가스는 대기 중에 머물면서 피부접촉이나 호흡기 흡입을 통해 신경계 장애 및 만성 호흡기 질환을 초래한다.[14] 환경 센서는 이러한 위험한 상황을 미리 sensing하여 구동기(Actuator)를 통해 어린이에게 즉시 경고음으로 알려주고 중앙센터에 경고 메시지를 보낸다. 이와 같은 환경 센서는 특히 주변 상황을 잘 인식 하지

못하는 어린이나 장애인에게 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

위치 센서는 스쿨존 망에 있는 어린이들의 위치를 모니터링 할 수 있게 한다. 만약 집에 도착하지 않았거나 어린이를 찾아야 할 필요가 있는 상황에서 어린이들의 위치를 파악할 수 있을 것이며 그에 관한 조치를 취할 수 있을 것이다.

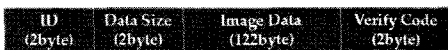
영상 센서는 유괴와 같은 위험한 상황에 직면했을 때 특별하게 사용된다. 평소에는 sleep 모드로 동작하지 않다가 사용자의 'SOS' 버튼 눌림을 통하여 범괴자의 얼굴이나 그 밖의 주위의 영상들을 버퍼에 저장하여 전송하게 한다. 이 경우는 가장 우선순위가 높으며 긴급 상황 신호를 포함하여 데이터를 전송함으로써 중앙센터에서 빠른 조치를 취할 수 있도록 하게 한다.

다음은 스쿨존 망 안에서 데이터 전송을 위한 패킷 구조를 나타낸다. TinyOS의 CC2420 칩에서 사용되는 기본적인 TOS_Msg 패킷 구조를 보면 <그림 3>과 같다. length 는 data 부분에 실제 데이터가 들어갈 공간의 길이를 나타내며 fcphi와 fcfllo 는 프레임 컨트롤 필드의 high byte, low byte를 나타낸다. dsn은 링크레벨에서의 sequence number, destpan은 pan, addr은 message를 수신할 목적지의 주소, type은 현재 message가 가진 타입에 대한 부여된 ID (패킷의 종류), group은 여러 사용자가 동시에 전송할 때 충돌하지 않도록 하는 group 주소이다. data는 실제 사용자가 정의한 데이터가 들어가는 부분으로 여기에 스쿨존 망에서 직접적으로 쓰이는 패킷 구조가 들어가게 된다. data는 총 28byte로 구성되며 NodeID, 위치정보, 온도, 습도, 대기 정보들이 2byte씩 각각 들어가도록 구성한다. 또한 Type은 액추에이터 동작에 관한 패킷을 Eng는 긴급 상황 전달에 관한 패킷을 나타낸다. 그 뒤는 패킷에 나타나지 않는 부분으로 수신 강도, crc, ack, time등이 들어간다.



<그림 3> 환경 및 위치센서 전송 패킷 구성

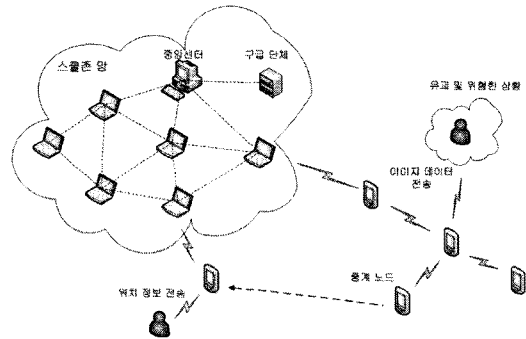
영상 전송을 위한 패킷 구성은 <그림 4>와 같다. 총 패킷은 128byte이며 ID는 패킷 ID를 Data Size는 이미지 데이터의 크기를 Verify Code는 에러 탐지 코드를 각각 나타낸다. 실제 이미지는 ID, Data Size, Verify Code부분을 제외한 Image Data 부분으로 122byte를 전송 한다.



