

차량 안전 서비스를 위한 차량간 통신 프로토콜 연구

백송남, 곽동용*, 정재일
한양대학교, 한국전자통신연구원*

요약

최근, 차량간 통신 기술의 적용을 통해 운전자의 안전성 강화를 목적으로 하는 능동형 차량 안전서비스 실현을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 서비스의 범주에는 충돌사고 경고 및 회피, 도로상의 위험요소 경고, 교통 안전 정보 제공 등이 포함된다. 본 고에서는 통신 시스템 설계 관점에서 차량 안전서비스 실현을 위한 기술 요소, 통신 프로토콜 설계 및 개발 방법론에 대하여 논하고자 한다.

1. 서론

지난 10년간 정보통신기술의 획기적인 발전에 힘입어 무선 통신기술은 이미 다양한 응용분야에 걸쳐 우리 주변생활에 커다란 영향을 미치고 있다. 특히 자동차의 경우, 운전자의 조작 없이도 자율 주행이 가능한 첨단 지능형 자동차에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 이 같은 첨단 지능형 자동차의 실현에는 지능형 차량 센서 기술에 기반한 센싱 및 통합 제어기술과 함께 차량간 통신(IVC: Inter-Vehicle Communication) 기술이 점점 중요한 역할을 차지하고 있다[1][6].

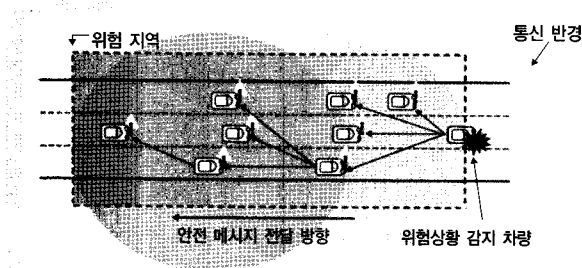
차량간 통신은 이동 중이거나 정지중인 차량들 간의 무선 통신을 말한다. 차량간 통신을 통해 운전자는 주변 환경으로부터 안전주행에 관련된 다양한 정보들을 제공받을 수 있으며, 이를 통해 사고를 미연에 방지할 수 있다[2].

국외에서는 2000년 초기부터 정부, 자동차업체 그리고 통신업체간의 상호협력을 통하여 차량간 통신시스템 개발과 관련된 연구 프로젝트들이 진행 중에 있다. 미국의 경우, VSCC(Vehicle Safety Communication Consortium)와 VII(Vehicle Infrastructure Integration Initiative) 프로젝트가 대표적이고 유럽의 경우, C2CCC(Car2Car Communication Consortium), SAFESPOT, CVIS(Cooperative Vehicle Infrastructure Systems) 등 프로젝트가 대표적이다. 일본의 경우, MLIT(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation) 주관 하에 진행되는 ASV(Advanced Safety Vehicle) 프로젝트는 이미 네 번째 단계에 들어섰으며, 이 단계의 핵심 기술은 바로 차량간 통신 기술을 활용한 차량 안전 서비스 개발이다. 국내에서도 차량간 통신 기술의 중요성을 인식하고 2007년 3월부터 한국전자통신연구원을 주관으로 VMC(Vehicle Multi-hop Communication) 기술 개발 과제가 수행되고 있다[1][2][3].

본 고에서는 차량간 통신 프로토콜 설계 및 개발에 필요한 기술 요소들을 살펴보고자 한다. 2장에서는 차량간 통신을 이용한 능동형 차량 안전 서비스의 특징에 대해 소개한다. 3장에서는 차량간 통신의 국제표준인 IEEE 802.11p 무선 전송기술, 무선 채널 특성 및 차량 이동성 모델에 대해 설명한다. 4장에서는 안전관련 정보를 신뢰적으로 전달하기 위한 차량간 통신 프로토콜에 대해 설명한다. 마지막으로 5장에서는 신뢰적인 차량간 통신 프로토콜의 설계 가이드라인 제시와 함께 6장에서 결론을 맺고자 한다.

