한국ITS학회논문지
제6권, 제2호 (2007년 8월)
pp.70~80

# 지능형 차량 전송시스템에서 긴급정보 전송을 위한 Vehicle-to-Vehicle 통신 프로토콜

## A Vehicle-to-Vehicle Communication Protocol Scheme for Forwarding Emergency Information in Intelligent Cars Transportation Systems

김경준* 차병래** 김철원**
(Kyungjun Kim) (Byungrae Cha) (Chulwon Kim)

### 요 약

차량 간 통신 네트워크 환경에서 차량 간 혹은 차량 대 기지국 간 통신 시 다양한 통신에 방해가 되는 장애 요소가 발생하거나 존재할 수 있다. 다양한 장애 요인들로 인하여 차량의 고장이나 긴급상황이 발생할 경우 정보 전송과정에서 통신 네트워크의 포화상태나 과도한 경쟁으로 인한 패킷의 손실 및 지연이 발생하게 된다. 이러한 결과 인적, 물적 피해와 더불어 지속적인 통신시도로 차량의 전원고갈 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 다양한 장애요인이 상존하는 도로 환경에서 종단간에 고속, 안정적일 뿐만 아니라 에너지 효율적인 프로토콜 개발이 요구된다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.3 WPAN을 기반으로 차량간 통신 시스템에서 에너지 효율적인 긴급 메세지 전송을 위한 MAC 프로토콜을 제안한다. 시뮬레이션 및 분석을 통하여 본 논문에서 제안하는 방법이 패킷충돌 및 경쟁으로 발생하는 전송지연을 감소시켰으며, 에너지 효율적인 프로토콜임을 확인하였다.

### Abstract

Inter-vehicular communication suffers from a variety of the problem on the road, resulting in large delay in propagating emergency warning. An energy depletion as well as a transmission delay may induced by traffic accident. A transmission delay are caused by direct contention from nodes that can hear each other or indirect contention from nodes that can not hear each other, but simultaneously transmit to the same destination. A variety of works have been researched to solve the transmission delay and energy consumption problem in intelligent cars transportation systems. We consider a vehicle-to-vehicle communication protocol for disseminating an emergency information that include end-to-end and energy efficient transmission. In this paper, we propose A vehicle-to-vehicle communication protocol scheme for dissemination emergency information in intelligent cars communication based on IEEE 802.15.3 wireless personal area networks. Results from a simulation study reveal that our scheme can achieves low latency in delivering emergency warnings, and efficiency in consuming energy in stressful road scenarios.

**Key Words :** Vehicle-to-Vehicle, Emergency, Inatelligent car, IEEE 802.15.3, WPAN, Superframe

* 주저자 : 호남대학교 전파이동통신공학과
** 공저자 : 호남대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)
논문접수일 : 2007년 7월 2일

# Ⅰ. 서 론

애드혹 네트워크(ad-hoc networks)는 군사용 혹은 긴급구조, 구난을 위해 특수한 목적으로 개발되었으나, 근래에 상업적으로 활용하기 위해 여러 가지 방안이 진행되고 있고, 향후 지속적인 연구가 진행될 것으로 보인다. 이러한 애드혹 네트워크에서 기존의 무선 환경과는 다르게 기지국(base station)과 같은 인프라(infra-network)가 설치되지 않고 임의로 형성되는 네트워크이다. 애드혹 네트워크를 형성하는 모든 노드들은 다른 노드를 위해 패킷을 중계(forward) 혹은 라우팅(routing)을 수행하는 라우터로서의 기능을 수행하며, 이동 노드들은 기지국이나 엑세스 포인터(access pointer)와 같은 중계기가 없이 이웃 노드를 경유하여 멀티 홉(multi-hop)으로 통신이 가능하다[1].

최근에, 이러한 애드혹 네트워크의 특징을 이용한 차량 간 통신 시스템(IVC: inter-vehicular communication systems)이 자동차 제조사와 연구 그룹에 의해서 연구되어 오고 있으며, 이러한 시스템을 이용하여 새로이 출시되는 차량에는 GPS(global positioning system) 수신기, 네비게이션(navigation system), 송수신기의 장착이 일반화 되고 있다[2]. 이러한 장비를 바탕으로 차량간 네트워크의 형성이 가능하게 되었다. 네트워크의 실현으로 가까운 장래에 차량들은 네트워크 프로토콜에 의해 인터넷, 실시간 메시지 교환, 금융 및 쇼핑에 관련된 송수신 하게 될 것이다. 이러한 서비스는 유선망에서 서비스되어지는 서비스가 무선망을 통해서 구현되어지는 것이다. GM, Ford와 같은 외국의 제조사뿐만 아니라, 국내 자동차 제조사에서도 차량의 내부에 고성능의 컴퓨터의 장착이 일반화 되어 가고 있다.

현재, IVC 시스템은 초기화 단계이며, 1999년도에 FCC(federal communication commission)에서 내놓은 주요한 지표에서 여행자의 안전, 공해와 연료 소모의 절감, 경제성을 고려한 5.9GHz 대역의 전용 단거리 통신 스펙트럼을 할당하였다[3]. 긴급 무선 통신 기술은 무선 통신시 발생하는 전송의 지연 문제의 해결이 큰 관건이되고 있다. 전송 지연 문제를 해결하기 위해 DSRC(dedicated short range communications) 컨소시엄에서 V2V(vehicle-to-vehicle) 통신에서 공공의 안전을 지원하기 위한 중·단거리 통신 서비스를 정의 하고, ITS(intelligent transportation system) 프로젝트에 대한 내용이 다루어지고 있다[4]. ITS 시스템은 IVC에서 커버하는 기술의 한 부분으로 인식되고 있다[2,5,6].