<그림 4> 영상센서 전송 패킷 구성

IV. 기회주의적 네트워크 연동

어린이들은 항상 어느 곳이든 이동할 수가 있기 때문에 스쿨존 망을 벗어 날 수가 있다. 이런 경우 어린이들을 관리하기는 쉽지 않다. 하지만 네트워크 연결이 끊어진 상황에서도 기회주의적 네트워킹(Opportunistic Networking)을 통해 어린이들을 관리할 수 있다. 기회주의적 네트워크는 통신을 하고자하는 두 노드 사이에 완전한 경로가 존재한다는 가정을 배제하고 있다. 그럼에도 그와 같은 노드들이 서로에게 메시지를 주고받는 것을 허용한다. 보통 이러한 기회주의적 네트워크는 메시지가 목적지 노드에 전달될 수 있을 때까지 네트워크 내에서 버퍼링 되어있게 된다.[2]



<그림 5> 기회주의적 네트워크 구성도

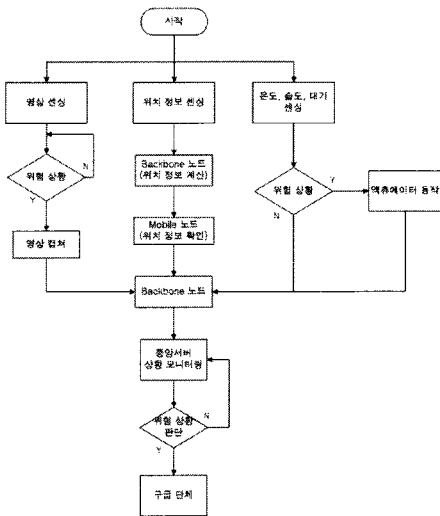
어린이가 스쿨존 망을 이동할 때 소지한 센서에서는 수시로 Backbone 노드의 노드 ID를 통해 위치 정보를 업데이트 받는다. <그림 5>와 같이 만약 어린이가 스쿨존 망을 벗어나더라도 소지한 센서에서는 마지막으로 통신한 Backbone 노드의 위치정보가 버퍼에 저장되어 있으며 주위의 인접한 노드들에게 데이터를 전송 한다. 이런 데이터를 전달하기 위해서 중계노드가 필요하게 되며 이 노드는 방법 순찰 차량이나 순찰대가 하게 된다. 중계노드는 스쿨존 망 밖을 이동하면서 이러한 노드들을 수집하여 전달하며 신고가 들어온 어린이 일 경우 즉시 탐색하여 찾을 수 있도록 하고 그렇지 않을 경우 인접한 다른 중계기로 전달하거나 혹은 스쿨존 망을 지나갈 때 중앙센터에 데이터를 전달하여 홀로 떨어진 노드들을 확인 할 수 있게 한다. 만약 긴급 신호를 알리는 메시지와 함께 영상 센서를 통한 이미지 데이터가 들어오면 즉시 주변을 수색하여 조치를 취하도록 한다.

기회주의적 네트워크의 라우팅 방식은 노드들의 수가 많고 무작위로 데이터가 이동하게 되면 데이터 지연을 통한 많은 오버헤드가 발생 할 수 있기 때문에 flooding방식의 Dissemination 라우팅 기법을 개선한 Epidemic 라우팅 기법을 사용한다. Epidemic 라우팅은 바이러스나 질병이 전파되는 것과 유사한 방식으로 설계되었다.[2] 메시지는 일종의 바이러스로 다른 노드들과 접촉 시 전달되어 다른 노드를 감

염시키고 감염된 노드는 역시 다른 노드들에게 메시지를 전파한다. 최종적으로 목적지에 메시지를 전달한 노드는 치료가 되며 면역이 생겨 같은 메시지에 대해 반응하지 않게 된다. 이와 같은 방법으로 스쿨존 망을 벗어난 노드들의 데이터가 네트워크에 계속 머물러 있지 않고 흘러 갈 수 있도록 하며 이러한 기회주의적 네트워크의 연동을 통하여 스쿨존 망밖의 노드들도 관리할 수 있을 것으로 판단된다.