II. 능동형 차량 안전서비스

능동형 차량 안전서비스(Vehicular Safety Application)는 대부분 긴급 상황을 가정하고 있기 때문에 타 서비스들에 비해 엄격한 요구사항을 제시하고 있다. (그림 1)은 차량 안전 서비스의 실행 절차를 보여주고 있다. 1)차량은 탑재 센서와 통신 모듈을 통해 주행 환경 정보를 실시간으로 수집한다. 2)수집된 정보에 대한 분석을 통해 위험상황을 판단한다. 3)위험상황을 탐지한 차량은 즉시 안전 메시지(Safety Message)를 생성하여 위험지역에 위치한 모든 차량들에게 전달한다. 이의 실현을 위한 통신 프로토콜은 일반적으로 브로드캐스트(Broadcast) 통신 방식이 고려되고 있다[5][9].



(그림 1) 능동형 차량 안전서비스

차량간 브로드캐스트 통신 방식은 안전 서비스의 특징에 따라 다음과 같은 두 가지 유형으로 분류할 수 있다[4].
 1)Periodic Broadcast: 자신의 상태 정보를 포함한 안전 메시지를 주기적으로 인접차량들에게 전달하는 방식을 말하며, CCW(Co-operative Collision Warning), SVA(Stopped or slow Vehicle Advisor) 등의 서비스가 이 범주에 포함된다.
 2)Event-driven Broadcast: 위험 상황을 발생 시 사고예방 및 경고를 목적으로 하는 안전메시지를 주변 차량에게 전달하는 방식을 말하며, PCN(Post Crash Notification), RHCH(Road Hazard Condition Notification) 등의 서비스가 이 범주에 포함된다[6].

III. 차량간 통신 기술 요소

1. 차량간 무선전송 기술

차량간 통신의 대표적인 무선전송 기술은 5.9Ghz 대역에서 동작하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)기반의 IEEE 802.11p 기술이다. IEEE 802.11p 기술은 차량의 고속 이동성을 고려하여 최대 1000m 전송거리와 최대 200km/h의 차량 이동속도를 지원하도록 설계되었다[7].

IEEE 802.11p는 유니캐스트(Unicast)방식 통신일 경우, 데이터 프레임의 신뢰적인 전송을 위한 메커니즘을 제공하고 있다. 예를 들어, ACK(Acknowledgement) 기법을 기본적으로 사용하고 있으며, RTS(Ready To Send)/CTS(Clear To Send) 기법을 통해 무선 통신에서 발생하는 Hidden Node Problem을 해결하고 있다. 또한, CTS 프레임 혹은 ACK 프레임 등의 수신 실패로 인한 데이터 손실을 복구하기 위해 데이터 프레임이 성공적으로 수신될 때까지 여러 번 재전송하는 MAC-레벨의 복구기법도 제공하고 있다[8].

이와 반면에 브로드캐스트 방식 통신일 경우, 데이터 프레임 전송 시 성공 수신을 확인해 주는 ACK 프레임을 전송하기 위한 채널을 예약하지 않는다. 이는 유니캐스트와 달리 브로드캐스트는 모든 노드가 수신노드가 되기에 특정한 노드가 이에 대해 응답할 의무가 없기 때문이다. 따라서 브로드캐스트 통신 방식을 사용시에는 다음과 같은 두 가지 사항을 반드시 고려하여야 한다. 첫째, 브로드캐스트 데이터 프레임은 MAC 레벨의 ACK 혹은 복구 메커니즘이 존재하지 않는다. 둘째, RTS/CTS 기법을 사용하지 않으므로, Hidden Node Problem로 인한 패킷 손실이 발생할 수 있다.

2. 차량간 통신 채널

차량간 통신에서 무선 전파는 경로손실(Path Loss), 페이딩(Fading) 그리고 도플러(Doppler) 효과로 인해 전파 감쇠(Attenuation)가 자주 발생한다. 특히 차량의 고속 이동으로 주변환경이 빠르게 변화되므로 무선 전파는 다중 경로(Multi-Path)에 따른 빠른 페이딩(Fast Fading)을 겪게 된다[9][10].

