

# 텔레매틱스 교통안전시스템에서 데이터 전송의 신뢰성과 실시간성 향상 방안

김영만<sup>0\*</sup>, 엄두섭<sup>\*\*</sup>, 김민수<sup>\*\*\*</sup>, 김승균<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>국민대학교 컴퓨터학부

<sup>\*\*</sup>고려대학교 전자컴퓨터공학과

<sup>\*\*\*</sup>ETRI 텔레매틱스 USN 연구단

[ymkim@kookmin.ac.kr](mailto:ykim@kookmin.ac.kr)<sup>0</sup>, [eomds@korea.ac.kr](mailto:eomds@korea.ac.kr), [minsoo@etri.re.kr](mailto:minsoo@etri.re.kr), [-x-file@hanmail.net](mailto:-x-file@hanmail.net)

## Enhancement of Reliability and Realtime Property for Telematics Transportation Safety System

Young Man Kim<sup>0\*</sup>, Doo Seop Eom<sup>\*\*</sup>, Minsoo Kim<sup>\*\*\*</sup>, Seung Gyun Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>School of Computer Science, Kookmin University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Electronics & Computer Engineering, Korea University

<sup>\*\*\*</sup>Telematics & USN Research Division, ETRI

### 요 약

현재 국내에서는 교통 안전 운전 서비스 및 교통정보 수집체계 구축에 USN 기술을 적용하기 위한 연구와 시범사업이 추진되고 있다. 사거리 교통 안전 시스템은 교차로로 진입하는 도로위에 무선 센서 노드들을 부착하여 무선 센서 노드 위를 지나는 차량들의 정보(속도, 위치, ID 등)를 실시간으로 수집 및 분석하여 얻은 차량안전 운전정보를 교차로에 접근하는 차량들에게 전송하여 차량충돌을 회피하도록 하는 텔레매틱스 서비스 시스템이다. 이 시스템에서는 최대 1초 이내에 교차로에 접근하는 차량들의 정보를 수집해서 동일 그룹의 차량들에게 충돌회피 정보를 알려주어야 하기 때문에 일반적인 라우팅 알고리즘이 갖지 못한 높은 신뢰성과 실시간성을 가진 라우팅 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 교차로 주변차량들의 정보를 수집하여 교차로의 베이스 스테이션까지 전송하는데 있어서 높은 신뢰성과 실시간성을 가진 새로운 라우팅 알고리즘을 제안한다.

### 1. 서론

언제 어디서든 인간의 편의를 도모하고자 하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 시대에 발맞춰 많은 연구들이 수행되고 있으며 다양한 서비스들이 개발되어 일반 사용자들에게 제공되고 있다. 텔레매틱스 분야에서도 길안내 서비스, 교통정보 서비스 등 다양한 서비스가 제공되고 있으나 현재 대부분의 서비스는 GPS 를 이용해서 차량의 위치나 속도를 파악하기 때문에 건물이 많은 지역이나 지하터널 등에서는 정확한 위치 파악을 할 수 없고 주변환경이 좋더라도 GPS 특성상 오차 범위가 최대15m 까지 발생하기 때문에 자동차가 몇 번째 차선에 있는지 등의 자세한 위치정보는 GPS 를 이용해서는 불가능하고 다른 방법을 이용해야 한다. 본 연구에서는 위치, 속도, ID 등을 포함한 차량 정보를 얻기 위해 차량과 노면에 센서 노드를 부착해서 보다 정확한 차량 정보를 얻게 한다. 또한 교차로에서의 교통사고를 예방하기 위하여 도로상에 부착된 고정센서노드를 통하여 교차로에 접근하는 차량에 부착된 이동센서 노드로부터 수집한 정보를 교차로

중앙에 있는 베이스 스테이션까지 전송하는데 있어서 높은 신뢰성과 실시간성을 가진 새로운 메시지 라우팅 알고리즘을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 텔레매틱스 서비스에 대한 최신 연구 동향을 소개한다. 3장에서는 사거리 교차로 교통안전 시스템을 설계한다. 4장에서는 신뢰성과 실시간성을 향상시키는 가변 스케줄링 알고리즘을 제시한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 교차로 차량 충돌 예측 시스템을 위한 가변 스케줄링 알고리즘의 향후 연구 방향에 대하여 논한다.