V. 시스템 설계

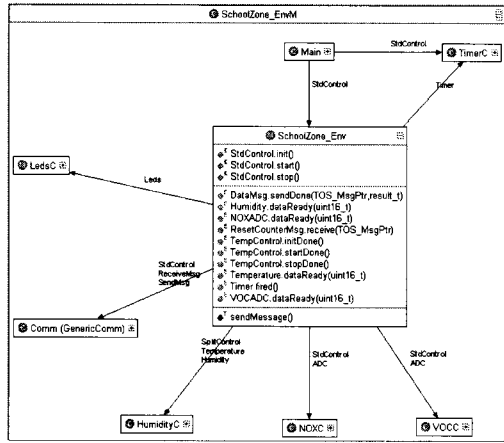
센서 네트워크 기반의 본 시스템은 환경, 위치, 영상 센서의 3가지 센싱으로 나눌 수 있다. 환경 센서 및 위치 센서는 telos 계열의 h-mote 2420을 사용하여 TinyOS와 nesC로 설계하였으며 영상센서는 Zigbee 통신을 위한 PAN802154 모듈과 C328 영상센서 모듈을 사용하여 설계하였다.[1][4]



〈그림 6〉 전체 시스템 순서도

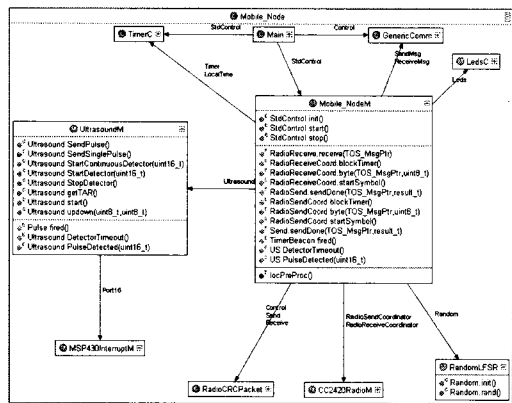
스쿨존 안전관리 시스템의 전체 순서도는 〈그림 6〉과 같다. 영상 센서는 사용자에게 의해 위험 상황 메시지를 받으면 영상을 캡처하여 전송한다. 위치 센서는 Mobile 노드와 Backbone 노드 사이의 초음파 신호 교환을 통해 위치 정보를 계산하고 전송한다. 환경 센서는 화재나 유독 가스를 체크하여 위험 상황 발생 시 actuator를 동작시켜 경고음으로 사용자에게 알려주고 경고 메시지를 전송한다. Backbone 노드는 최종적으로 중앙센터에 데이터를 전송하고 중앙센터에서는 데이터를 수집, 분석하여 긴급 상황 시 구급 단계에 연락을 취할 수 있게 한다.

환경 센서 모듈 (SchoolZone_Env)은 〈그림 7〉과 같이 Main 컴포넌트로부터 구동되며 Humidity, NOX, VOC 데이터 센싱과 전송에 대한 event들로 구성되어 있다.



〈그림 7〉 환경센서 컴포넌트 구성도

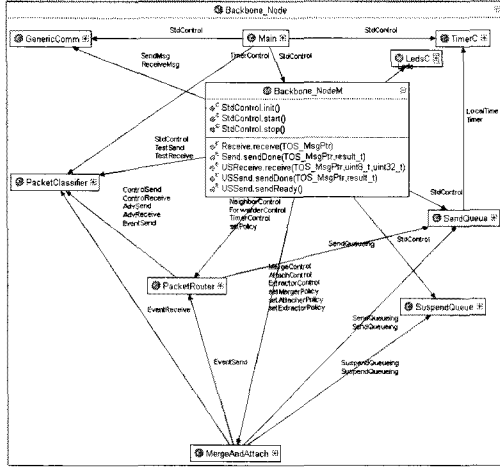
HumidityC는 온도, 습도 센싱을 하기 위한 컴포넌트이고 NOXC, VOCC는 각각 유독 가스를 센싱하기 위한 컴포넌트이다. ADC 인터페이스는 센싱된 온도, 습도, NOX, VOC 데이터를 얻어오는 역할을 하며, GenericComm 은 SendMessage와 ReceiveMsg를 통하여 묶여지고 데이터를 전송하기 위한 컴포넌트이다. 그밖에 StdControl은 물리적 하드웨어의 한 부분인 컴포넌트를 초기화 하고 구동하는데 사용된다.[15] 위치 정보는 Backbone 노드와 Mobile 노드의 RF, pulse 신호 교환으로 얻어진다.[13]