IVC 시스템에서 중요한 기술로 인식되고 있는 것은 브로드캐스트(broadcast 혹은 dissemination) 통신이다. 이벤트 발생시 정보의 소스(source)에서 목적지(destination)로 전송하기위해 차량(혹은 사고차량)에 인접한 곳에 위치하는 불특정 차량에 전송할 필요가 있으며, 이 경우 브로트캐스트 통신은 빠르고 적절한 통신 방법으로 사용 가능하다. 이러한 통신의 예로, 안개, 폭우에 의한 도로파손, 주야간 발생하는 차량의 사고 정보를 실시간으로 알고 싶어하며, 사고 발생 정보는 가장 가까운 경찰서나 근처의 모든 차량에 제공되어야 한다[5]. 그래서, 효과적으로 긴급 정보의 전송이 필요하며, 이를 위해 기존의 무선 통신에서 브로트캐스트 통신이 이용되고 있다. 기존의 무선통신 방법을 IVC 시스템에 도입하기 위해서는 몇 가지 제한 점을 갖는다.

첫째, 중복된 메시지가 전달되고 중복 메시지의 처리문제가 발생하고, 과다한 중복 메시지 발생시 메시지 간 충돌이 발생한다. 둘째, 차량의 빠른 이동으로 인한 MAC 프로토콜의 제어와 상관없이 간섭, 히든노드(hidden node problem) 문제가 발생한다. 셋째, 좁은 도로망 환경에서 빠른 이동시 정상적인 차량의 통신을 간섭, 차단의 원인이 되어 유효한 채널 대역의 낭비 원인이 된다. 넷째, 메시지를 전달할 때 차량의 위치를 정확하게 판달할 수 없다.

본 논문에서는 차량 및 기타 원인에 의해 전방의 교통상황을 알 수 없기 때문에 발생할 수 있는 도로의 막힘 현상을 해결하기 위해 지능형 차량 전송 시스템에서 긴급 상황 전송을 위한 프로토콜을 제안한다. 제안하는 네트워크에서 이동체 혹은 차량은 GPS, 네비게이션, 네트워크 인터페이스를 장착한 차

량을 대상으로 하며, 제안하는 프로토콜에서는 신뢰성을 고려하여 효과적이며 안정적으로 긴급정보 전송을 위한 프로토콜 개발에 주요한 초점을 맞춘다. 차량간 통신 시스템에서 노드의 이동과 망 토폴로지는 무선 ad hoc 네트워크 형태를 가지게 된다. 도로 및 차량의 특성상 차량의 이동은 빠르게 진행되고 속도로 인한 정확한 위치를 알 수 없다는 단점이 있다.

제안 프로토콜의 요구사항을 충족하기 위해 본 논문이 가지는 몇 가지 특징을 기술한다. 하드웨어적인 특징은 다음과 같다. 사고 차량의 위치를 정확하게 판단하기 위해 GPS을 장착한 차량을 대상으로 하며, 둘째, 과도한 메시지의 전송으로 발생하는 메시지간 충돌을 회피하기 위한메세지의 전송방법을 개선하며, 셋째, 도로에 과도한 기지국 혹은 액세스 포인터 건설에 따른 비용 문제를 고려하여 현재 설치된 기지국 혹은 기지국간 원거리(long distance) 배치를 고려한다.

프로토콜 측면의 특징은 다음과 같다. 기존 시스템 채용시 가지는 충돌이나 라우팅에서 발생하는 오버헤드를 줄이고, 전송의 안전성을 보장하기 위해 단문 메시지 형태의 패킷을 전송한다. 임이의 위치에서 사고 바생시, 사고 차량은 단문 메세지 형태의 긴급 메시지(alet beacon message)를 주기적으로 전송한다. 둘째, 이 메시지를 수신한 불특정 이동 차량은 이 메시지를 버퍼링하고 있다가, 자신이 다른 기지국 영역 반경내로 진입하게 될 경우 수신한 메시지를 자신의 정보에 실어 기지국에 전송하게 된다. 셋째, 이 메시지를 수신한 기지국은 차량 정비 센터로 전송하여 효과적으로 상황에 대처할 수 있게 된다.

본 논문에서는 충돌의 회피와 안정적인 전송을 위한 프로토콜을 개발하며, 제안한 프로토콜을 시뮬레이션을 통해 패킷의 충돌, 전송지연 등에 개선된 성능을 나타낸다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련된 연구 내용을 살펴보고, 3장에서는 문제의 정의와 시스템 모델을 제안하고, 4장에서는 긴급 메시지 전송을 위한 프로토콜과 이 프로토콜에서 사용하는 메시지의 형태를 제시하며, 5장에서는 시스템 분석 및 성능에 대해 설명하며, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

## Ⅱ. 관련 연구

차량간 통신 시스템 연구는 최근 몇 년간에 지속적으로 연구되어 오고 있으며, 이러한 연구에 주로 MANET(mobile ad hoc networks)이 이용되고 있다 [1].