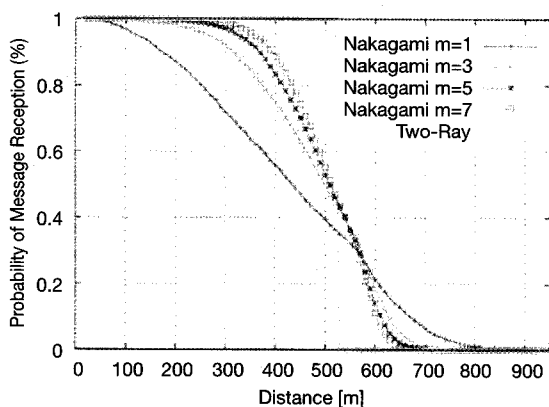
아래의 <표 1>은 유럽의 NoW(Network on Wheels)[12] 프

로젝트에서 실차간 통신 실험을 통해 획득한 실측 데이터(Empirical Data)를 보여주고 있다. 실험 결과를 통해, 차량간 거리의 증가에 따라 패킷 수신 확률이 급격히 떨어지는 현상을 볼 수 있으며, 차량간 통신 채널의 Non-Deterministic 특성을 확인할 수 있다.

〈표 1〉 실측 데이터(5.9Ghz, 10Mhz 채널)

거리	수신률	RSSI 값	표준편차
50 m	97.5 %	- 73,8	4,3
100 m	97.5 %	- 80,3	5,0
200 m	93,4 %	- 83,6	4,6
300 m	84,3 %	- 89,0	3,1
400 m	67,2 %	- 89,6	2,1
500 m	61,5 %	- 91,9	1,9

차량간 통신의 채널 특성을 모델링 하기 위해 다양한 Propagation 모델이 있지만, 다수의 연구에서 차량간 통신 환경에 적합한 모델은 Nakagami 분포라는 결과를 제시하고 있다[10][11]. 특히, [10]에서는 고속도로 주행환경에서 실측한 결과에 기반하여 Nakagami-m 페이딩 모델이 고속도로 차량 시나리오에 적합하다는 연구결과를 제시하였다.



(그림 2) Nakagami-m 페이딩 채널

(그림 2)는 서로 다른 Propagation 모델을 적용하였을 경우 송·수신기간의 거리에 따른 메시지 수신 확률을 보여주고 있다. Two-ray ground 경로 손실 모델[13]과 같은

Deterministic 채널 모델을 사용하였을 경우, One-Hop 통신 거리 520m 내에서 패킷 수신률은 100%이다. 이와 반대로, Nakagami-m fading 모델과 같은 Non-Deterministic 채널 모델을 적용하였을 경우, 패킷 수신률은 거리에 따라 예측할 수 없이 변화됨을 확인할 수 있다[4].

3. 차량 이동성 모델

통신 프로토콜의 설계와 실험은 일반적으로 NS2[21], Qualnet[15] 등 네트워크 시뮬레이션 툴을 사용하게 된다. 특히, 통신 프로토콜의 신뢰적인 성능분석에 있어서 실제 차량 환경에 적합한 실험 시나리오를 선택하는 것은 매우 중요한 요소이다. 따라서, 도로 환경에서 차량들의 이동 패턴을 모델링한 차량 이동성 모델(Mobility Model)이 반드시 고려되어야 한다.

차량 이동성 모델은 크게 Macro-Mobility와 Micro-Mobility로 구분된다[14]. Macro-Mobility는 도로 환경의 거시적인 교통 흐름에 대한 것으로, 도로의 토폴로지, 차량 속도, 감/가속 패턴, 차선 수 및 신호등 체계 등에 대한 모델링이 포함된다. Micro-Mobility는 차량 운전자의 개별적인 운전 성향을 반영하는 것으로, 교통상황의 변화에 따른 차량의 가/감속 패턴, 차선 변경/추월 등에 대한 모델링이 포함된다. 네트워크 시뮬레이션에서 사용할 수 있는 대표적인 차량 이동성 모델 툴로는 VanetMobiSim[14], HWGui[16] 등이 있다.

IV. 차량간 통신 프로토콜

긴급한 위험 상황을 알리는 안전 메시지를 신뢰적이고 효율적으로 전달해 주는 차량간 통신 프로토콜은 안전 서비스의 실현에 있어서 매우 중요한 역할을 수행한다. 특히, 차량간 통신 환경은 3장에서 언급한 바와 같이 전송기술, 통신 채널 및 고속 이동성 등 특징에 따라 패킷 손실이 자주 발생하게 된다. 따라서, 차량 안전 서비스를 위한 통신 프로토콜은 단일홉 기반의 전송방식 보다는 멀티홉 기반의 브로드캐스트 전송방식을 필요로 한다[4][9].