### 2. 텔레매틱스 연구 동향

텔레매틱스 기술개발이 진행되면서 안전지원 분야에서는 안전운전과 개인정보 보호를 목표로 차량에서의 음성인식 및 TTS(Text To Speech)기술, 차량 내부 센서와의 연계를 통한 원격 차량 진단 기술, 차량 내 개인정보에 대한 암호화 및 보안 기술 등이 개발되고 있다.

2003년 OHIO STATE UNIVERSITY 에서 시작한 OKI

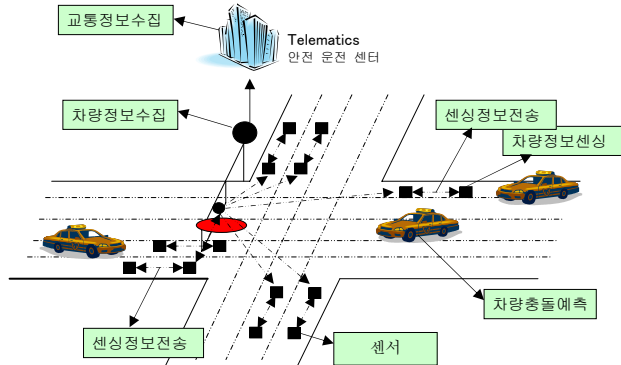
Project[1]는 교차로에서 차량의 좌회전 및 우회전시 시야를 가리게 되는 차량 때문에 일어날 수 있는 충돌을 예측하여 차량에 경고메시지를 전달하는 시스템 시뮬레이션 프로젝트이다. 802.11과 DOLPHIN 프로토콜을 사용하여 데이터 전달의 실시간성과 신뢰성을 향상시키고 있다.

Life Warning System(LIWAS)[2]은 차량이 도로면의 상태(마름, 젖음, 눈덮임 또는 빙판)를 센싱한 데이터를 이 도로를 통과하게 되는 차량에게 차량간의 정보전달을 통하여 신속하고 신뢰성 있게 전달해주는 것을 목표로 하는 실험 시스템이다. 2003년에 시작된 이 연구는 차량에 부착된 센서 노드가 노면의 상태를 센싱하며 MAC 프로토콜로써는 802.11을 사용한다. 라우팅 프로토콜로서 다섯가지의 Zone Flooding Protocol 에 대하여 정보전송의 실시간성 및 신뢰성에 대한 성능을 비교 평가한다.

**3. 사거리 교차로 교통안전 시스템 설계**

센서 네트워크는 통상적으로 특정 지역에 설치된 소형의 센서 노드를 통하여 주변 정보 또는 특정 목적의 정보를 획득하고, 베이스 스테이션은 이러한 센서 정보들을 수집하고 활용하는 서비스를 제공하는 시스템 및 네트워크 환경을 말한다. USN 기반의 사거리 교차로 교통안전 시스템은 베이스 스테이션, 고정 USN 노드, 이동 USN 노드로 구성되며, 시스템의 전체 구성도는 (그림 1)과 같다.

이 시스템에서는 교차로 중심에 있는 베이스 스테이션을 향하는 도로의 차선을 따라 센서 노드를 고정 배치하는데 이 센서 노드들이 센서 노드가 배치된 도로를 지나는 차량으로부터 수집된 차량 정보(속도, 위치, ID등)를 베이스 스테이션까지 전달하는 라우터 역할을 하게 된다.