### 1. Ad Hoc 네트워크

ad hoc 네트워크는 MANET의 특수한 형태로 단거리 전송, 대역폭 제한, 단방향 전송, 저장용량 제한 등의 특징을 갖는다[7]. 애드혹 라우팅 프로토콜은 On-Demanding 방식, Table-Driven 방식, 그리고 둘을 혼합한 Hybrid 방식으로 나누어볼 수 있다 [1,3,8].

#### 1) Tabel-Driven 방식

Table-Driven 방식은 항상 네트워크의 모든 노드에 대한 라우팅 정보를 유지하는 방식으로 보낼 데이터가 생기면 유지하고 있던 라우팅 정보를 이용해서 데이터를 전송한다. 이 방식은 많은 라우팅 정보의 교환을 필요로 하기 때문에 많은 라우팅 오버헤드가 문제가 된다.

#### 2) On-Demanding 방식

On-Demanding 방식은 전송할 데이터가 발생할 때에만, 경로를 찾아서 이를 이용하는 방식으로 라우팅 정보의 교환이 적어 노드의 수가 많은 애드혹 네트워크에 적합한 라우팅 방식이다. 하지만 이 방식 또한 몇 가지 문제를 가진다.

#### 3) Hybrid 방식

Hybrid 방식으로써 ZRP(zone routing protocol)

가 제안되기도 하였다[1]. On-Demanding 기반의 에너지 효율적 라우팅 알고리즘으로 네트워크 수명을 증가시키기 위해 경로를 주기적으로 변경하는 PSR (power-aware source routing)이 제안되었다[9].

## 2. 차량 간 통신 네트워크

V2V 통신방법을 사용하여 도로상의 차량은 비정상적으로 동작할 수 있다. 그 원인으로는 이동방향의 변화, 기계적인 에러 등이 주요한 원인이 된다. 이 경우 차량은 EWM(emergency warning message)을 발생하게 하고 발생된 정보는 원격지로 전송되어 적절한 조치를 취하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 몇 가지의 연구 내용이 있다[5,10,11].

### 1) 긴급 상황 발생시 제한된 전송지연을 가짐

긴급 이벤트 발생 후 즉각적인 경보가 이웃 차량으로 전송되어 후속 사고를 방지 하여야 한다[2].

### 2) 사고 발생 후 장기간 비정상적인 상태 유지

후속 차량의 지원이 없을 경우, 사고 발생 후 비정상적으로 동작하는 차량은 장기간 동일 상태에 있게 된다. 만약 차량이 고속도로 중앙에서 사고가 발생했을 경우, 단기간이라 할지라도 위험한 상태에 놓이게 된다. 이러한 차량으로 인한 도로 정체나 사고의 위험이 늘어나고, 고장 차량에 의해 발생하거나, 근접위치에서 이웃차량에서 발생하는 메시지들로 인한 메시지 간 충돌 및 일시적인 핫스팟(hot spot)이 발생할 수 있다[12].

### 3) 중복된 이벤트의 전달

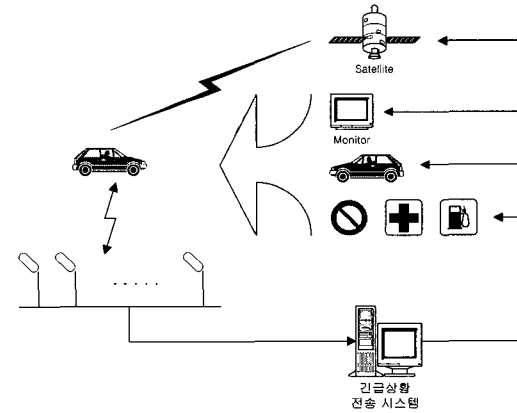
고장 차량에서 발생하는 이벤트는 중복해서 이웃 차량에 전달되고 이로 인한 장기간 채널을 점유하게 된다. 동일한 이벤트 전송으로 인한 차량간 불필요한 통신이 발생하고, 해당 패킷의 목적지에서 중복 이벤트 처리에 따른 오버로드가 발생하게 된다.

# Ⅲ. 문제점 및 시스템 모델

## 1. 문제점

여장거리의 고속도로에서 차량이 이동할 경우 예상하지 못한 차량의 기계적인 결함과 돌발적인 원인이나 상황에 의해 고장이 발생할 수 있다. 이러한 경우 차량은 무선 송수신 기능을 장착하고 있다고 하더라도 전송 반경의 제한으로 자신의 고장 정보를 원격지에 알릴 수 없게 된다[13]. 일반 도로상에 많은 액세스 포인트를 설치하면 원활한 통신이 가능하지만 설치 및 유지보수에 대한 많은 비용을 감수하여야 한다. 상술한 문제점을 해결하기 위해 IVC 에서는 MANET을 사용하여 빈번한 토폴로지의 변화 및 이동성에서 발생하는 문제점들을 해결하고 있다. 그러나, 애드혹 네트워크에서 이동 간 통신상황에서 발생하는 다양한 문제점들을 해결하기 위해 라우팅 프로토콜을 제안하고 있지만 <그림 1>과 같은 상태에서는 적절한 해결책이 되지 못한다.