이와 함께, 차량에 탑재된GPS 등의 Positioning 시스템을 이용한 위치정보 기반의 다양한 안전 메시지 전송 기법들이

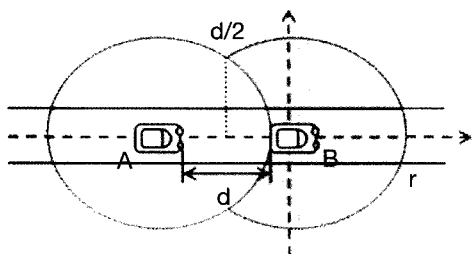
제시되어 왔다. 이러한 기법들은 비코닝(Beaconing)의 사용 여부에 따라 Beaconless Forwarding과 Beacon-based Forwarding으로 분류한다[4].

1. Beaconless Forwarding

멀티홉 기반의 브로드캐스트 전송방식에서 가장 심플한 기법은 Pure Flooding[17]이다. 이 기법의 문제점은 교통 혼잡과 같은 차량이 밀집된 지역에서 과도한 안전 메시지의 재전송으로 인해 무선 채널의 부하가 급격하게 증가되어 Broadcast Storm과 같은 네트워크 혼잡 문제를 야기시킨다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 DDB1, Weighted p-Persistence, Slotted 1-Persistence, Slotted p-Persistence 등의 Broadcast Storm Mitigation 알고리즘이 제안되었다.

가. DDB1

DDB(Dynamic Delayed Broadcasting) scheme [18]은 재전송 회수를 최소화하면서 메시지 전달의 신뢰성을 높이는 것을 목적으로 설계되었다. DDB1의 핵심 알고리즘은 Pure Flooding처럼 수신된 브로드캐스트 메시지를 바로 재전송하지 않고, DFD(Dynamic Forwarding Delay) 기법을 도입하여 노드들의 재전송 시간을 효율적으로 스케줄링하는 것이다. 이를 통해 MAC 계층에서 발생 가능한 패킷 충돌 현상을 방지함으로써, Broadcast Storm 문제에 의해 발생하는 패킷 손실, 전송 지연 등을 줄일 수 있다.



Additional Covered 영역

(그림 3) Additional Covered 영역

DDB1에서 사용한 DFD 기법은 주변 노드에 대한 정보를 필요로 하지 않는 Stateless 방식으로 동작한다. 즉 주변 노드 정보를 획득하기 위한 비코닝(Beaconing)을 사용하지 않는

다. 따라서 노드는 메시지를 전송할 때 메시지 헤더에 자신의 위치정보를 포함하여 전송한다. (그림 3)과 같이, 메시지를 수신한 노드는 헤더에 포함된 위치정보를 기반으로 AC(Additional Covered) 영역을 계산한다.

$$AC(d) = \frac{d}{2} \sqrt{4 - d^2} + 2 \arcsin\left(\frac{d}{2}\right), d \in [0, 1]$$

여기서 d는 인접한 두 노드간의 거리를 표시하고 있다. 이와 함께, 각 노드는 AC를 기반으로 자신의 재전송 시간을 다음과 같이 계산하게 된다.

$$Add_Delay = Max_Delay \times \sqrt{\frac{e^{-\frac{AC}{AC_{max}}}}{e - 1}}$$

여기서 Max_Delay 는 노드가 겪게 되는 최대 one-hop delay를 의미한다.

한편, DDB는 불필요한 메시지의 재전송을 억제하기 위해 RT(Rebroadcasting threshold)를 설정하여 $AC < RT$ 시 재전송을 하지 않는 최적화 정책을 적용하고 있다. 다만 메시지 Die-out를 방지하기 위해 Duplicate Packet에 대해서만 적용하며, 한번만 수신된 메시지에 대해서는 최적화를 하지 않는다.