〈그림 8〉 Mobile 노드 컴포넌트 구성도

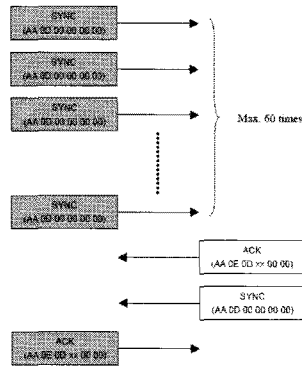
〈그림 8〉은 Backbone 노드의 컴포넌트 구성도를 나타내고 있으며 〈그림 9〉는 Mobile 노드의 컴포넌트 구성도를 나타내고 있다. Mobile 노드는 UltrasoundM로부터 얻은 초음파 신호를 Backbone 노드들에게 전달한다. Backbone 노드는 PacketClassifierM에서 시간차에 의해 거리 값을 계산하여 거리 데이터 패킷을 Mobile 노드에 전송 해준다. Backbone 노드로부터 응답 패킷을 받은 Mobile 노드는 삼각측량 함수 IocPreProc를 통해 좌표를 계산한 후 완성된 패킷을 Backbone 노드에 RF전송을 해주게 되고 최종적으로

위치 정보는 중앙센터에 전달되게 된다.



〈그림 9〉 Backbone 노드 컴포넌트 구성도

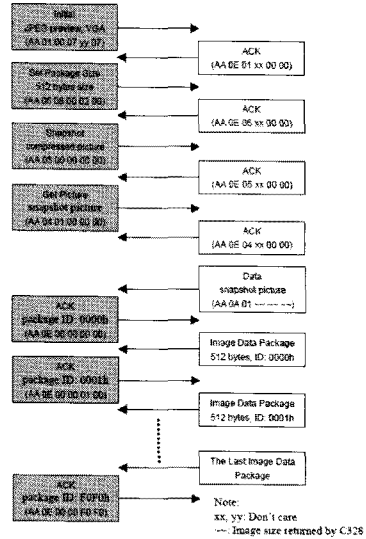
C328 영상 센서 모듈은 기본적으로 OFF 상태이기 때문에 작동 가능한 상태로 만들기 위해서는 PAN 802154 모듈과 Make Connection 과정을 거쳐야 한다. 〈그림 10〉과 같이 모듈에 SYNC 신호(AA 0D 00 00 00 00)를 60회 정도 전달하고 모듈로부터 ACK, SYNC 신호를 받음으로써 Make Connection은 완료된다.



〈그림 10〉 C328 MakeConnection 과정

Make Connection 과정이 끝난 후 Snapshot 이미지를 가져오게 되는데 그 과정은 〈그림 11〉과 같다. Initial에서 640x480의 이미지 해상도를 설정하게 되고 Set Package Size는 128byte의 패킷 크기를 지정한다. Set Baud Rate는 57600bps의 시리얼 통신 속도를 지정하고 Send Snapshot Command는 Snapshot JPEG 압축 이미지의 타임을 지정하며 Send Get Picture Command는 이미지를 가져온다. Receive Data Packet은 호스트에서 Get Image 명령을 C328에 전달하고 C328은 이미지 Size가 포함되어 있는 데이터 패킷을 보낸다. 이정보를 통해 전체 패킷 수신에