그 원인으로는 고장 차량이 고장을 인식하게 되면, 자신의 상태를 인지하고 긴급한 서비스를 받기 위해 자신의 정보를 원격지로 전송을 하여 신속한 서비스를 받으려고 하지만, 고속 이동 및 많은 차량




<그림 1> 일반도로 및 고속도로의 ITS 통신 시스템 환경

<Fig. 1> The ITS communication system of a highway and expressway

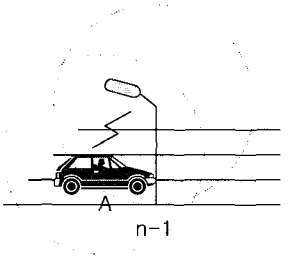
들이 이동하는 상태이고, 이런 상태에서 고장 차량이 자신의 메시지를 전송한다면 충돌이 발생할 수 있고 정상적인 메시지전송중이 노드(차량)들의 통신을 방해 하게 된다.

전송을 위해 다른 통신 노드와 경쟁을 하게 되고 경쟁이 실패할 경우 종단간 전송 실패 및 심각한 전송 지연을 경험하게 된다[14-16].

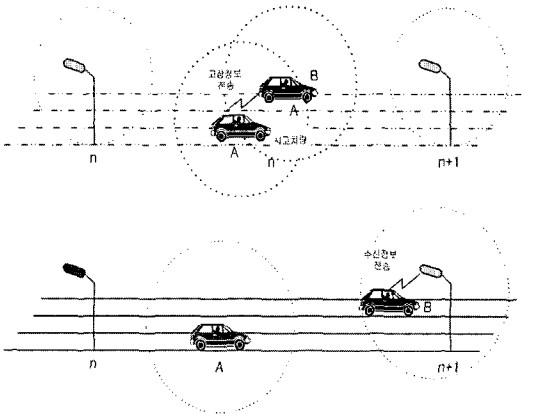
<그림 1>은 일반도로 및 고속도로의 ITS 통신 시스템 환경이며, ITS 통신 시스템은 긴급차량, 액세스 포인트, 긴급상황 전송시스템, 도로모니터링시스템, 도로관리차량, 도로의 상태/상황 정보을 저장하고 있는 시스템으로 구성되어 있다.

## 2. 시스템 모델

본 논문에서 제안하는 시스템 모델은 일반도로 및 고속도로에서 몇 개의 근거리 액세스 포인트를 설치하여 긴급차량의 메시지를 송수신이 가능한 모델이다. <그림 2>와 <그림 3>에서 3차선의 일반 및 고속도로 환경을 가정하고, 액세스 포인터는 2개($AP_m$, $AP_{m+1}$)를 가정하였다. 액세스 포인터들 간의 통신은 유선으로 연결된 상태이며, 이동 차량, 액세스 포인터의 송수신은 해당 액세스포인터의 전송 반경 내에서만 송수신을 할 수 있다. 차량의 통신시스템은 버퍼기능을 갖춰서 다른 차량의 메시지를 저장하였다가 전달해주는 데이터그램 전송방식의 기능을 수행한다고 가정한다.




<그림 2> 긴급정보 전송을 위한 원-홉 모델
<Fig. 2> A one-hop forwarding model within an access-pointer transmission range




<그림 3> 긴급정보 전송을 위한 멀티홉 전송 모델
<Fig. 3> A multi-hop forwarding model for an emergency information transmission

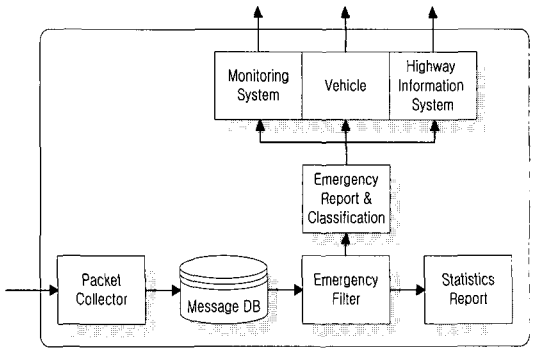
<그림 2>는 액세스 포인터의 전송반경내에서 정보전송 모델 이다. 이 모델에 따라, 긴급 상황이 발생한 차량 A가 액세스 포인트 n의 전송 반경 내에 존재할 경우 긴급상황을 전송하는 상황을 나타낸 것이다. <그림 3>은 긴급상황의 차량 A가 액세스 포인트 n의 전송 반경을 벗어난 경우이며, 이 경우 긴급상황을 송수신할 수 없는 상태를 나타낸 것이다.

<그림 3>의 환경에서는 사고차량의 전송 반경내에 위치하는 차량에 데이터를 전달하여 멀티 홉 방식이나, 차량A의 데이터를 버퍼링하고 있는 차량 B가 자신이 수신한 데이터를 버퍼링하고 있다가 액세스 포인터 n+1의 송수신 범위 내로 진입했을 때 알리는 방법을 택해야 한다.

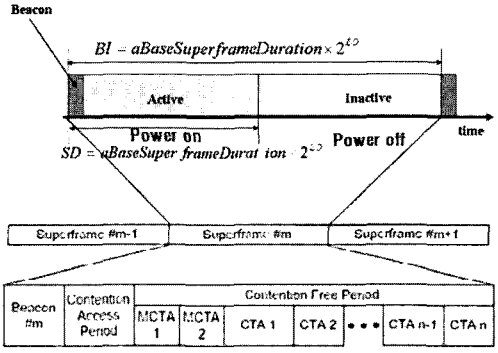
# Ⅳ. V2V 정보전송 프로토콜

이 장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 차량 정보 전송 프로토콜에 대해서 기술 한다.