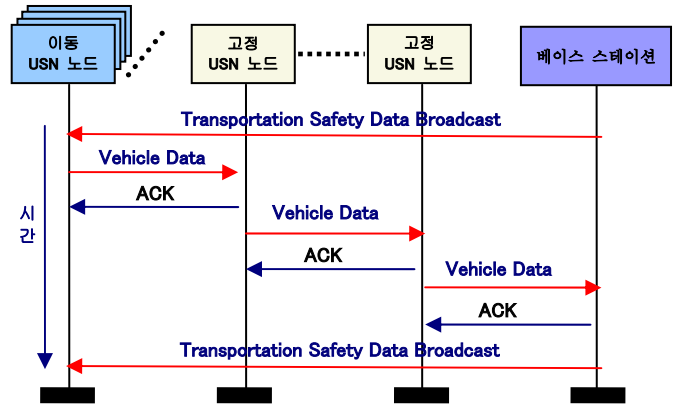
(그림 1) 사거리 교차로 교통안전 시스템

본 교통안전 시스템의 전체적인 메시지 흐름은 (그림 2)에 나타나 있다. 베이스 스테이션은 일정한 시간마다 교차로 주변차량의 센서 노드들에게 시간 정보를 broadcast 하여 시간동기화를 이룬다.

이때 교차로 주변의 차량에 부착된 이동 USN 노드들은 자신의 위치 정보와 도로상에 부착된 고정 USN 노드들의 위치정보를 이용하여 가장 가까이 설치된 고정 USN 노드에게 차량 정보를 전송한다. 고정 USN 노드에 전달된 차량정보는 고정된 라우팅 경로를 따라서 교차점 입구의 고정 USN 노드들에게 전달되며 최종적으로는 베이스 스테이션에 이르게 된다.

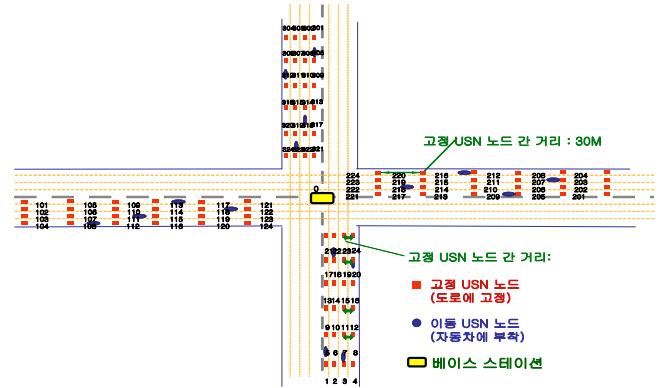
이렇게 베이스 스테이션에 수집된 차량정보들을 바탕으로 충돌 예측 검사를 한 후 예상되는 차량 충돌 정보를 교차로에 근접한 차량들에게 broadcast 함으로써 각 차량은 충돌을 피하기 위한 조치를 취할 수 있게 된다.

즉, 사거리 교차로에 진입하는 차량들은 예상되는 차량 충돌 상황을 미리 파악하여 적절히 대응 함으로써 사고



(그림 2) Message Sequence Diagram

발생 확률을 줄일 수 있게 된다. (그림 3)은 사거리 교통안전 예측 시스템에서의 센서 노드의 배치를 보여준다.