서 얼마만큼의 패킷을 수신할지를 계산할 수 있다. Receive Whole Image Data Package는 이미지 사이즈에 따라 전체 패키지 수신을 한다. 모든 과정은 ACK 메시지가 수반되어 명령어가 제대로 전달되었음을 확인하게 된다.〔12〕



〈그림 11〉 JPEG Snapshot Picture (eg 640x480 resolution)

VI. 결론

최근 어린이 범죄가 급증하고 사회적 문제로 대두되면서 여러 가지 대책들이 쏟아져 나오고 있다. 이러한 상황에서 새로운 정보통신 기술로 급부상하고 있는 USN 기반의 상황인지를 통한 범죄 예방 기술개발이 필요한 실정이다. 현재 실행되고 있는 자녀 안심 서비스는 대부분 GPS 기반의 시스템으로 설치 및 이용하는데 많은 비용이 들고 개인적으로 서비스를 받아야 하는 단점이 있다.

본 연구에서는 센서 네트워크 기반의 스쿨존 안전관리 시스템으로 환경 센서, 위치 센서, 영상 센서를 통하여 어린이 안전 관리 및 범죄 예방 서비스를 제공하는 시스템이다. 또한 스쿨존 망을 벗어나더라도 기회주의적 네트워크를 통한 안전관리 방안을 제안 하였다. 어린이 범죄가 학교 주변에서 많이 발생한다는 점으로 미루어 봤을 때 학교 주변에 센서 네트워크 기반의 스쿨존 망이 구축된다면 많은 어린이들이 쉽게 많은 비용을 들이지 않고도 서비스를 이용할 수 있을 것으로 기대한다. 현재 본 논문에서는 환경 위치 센서와 영상 센서가 다른 모듈로 각각 구현되었지만 통합된 모듈의 장비로 구현된다면 좀 더 안정적인 서비스를 제공할 수 있을 것이며 추가적으로 다양한 상황에서의 새로운 안전관리 방안 및 통합 모니터링 시스템 개발 등이 이루어져야 할 것이다. 더 나아가서 이러한 스쿨존 망을 높이터, 공원 등으로 확장한다면 사회

전체의 안전관리 망으로 발전시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] C328 User Manual, "Official released for model number changed from C328 to C328R", 7/2007
- [2] Luciana Pelusi, Andrea Passarella, and Marco Conti, "Opportunistic Networking: Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks", IEEE Communications Magazine" 11/2006
- [3] Marco Conti, Silvia Giordano, "Multihop Ad Hoc Networking: The Theory", IEEE Communications Magazine, 4/2007
- [4] Panasonic, "PAN802154 Product Specifications", 3/2006
- [5] KBS 추첨 60분 2008년 2월 20일 "스쿨존이 위험하다" 방송 자료
- [6] 김호원, "무선 멀티미디어 센서 네트워크에 대한 조사", 2007
- [7] 남상엽, 송병훈, "MOTE-KIT을 이용한 무선 센서 네트워크 활용", 성학당, 2006
- [8] 박옥선, 정광렬, 김성희, "유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템", 정보통신연구진흥원, 주간기술동향 1098호, 6/2003
- [9] 박주상, "유비쿼터스 기술을 활용한 범죄예방활동", 한국콘텐츠학회논문지, 07 Vol. 7 No.1
- [10] 정기섭, 박성수, "U-City 구축과 범죄통제", 사회과학연구 제12권 제1호
- [11] 한백전자 기술연구소, "ZigbeX를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템", 2007
- [12] C328, PAN 802154,
<http://cafe.naver.com/zigbee803.cafe>
- [13] H-mote, www.hybus.net
- [14] NOX, VOC,
"http://cafe.naver.com/ssinario/1198", 2007
- [15] TinyOS, nesC,
<http://cafe.naver.com/bluegio.cafe>
- [16] TinyOS plugIn,
<http://dgc.ethz.ch/~rschuler/OLD/features.htm>