<그림 4>는 긴급상황 전송시스템의 상세한 구조를 나타내며, 각 모듈별로 수행하는 기능은 다음과 같다. 패킷 수집기는 V2V 네트워크를 통해 액세스 포인트로 들어온 패킷을 목적지이며, 이곳에서 장거리 고속도로의 모든 메시지가 모이는 곳이다. 수집된 패킷의 정보를 메시지 데이터베이스에 기록하게




<그림 4> 긴급상황 전송 시스템 구조
<Fig. 4> An architecture for forwarding emergency information




<그림 5> Superframe 구조의 예
<Fig. 5> An example of a superframe architecture

된다. 데이터베이스에 저장된 데이터는 실시간으로 패킷의 플래그에 의해서 긴급상황에 대한 정보를 필터링하며, 고속도로의 상황을 리포팅하게 된다. 긴급상황 필터에 의해서 필터링된 메시지는 가공되어 긴급상황에 맞는 규칙에 의해서 처리된다. 도로모니터링 시스템은 긴급차량 부분의 CCTV를 이용하여 긴급상황을 파악하게 됨과 동시에 도로지원차량에 정보가 보내지며, 도로정보시스템에 긴급차량에 의한 교통통제 및 알림 기능을 제공할 수 있다.

## 1. IEEE 802.15.3 MAC 프로토콜

IEEE 802.15.3 WPAN(wireless personal area network)은 단거리(10m내외) 무선환경에서 실시간, 고품질, 대용량의 멀티미디어 데이터 전송을 위해 IEEE에 의해 표준화된 기술이다. WPAN 기술로써 55Mbps의 데이터 전송률을 제공하고, 저전력의 이동통신 단말기를 지원하기 위한 전력 관리 기능을 제공하고 있어 전력 소비를 최소화 할 수 있다.

WPAN의 무선환경에서 디바이스들은 전송할 데이터의 특성에 따라 채널 할당을 요청하고 WPAN 코디네이터에 의해 할당받은 채널의 수퍼프레임 내에서 전송을 하게 된다. 고속, 고 품질의 데이터 전송과 저전력 소모라는 목표를 달성하기 위해서 IEEE 802.15.3는 기본적으로 동작과 비동작 구간(active/inactive period)을 사용하고, 네트워크에 참여하는 디바이스들의 동기화를 위해 비콘(beacon)을 사용한다.

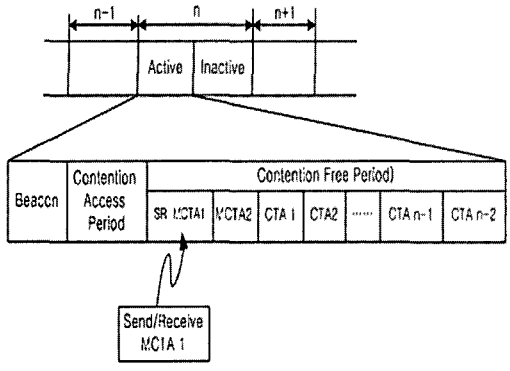
<그림 5>는 제안 통신프로토콜의 프레임 구조를 나타낸다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.4의 수퍼 프레임 구조를 차량 간 긴급 상황 발생 시 적용 가능한 구조로 변경한다. 수퍼프레임의 구성은 Active구간과 Inactive구간으로 나누어지고, 다시 Active구간은 Beacon, CAP, CFP구간으로 나누어진다. Active 구간과 Inactive 구간을 두어서 Active 구간에서만 라디오 모듈을 동작시키고 Inactive 구간에서는 라디오 모듈의 전원을 차단한다. 이러한 기법을 사용하여 WPAN은 에너지 소모를 줄인다.

Active 구간은 BI의 크기와 상관없이 항상 16개의 Slot으로 나누어진다. 각 Device들은 매 Beacon 시간마다 전송할 데이터의 유무와 상관없이, 항상 Active 상태로 유지해서 동기를 맞춰야 하며 다른 구간에서는 옵션이다. 또한, 프레임 구조와 각 디바이스가 요청한 시간을 할당 한다.

## 2. 제안 수퍼프레임 구조

본 논문에서 지능형 차량 전송 시스템에서 V2V 통신을 위해 제안하는 수퍼 프레임 구조는 <그림 6>과 같다.

<그림 6>에서 수퍼프레임은 Active구간과 Inacti-




<그림 6> 제안 수퍼 프레임 구조
<Fig. 6> Proposed superframe architecture

ve 구간으로 나누어져 있다. Active구간과 Inactive 구간의 기능은 IEEE 802.15.3과 동일하며, Active구간은 다시 CAP(contention access period)와 CFP (contention free period)로 나누어진다. CFP는 S/RMCT 1, MCTA 2, CTAP(channel tome allocation period), (1, 2,...., n), 구간으로 나누어진다. CAP에서는 Slotted CSMA/CA 방식을 이용해서 작은 크기의 데이터, 네트워크 제어, CTA 의 요구를 수행한다. 본 논문에서 제안 수퍼프레임 구조에서 MCTA는 디바이스의 피코넷 등록이나 네트워크 유지 및 CTA 요구등과 같은 명령을 수행하고, 긴급 정보의 원활한 전송을 위해 기존의 MCTA의 기능을 보완하여 SR-MCTA (send/receive-MCTA)의 기능을 수행한다. SR-MCTA 구간은 데이터를 직접 주고받을 수 있고, 이 구간에서 두 가지 모드를 취할 수 있게 된다. 먼저 정상 상태의 차량인 경우 Receive 모드를 취하게 되고 비정상(고장상태)인 경우 Send 모드를 취할 수 있게 된다. 또한, 고장 차량의 데이터를 수신한 차량은 수신 데이터를 전달하기 위해 Send상태를 유지한다. 긴급 이벤트는 인접한 진행방향의 차량들에게 멀티홉 방식으로 전달되어 액세스 포인터에게 전달하거나, 인접한 차량이 없을 경우 최초 수신한 차량이 액세스 포인터의 전파 반경내로 진입할 경우 자신이 저장하고 있던 정보를 전달하게 된다. SR-MCTA 구간에서 고장 차량은 자신의 정보, 위치, 차량의 고장 혹은 이상부분에 대한 정보를 전송한다.