(그림 3) 센서노드와 베이스 스테이션의 배치

**4. 실시간 고신뢰성 라우팅 프로토콜**

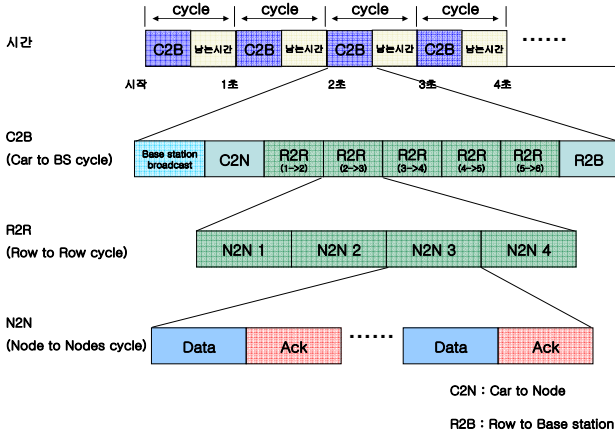
교차로에서 일어나는 차량충돌을 정확하게 예측하기 위해서는 센서 노드간 데이터 전송에 있어서 신뢰성과 실시간성이 보장되어야 한다. 만약 차량 정보가 일부 분실된다면 사거리 교차로의 베이스 스테이션은 올바른 분석을 하지 못하게 되고 불완전한 충돌예측 정보를 주변차량들에게 보내게 된다. 또한 차량 정보가 베이스 스테이션까지 기준시간 내에 전송되지 못한다면 차량 정보가 올바르게 전송되었다 하더라도 사고가 발생한 다음에 뒤늦게 위험을 알리는 행위로 변질되어 의미가 없게 된다. 즉, 신뢰성과 실시간성이 결여된 라우팅 프로토콜은 사거리 교차로 통신에 사용하기가 부적합하다. 따라서 본 논문에서는 기존의 무선 네트워크 망에서 쓰이는 AODV와 같이 신뢰성과 실시간성이 보장되지 못하는 알고리즘 대신 실시간성과 신뢰성에 바탕을 둔 새로운 가변 스케줄링 알고리즘을 제안한다.

**4.1. 가변 스케줄링 알고리즘**

본 논문에서 제안하는 가변 스케줄링 알고리즘의 구조는 (그림 4)와 같다. 시간은 일정한 간격(예를 들면 1초간격)으로 나뉘어진 사이클의 반복으로 구분되어 있으며 사이클은 C2B(Car to Base station)구간과 남은 시간으로 구성된다. 차량에서 베이스 스테이션까지의 데이터 전송기간을 나타내는 C2B 는 우선 베이스 스테이션으로부터 교통안전 정보를 실은 broadcast 동기화 메시지로 시작된다. 베이스 스테이션이 차량에 부착된 이동 USN 노드들에게 broadcast 하는 메시지에 의해 이동 USN 노드들이 시간

동기화 되어 broadcast 메시지 수신 직후에 자신과 가장 가까운 위치에 있는 고정 USN 노드에게 차량정보를 보내는 C2N(Car to Node)단계를 수행하며 곧이어 R2R(Row to Row)단계가 이어진다. R2R 단계는 차량 정보를 수집한 고정 USN 노드들이 베이스 스테이션 직전노드에 이르기까지 차량 데이터를 릴레이 하는 단계이다. R2R 단계가 완료되면 모든 차량 데이터는 베이스 스테이션에 가장 가까운 줄에 있는 4개의 고정 USN 노드에 도착하며 R2B(Row to Base station)단계에서 베이스 스테이션으로 전송 완료된다.

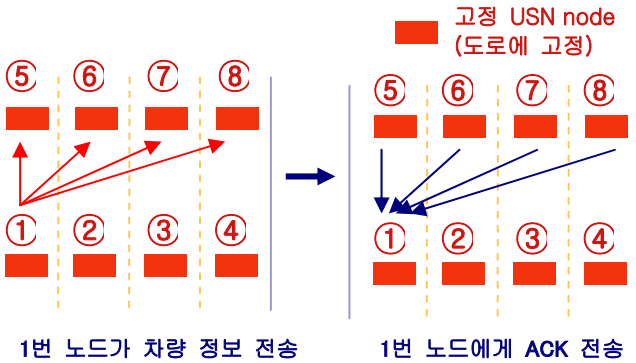
각 R2R 단계는 복수개의 N2N(Node to Node)단계들로 구성되어 있는데 N2N 은 뒷줄노드와 앞줄노드간의 일대일 차량 데이터 전송을 의미하며 (그림5)와 같이 진행된다.



(그림 4) 가변스케줄링 사이클 구조

4-2. N2N (Node to Nodes 단계)

N2N 에서 각각의 고정 USN 노드는 우선순위가 부여되어 있어 전송 스케줄링이 가능하도록 해준다.