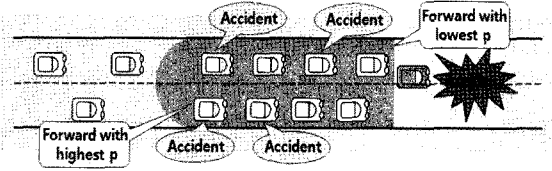
나. Weighted p-Persistence

Weighted p-Persistence[17] 기법은 위치 정보를 활용한 dynamic Gossip이다. Gossip[19]는 노드가 처음으로 수신된 메시지에 대해 고정된 p의 확률로 이웃 노드들에게 재전송하는 것으로, 재전송되는 메시지를 효과적으로 줄일 수 있는 알고리즘이다. 하지만 Weighted p-Persistence는 Gossip와 달리 p 확률을 노드의 위치에 따라 동적으로 설정하게 된다. 예를 들어, 노드 j의 경우 첫 번째 packet을 수신한 후, 그 패킷을 재전송하기 전에 일정한 시간(WAIT_TIME = 2ms) 동안 대기하면서 수신된 Duplicate Packet의 이웃 노드 위치 정보를 이용하여 자신의 재전송 확률 p_j 를 다음과 같이 계산하게 된다.

$$p_j = \min \left[\frac{d_{ij}}{R} \right], i \in \text{Neighbor ID}$$

여기서 d_{ij} 는 이웃 노드 i와 노드 j사이의 거리를 표시하고, R는 통신 반경을 표시한다. 결과적으로, (그림 4)에서 보여

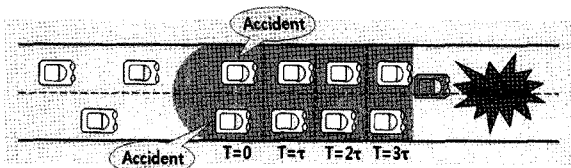
지듯이, Weighted p-Persistence는 소스 노드와 멀리 위치한 노드 일수록 높은 재전송 확률을 갖도록 함으로써, 다음 번 포워딩 노드로 선정될 가능성을 높여준다.



(그림 4) Weighted p-Persistence

하지만, 확률을 통해 재전송 여부를 결정하므로 모든 노드들이 재전송을 포기하는 최악의 경우가 발생하여 메시지의 Die-out 현상이 발생하게 된다. 이를 위해 재전송을 하지 않는 모든 노드는 Die-out 방지 프로세스를 수행하게 된다. Die-out 방지 프로세스는 $(WAIT_TIME+\delta)$ ms 동안 메시지를 버퍼링(Buffering)하고 있다가 여전히 Duplicate Packet을 수신하지 못할 경우 $1(p=1)$ 의 확률로 메시지를 재전송한다. 여기서 δ 는 평균 One-hop Delay 이다.

다. Slotted 1-Persistence



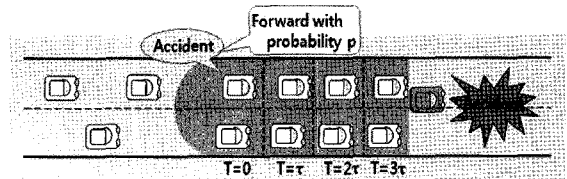
(그림 5) Slotted 1-Persistence

Slotted 1-Persistence[17]는 (그림 5)에서 보여지듯이 One-hop 전송 지역을 소스 노드와의 거리에 따라 여러 개의 Time Slot으로 나눈다. 노드들은 자신에게 할당된 Time Slot 만큼 기다린 후 전송을 시도하게 되고, 기다리는 동안 Duplicate Packet을 받게 되면 재전송을 정지한다. 모든 노드는 분산적으로 자신에게 할당되는 Time Slot을 계산하게 되는데 노드 j 의 time slot인 T_j 를 구하는 방법은 다음과 같다.

$$T_j = \tau \times \left[N_s \left(1 - \frac{\min[d_{ij}, R]}{R} \right) \right]$$

여기서 N_s 는 미리 결정된 총 slot 개수를 표시하고 τ 는 예측한 One-hop 지연시간을 표시한다. 결과적으로 Slotted 1-Persistence 기법도 소스 노드로부터 멀리 위치한 노드에게 짧은 지연시간을 갖는 Time Slot을 할당함으로써, 안전 메시지가 빠르게 전파하도록 한다.