## 3. 성능 분석

본 논문에서 정량적인 평가를 위해 <그림 2>에서 설명한 환경을 대상으로 했다. 시뮬레이션에 의한 상태를 모니터링하기 위해서 3장에서 비교한 환경과 같이 노드(차량) A에서 발생된 데이터가 노드(차량) B에게 전달되고, 노드 B가 액세스포인터($AP_{n+1}$)의 영역내로 진입하여 액세스포인터($AP_{n+1}$)의 신호를 수신하여 다시 PAN 코디네이터(혹은 액세스포인터 ($AP_{n+1}$)에게로 전달되는 동안의 평균 지연시간을 계산한다. 정량적 성능분석은 2가지의 형태로 나누어 볼 수 있다.

첫째, Device의 임이의 시간 구간상에서 발생했을 때, 우리가 제안한 수퍼프레임 구조는 시간의 구성 형태에 따라 Beacon구간, Active구간, Inactive구간으로 나누고, 각 구간에서 발생하는 구간별 전송지연은 $D_{Beacon}$, $D_{Active}$, $D_{Inactive}$ 3가지의 경우로 나누어 볼 수 있다. 또한, Beacon 구간, Active 구간, Inactive 구간에서 데이터가 발생할 확률은 $P_B$, $P_A$, $P_I$ 이며, 이 때 발생시간은 $T_B$, $T_A$, $T_I$ 라고 했을 때 평균 지연시간 $D_{Beacon}$, $D_{Active}$, $D_{Inactive}$은 각각 다음의 수식 (1), (2), (3)과 같다.

$$D_{Beacon} = P_B(\tfrac{3}{2}T_B + T_A + T_I + T_{RT}) \quad (1)$$

$$D_{Active} = P_A(T_B + \tfrac{1}{2}T_A + T_I + T_{RT}) \quad (2)$$

$$D_{Inactive} = P_I(2T_B + T_A + \tfrac{3}{2}T_I + T_{RT}) \quad (3)$$

Superframe에서의 평균 지연시간 $D_{avg}$은 다음 수식 (4)과 같다.

둘째, 임의의 시간구간 상에서 Device가 PAN coordinator에게 데이터를 요청했을때 발생하는 전송지연은 다음과 같다.

$$D_{avg} = D_{Beacon} + D_{Active} + D_{Inactive} \quad (4)$$

Device가 PAN coordinator에게 데이터를 요청하

고 받는데 소비하는 시간을 $T_{RT}$라고 했을 때, 이때 발생하는 전송시간을 수식 (5)와 같이 생각해 볼 수 있다.

$$D_{Beacon} = P_B(\tfrac{3}{2}T_B + T_A + T_I + T_{RT}) \quad (5)$$

두 번째 전송과 관련하여 분석의 명료성을 고려하여 2번째 Active구간만으로 축소한다. $D_{Active1}$, $D_{Active2}$는 각각 데이터가 Active1 구간, Active2 구간에서 발생되었을 때의 평균 지연시간을 의미한다. 임이의 Device가 PAN coordinator에게 데이터를 요청했을 때 시간구간에서 발생할 확률을 먼저 구해보면 다음과 같다. $P_{A1}$는 Active1 구간에서 데이터가 발생할 확률이며 $\frac{1}{2}(P_A - P_B)$과 같다. 또한 $P_{A2}$는 Active2 구간에서 데이터가 발생할 확률이며 $\frac{1}{2}(P_A + P_B)$이다. $T_{A1}$는 Active1 구간의 길이이며 $\frac{1}{2}(T_A - T_B)$이고, $T_{A2}$는 Active2 구간의 길이를 의미하며 $\frac{1}{2}(T_A + T_B)$과 같다. 각 구간에서 구한 확률을 기반으로 Inactive 구간에서 발생했을 때의 전송지연시간은 다음과 같다.

$$D_{Inactive} = P_I(T_B + \tfrac{1}{2}T_I + T_{A2} + T_{RT}) \quad (6)$$

또한, 단거리 무선 프로토콜의 특성상 현재의 요청은 다음 프레임에서 전송이 가능하므로 Active구간에서 발생한 확률은 Active1과 Active2로 동시에 구해 질 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{Active1} &= P_{A1}(T_B + \tfrac{1}{2}T_{A1} + T_I + T_{A2} + T_{RT}) \\ D_{Active2} &= P_{A2}(T_B + \tfrac{1}{2}T_{A2} + T_{RT}) \end{aligned} \quad (7)$$

## V. 시뮬레이션

본 논문에서 제안하는 방식에서 발생되는 평균 지연시간을 계산하기 위해 네트워크에 발생되는 데이터가 적어서 패킷의 충돌이 없는 것으로 가정한다.