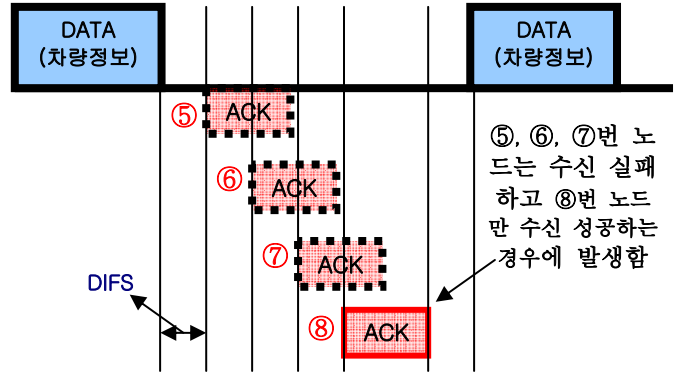


(그림 5) 차량정보 전달과정

(그림 5)의 N2N(Node to Node)단계에서 차량 정보 전송과정을 살펴보면 뒷줄의4개의 노드중에서 가장 우선순위가 높은 ①번노드부터 시작하여 ②,③,④번 노드의 순서대로 차량정보를 앞줄로 전송하는데, 예를들어 ①번 노드가 차량데이터를 앞줄의 노드열(⑤, ⑥, ⑦, ⑧)에 전송하는 경우4개의 노드 중에서 데이터를 정상적으로 수신한 노드는 우선 순위별로 ACK 로 응답할 수 있는데 노드 번호순으로 우선순위가 부여되어 있어서 ⑤번노드가 정상 수신한 경우에 ⑤번노드가 ACK 로 응답하게 되며 나머지노드는 정상수신여부와는 관계없이 ACK 를 보내지 않으며, 반대로 데이터 수신에러가 발생한 경우 ACK 를

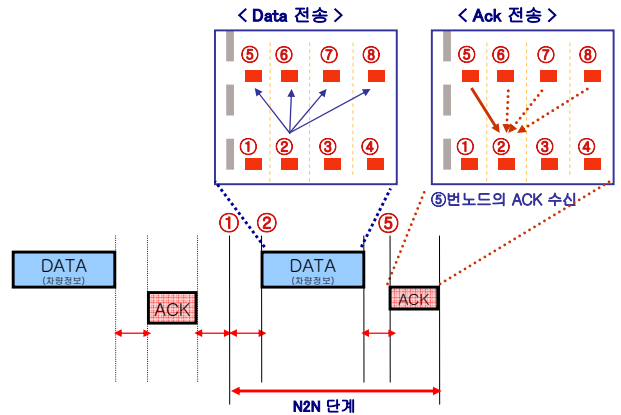
보낼 권리는 ⑥번노드에 넘겨진다. 마찬가지로 ⑥번노드도 수신에러가 발생하면 ⑦번노드가 ACK 를 보내게 되어 4개의 노드중 하나 이상의 노드가 정상수신을 하게되면 그 중에서 가장 우선순위가 높은 노드에서 ACK 가 송신되며 나머지 노드는 중복 ACK 송신을 생략한다.

차량정보를 송신한 뒷줄 노드가 앞줄의 4개 노드들로부터 ACK 를 받는 과정이 (그림 6)에 나타나 있다. Data 를 전송 받은 노드들은 자기 차례가 될 때까지 ACK 가 발생되지 않으면 ACK 로 응답한다.