<표 1>은 본 논문에서 사용한 고속 WPAN 시뮬레이션에서 사용한 트래픽 모델이다. 본 논문에서 사용한 트래픽 모델은 디바이스의 움직임이 느리고 망환경의 변화가 적다. 일반적인 WPAN의 프로토콜을 IVC 환경에 적용하기 위해서는 여러 가지 제약조건들이 따르고 이러한 제약 조건을 극복하기 위해 망의 환경을 변화 시켜야 한다. 통신망 환경은 그림 2의 상태를 기반으로 했으며, 사고 차량의 옆을 통과하고, 이 차량의 전방에 다른 차량에 데이터를 포워팅하고 이 차량이 액세스 포인터에 접근 하고 있는 상태를 가정하였다.

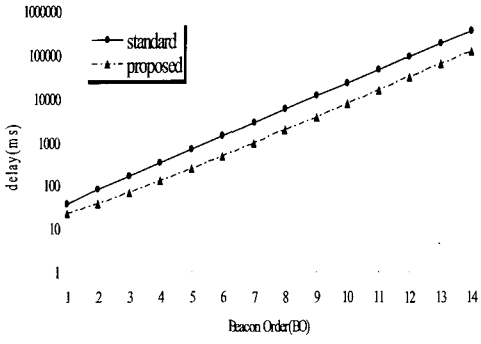
<표 1> 시뮬레이션 파라메터
<Table 1> Simulation parameters

| Item | Value |
|---|---|
| Terminal data rate | 55Mbps |
| Traffic type | MPEG-4(4 Mbps) |
| CTA size | 4ms |
| CAP duration | 100us |
| # of MPEG-4 flow | 1-7 |
| Superframe length | 30ms |
| MPEG-4 frame rate | 30 frames/sec |

4.3절의 이론적 분석을 바탕으로 Beacon구간과 Active구간만 있는 경우와 Becacon구간, Active구간, Inactive구간이 있는 경우로 나누어 볼 수 있다. 앞서 설명에서 BO와 SO의 값이 '0'일 경우 Inactive구간은 발생하지 않고 센서가 항상 Active상태로 남아 있게 되며, 이때 전송에 대한 지연은 줄어들지만, 이와 비례하여 에너지의 소모량은 늘어나게 되고 노드의 수명은 줄어들게 된다. 이러한 상관 관계를 고려하여 시뮬레이션에 적용하기 위해 구간의 유무 및 구간의 길이를 나타내는 BO와 SO값을 변환시키면서 살펴본다.

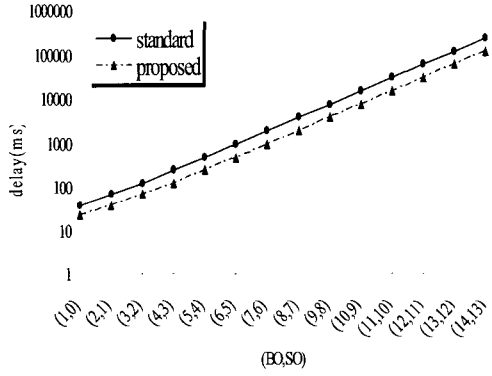
<그림 7>은 SO값은 0으로 일정하고 BO값이 1에서 14까지 변화하는 동안의 평균 지연시간을 보여준다. 즉, Active 구간은 일정하고 Inactive 구간만 지수승으로 증가한다.

<그림 8>은 BO값이 1에서 14까지 변화하고 SO값도 0에서 13까지 변화하는 동안의 평균 지연시간




<그림 7> SO=0, BO는 1에서 14까지 변하는 동안의 평균 지연시간

<Fig. 7> In case of equivalent, an average delay that set SO and BO to a value between 1 and 14




<그림 8> BO와 SO가 같은 비율로 증가하는 동안의 평균 지연시간

<Fig. 8> In case of unequivalent, an average delay that set SO and BO to a value between 1 and 14

을 보여준다. 즉, Active 구간과 Inactive 구간의 비율이 약 1:1로 유지하면서 지수승으로 증가한다. 두 이론적인 그래프와 같이 평균 지연시간은 Superframe의 크기가 커질수록 그에 비례해 증가하였다. 또한, Active 구간과 Inactive구간의 비가 일정한 경우보다 비가 커질수록 평균 지연시간의 차이는 더 증가하였다.

본 논문에서 제안한 Superframe 구조에서 발생되는 평균 지연시간이 기존의 방식보다 줄어든다는 것을 이론적으로 알 수 있었다. 이 같은 결과는 우리가 제안한 Superframe 구조는 기존 Superframe의 Inactive 구간에서 발생하는 평균 지연시간을 단축하기 때문이라 판단된다.

## V. 결 론

차량 네트워크를 이용하여 긴급상황 전송시스템을 설계한다. 장거리의 고속도로에서 차량이 이동할 경우 예상하지 못한 차량의 기계적인 결함과 돌발적인 원인에 의한 고장이 발생한다. 이러한 경우 차량은 무선 송수신 기능을 장착하고 있다고 하더라도 전송 반경의 제한으로 자신의 고장 정보를 원격지에 알릴 수 없게 된다. 장거리의 고속도로에 많은 액세스 포인트를 설치하면 원활한 통신이 가능하지만 설치 및 유지보수에 대한 많은 비용을 감수하여야 한다. 이러한 상황에서 보다 효율적인 차량 네트워크를 이용한 긴급상황 전송시스템을 설계하였다. 제안된 모델은 장거리 고속도로에 몇 개의 근거리 액세스 포인트를 설치하여 긴급차량의 메시지를 송수신이 가능한 모델이다. 장거리의 고속도로 환경에서 근거리의 액세스 포인터들과 이동하는 차량 통신시스템의 버퍼기능을 갖춘 데이터그램 전송방식을 이용하여 긴급차량의 송수신 불가능 상태를 이동하는 차량의 버퍼기능으로 액세스 포인터의 전송 반경 내에서만 송수신을 중계할 수 있다.

## 참고문헌

[1] S. Chen and K. Nahrstedt, "Distributed quality-of-service routing in ad hoc networks," *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, vol. 17, no. 8, pp. 1488-1505, Aug. 1999.

[2] L. Briesemeister and G. Hommel, "Role-based mulicast in highly mobile but sparsely connected ad hoc networks," *IEEE/ACM Workshop on Mobile Ad Hoc Networking and*

*Computing (MobiHOC2000)*, pp. 45-50, 2000.

[3] Y. C. Tseng, S. Y. Ni, Y. S. Chen, and J. P. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc networks," *Wireless Networks*, vol. 8, pp. 153-167, Mar.-May 2002.

[4] X. Yang, J. Liu, F. Zhao, and N. H. Vadya, "A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning," Proc. Int. Conf. Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous 2004), pp. 1-14, Aug. 2004.

[5] M. T. Sun, W. C. Feng, T. H. Lai, K. Yamada, and H. Okada, "GPS-based message broadcast for adaptive inter-vehicle communications," VTS 2000, vol. 6, pp. 2685-2692, 2000.

[6] I. Chisalita, and N. Shahmehri, "A peer-to-peer approach to vehicular communication for the support of traffic safety applications," Proc. *IEEE Conf. Intell. Trasnportation Sys.*, Singapore, pp. 336-341, Sept. 2002.

[7] T. Nadeem, S. Dashtinezhad, C. Liao, and L. Iftode, "TrafficView: Traffic data dissemination using car-to-car communication," *Mobile Computing and Commmunications Review*, vol. 8, no. 3, pp. 6-19, Jul. 2004.

[8] H. Hartenstein, B. Bochow, A. Ebner, M. Lott, M. Radimirsch, and D. Vollmer, "Position-aware ad hoc wireless networks for inter-vehicle communications: The fleenet project," *Proc. ACM Symp. on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, pp. 76-85, Oct. 2004.

[9] T. R. Park, T. H. Kim, J. Y. Choi, S. Choi, and W. H. Kwon, "Throughput and energy consumption analysis of IEEE 802.15.4 slotted CSMA/CA," SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev., vol. 8, no. 3, pp. 6-19, Jul. 2004.

[10] H. Lim, C. Lim, and J. C. Hou, "A coordinate-based approach for exploiting temporal-spatial diversity in wireless mesh networks," *ACM MobiCom'06*, pp. 14-25, Sept. 2006.

[11] Q. Xu, T. Mak, J. Ko, and R. Sengupta, "Vehicle-vehicle safety messaging in DSRC," *ACM Workshop on Vehicular Ad-Hoc Networks*, pp.19-28, Oct. 2004.

[12] J. Misic and V. B. Misic, "Access delay for nodes with finite buffers in IEEE 802.15.4 beacon enabled PAN with uplink transmissions," *Computer Communications*, vol. 28, no. 10, pp.1152-1166, 2005.

[13] S. Biswas, R. Tatchikou, and F. Dion, "Vehicle-to-vehicle wireless communication protocol for enhancing highway traffic safety," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 44, no. 1, pp. 74-82, Jan. 2005.

[14] I. Stojmenovic, S. Seddigh, and J. Zunic, "Dominating sets and neighbor elimination based broadcasting algorithms in wireless networks," *IEEE Trans. Parallel and Distributed Syst.*, vol. 13, pp.14-25, Jan. 2002.

[15] K. Tokuda, M. Akiyamam, and H. Fujii, "DOLPHIN for inter-vehicle communications system," Proc. *IEEE Intelligent Vehicle Symp.*, pp.76-85, 2004.

[16] G. Korkmaz, E. Ekici, F. Ozguner, and U. Ozguner, "Urban multi-hop broadcast protocols for inter-vehicle communication systems," *ACM Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks(VANET 2004)*, pp. 76-85, Oct. 2004.

## 저자소개

**김 경 준 (Kim, Kyungjun)**
1996년 2월 : 경일대학교 컴퓨터공학과 학사
1999년 8월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
2005년 2월 : 경북대학교 정보통신학과 박사
2005년 3월 : 경북대학교 유비쿼터스 컴퓨팅팀 PostDoc.
2006년 9월 ~ 현재 : 호남대학교 전파이동통신공학과 전임강사
관심분야:

**차 병 래 (Cha, Byungrae)**
1995년 2월 : 호남대학교 수학과 학사
1997년 2월 : 호남대학교 컴퓨터공학과 석사
2004년 2월 : 목포대학교 컴퓨터공학과 박사
2005년 3월 ~ 현재 : 호남대학교 컴퓨터공학과 전임강사
관심분야:

**김 철 원 (Kim, Cheolwon)**
1997년 2월 : 광운대학교 박사
1988년 3월 ~ 현재 : 호남대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : XML 응용, 멀티미디어 정보검색, 멀티미디어 통신