(그림 6) 노드간 차량정보 전달 과정 시나리오

①번 노드가 데이터를 보낸 후 ⑤번노드가 DIFS 기간후 ACK 를 송신하지 않는다면 ①번 노드는 ⑤번노드가 데이터를 제대로 수신하지 못했거나 노드가 고장났다고 가정한다. 이때 일반적인 방법처럼 데이터를 ⑤번노드에게 재전송하는 것이 아니라 다음 DIFS 기간 후 ⑥번노드로부터 송신되는 ACK 를 기다린다. 이때 ACK 를 수신하면 1번 노드는 자신의 데이터가 ⑥번노드를 통해 제대로 보내졌다고 가정하고 차량데이터를 송신 버퍼로부터 삭제한다. (그림 6)은 최악의 경우로서 ⑤번, ⑥번, ⑦번 세 개의 노드가 망가지거나 데이터 수신에러가 발생할 때 ⑧번 노드가 데이터를 정상 수신하여 ACK 로 응답하는 과정을 보여준다. 이와 같은 방법을 이용하면 데이터를 재전송하는 과정이 대폭 줄일 수 있어 평균 전송 시간을 단축하는 효과가 발생하여 일부 노드가 고장이 나거나 데이터 전송이 실패한 경우에도 주변에 있는 다른 노드들로부터 위와 같은 방법으로 백업을 받기 때문에 신뢰성이 크게 향상된다.



(그림 7) ②번 노드의 차량정보 전달과정

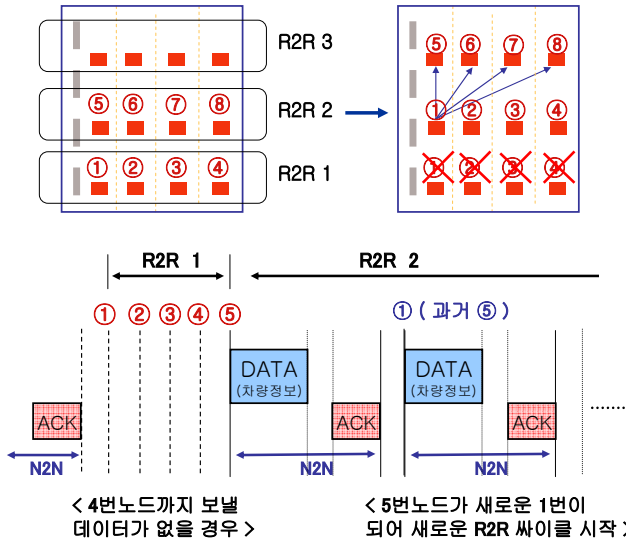
(그림 7)은 ①번노드가 마지막 차량 데이터를 앞줄로 전송한 후 그 다음 우선순위를 갖는 ②번노드가 N2N 단계를 시작하는 것을 보여준다. ②번노드가 데이터를

전송하기 전에 먼저 ①번 노드가 보낼 데이터가 남아있을지 모르기 때문에 다시 우선권을 갖고 있는 ①번노드가 데이터 전송을 먼저 할 수 있도록 기다린다. 이때 ①번노드가 보낼 데이터가 없다면 그 다음 우선권을 갖는 ②번노드가 데이터를 전송하기 시작한다. 즉 한 노드가 데이터를 보낸후 바로 다음 우선순위를 갖는 노드가 데이터를 보내는 것이 아니라 우선도에 따라 각 노드는 모든 데이터를 확실히 전송하기 위해 그 줄에서 우선순위가 높은 노드부터 모든 데이터가 전송 완료될 때까지 데이터 전송과정을 반복하는 것이다.

예를 들면 고정 USN 노드에 수집된 차량정보가 100byte 를 넘을 경우에 그 노드는 차량정보를 100byte 단위로 나누어 연속 전송한다.

**4.3. R2R (Row To Row 단계)**

한 줄에 있는 4개의 노드가 가진 모든 차량정보를 앞줄노드들로 전송 완료하게 되면 앞줄의 4개의 노드가 새로운 R2R 단계를 시작하게 된다.



(그림 8) 앞줄의 4개 노드가 새로운 R2R 사이클을 시작하는 과정

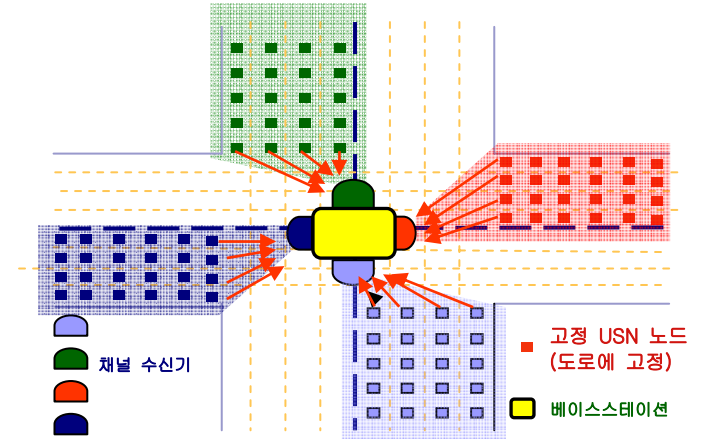
위의 (그림 8)은 ①번에서 ④번까지 4개 노드가 모든 데이터를 전송한 후 더 이상 보낼 데이터가 없을 경우 앞줄에 있는 ⑤번노드부터 새로운 R2R 단계가 시작되는 것을 나타낸다. ⑤번노드는 새로운 R2R 단계에서 ①번노드가 되고 ⑥, ⑦, ⑧번 노드들 역시 ②, ③, ④번 노드가 된다. 새롭게 바뀐 ①번노드부터 우선순위에 따라 그 전 R2R 단계에서 했던 과정대로 모든 데이터가 다음줄로 전송될 때까지 N2N 단계를 반복하게 된다. 이 때 (그림 8)에서처럼 ①번노드(과거 ⑤번노드)가 N2N 단계에서 데이터를 새로운 앞줄 노드들에게 보낸다.

모든 차량 데이터는 위와 같은 R2R 단계를 반복해 나가면서 베이스 스테이션에 가장 가까운 줄에 있는 4개의 고정 USN 노드에 도착한다.

**4.4. R2B (Row to Base station)**

R2R 단계가 완료되면 모든 차량 데이터는 베이스 스테이션에 가장 가까운 줄에 있는 4개의 고정 USN 노드에 도착하며 R2B(Row to Base station)단계에서 베이스 스테이션으로 전송한다. 이 때 베이스 스테이션은 (그림 9)에서 보는 것처럼 주파수가 다른 4개의 독립 통신 채널을 가지고 있기 때문에 네 방향 도로에서 오는 데이터들은

다른 도로상의 데이터와 충돌하지 않고 베이스 스테이션에 안전하게 도착하게 된다. 앞에서 언급한 바와 같이 베이스 스테이션은 수집된 차량 정보 데이터를 분석한 후, 교차로 주변의 차량에 부착된 이동 USN 노드들에게 충돌예측 정보와 시간동기화 정보를 broadcast 함으로서 각 차량은 충돌을 피하기위한 조치를 취할 수 있게 된다.



(그림 9) 베이스 스테이션이 4개의 채널을 통하여 데이터를 수신하는 과정

**5. 결론 및 향후 과제**

본 논문에서는 센서 네트워크를 기반으로 한 교차로 차량 충돌 예측 서비스를 제공하는 교통안전 시스템을 위한 높은 실시간성과 신뢰성을 가진 가변 스케줄링 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 제시한 가변스케줄링 라우팅 알고리즘은 기존의 라우팅 알고리즘과는 달리 고정된 라우팅 경로와 우선순위에 의한 스케줄링 방법을 사용하여 교차로 차량 충돌 예측 시스템의 신뢰성과 실시간성을 만족시켜 줄 것이라고 예상된다. 향후 과제로써 가변스케줄링 라우팅 알고리즘을 ns-2[3]에서 구현한 후에 시뮬레이션하여 베이스 스테이션에서의 데이터 수신율과 전송완료시간에 대하여 분석 평가할 예정이다.

**참고문헌**

[1] The Ohio State University, "Intersection Collision Warning System : PROGRESS REPORT", 12/15/2003.  
 [2] Lars M. Kristensen and Kenneth-Daniel Nielsen, "On the Application of Zone Flooding in a Traffic Warning System", Department of Computer Science, University of Aarhus, DENMARK, November 2004.  
 [3] ns2 Simulation software tool, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.