라. Slotted 1-Persistence



(그림 6) Slotted p-Persistence

(그림 6)에서 보여지듯이, Slotted p-Persistence[17] 기법은 Slotted 1-Persistence 에서 동일한 Time Slot을 갖는 노드간의 충돌을 방지하기 위해 고정된 p 의 확률로 재전송을 결정하는 Gossip 기법을 추가하였다. 특히, 메시지의 Die-out를 방지하기 위해 Weighted p-Persistence와 유사한 버퍼링 기법을 사용하며, 버퍼링 시간은 $((N_s-1) \cdot WAIT_TIME + \delta)$ ms 이다.

결론적으로, Beacon-less Forwarding 기법은 안전 메시지를 수신한 노드들 간의 실시간 위치기반 경쟁으로 전송 순서가 결정되기 때문에 메시지를 효율적으로 전달할 수 있다. 특히, 경쟁을 통해 다수의 포워딩 노드가 선출될 확률이 높으므로, 메시지 전달의 신뢰성이 제고될 수 있다. 하지만, 이 기법들은 모두 이상적인 차량간 통신 환경을 가정하고 있기 때문에 실제적인(Realistic) 채널 모델을 적용할 경우 현저한 성능 차이를 보여주게 된다. 그 이유는 이 기법들의 성능에 영향을 미치는 위치정보, One-hop Delay, 통신 반경, p 확률 등의 요소들은 실 환경에서 정확한 측정 및 예측이 어렵기 때문이다.

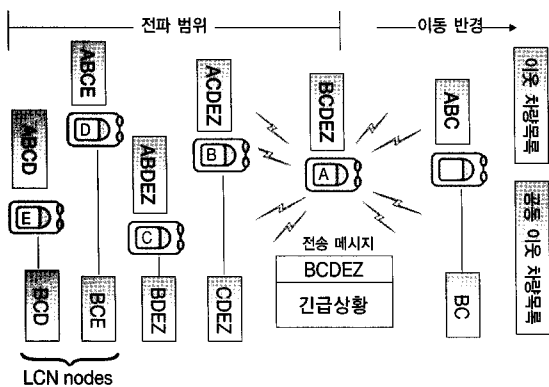
2. Beacon-based Forwarding

Beacon-based Forwarding은 이웃 노드에 대한 정보를 유

지하기 위해 주기적으로 자신의 상태를 알리는 비코닝(Hello 메시지 등)을 사용한다. 따라서, 긴급 상황 발생 시, 경쟁 없이 신속하게 이웃 리스트 중에서 최적의 포워딩 노드를 선정하여 안전 메시지를 신속하게 전달할 수 있다[5].

가. LCN Flooding

LCN(Least Common Neighbor) Flooding[20]은 두 인접한 노드가 서로의 전송범위 내에 있을 때, 거리가 멀어짐에 따라 공동 이웃(Common Neighbor) 수가 적어지는 현상을 이용한 것으로, 가장 적은 공동 이웃을 갖는 LCN노드를 포워딩 노드로 선정한다.



(그림 7) LCN 노드 선정 기법

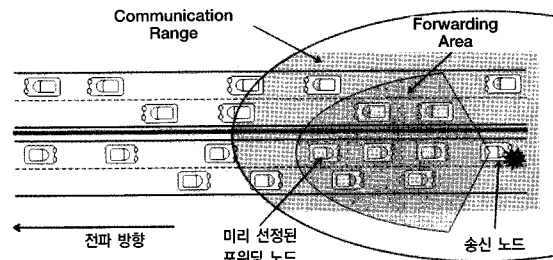
(그림 7)은 긴급상황이 발생하는 경우, 그 상황을 인지한 노드 A가 안전 메시지를 자신의 후방으로 전파하는 시나리오를 보여주고 있다. 노드 A는 자신의 이웃 리스트, 즉, BCDEZ, 정보를 포함한 안전 메시지를 주변 노드들에게 브로드캐스트하게 된다. 이 메시지를 수신한 노드 B, C, D, E는 자신의 이웃리스트 정보와 노드 A의 이웃 리스트 정보를 비교하여 공동 이웃의 수를 계산할 수 있다. 이때, 각 노드들은 자신이 갖는 공동 이웃 수에 비례한 시간 동안 기다린 후, 재전송을 수행하게 되며, 대기시간 동안 주변 노드들로부터 Duplicate Packet을 수신하게 되면 재전송을 중지한다. 결과적으로, (그림 7)에서 노드 A의 전파 범위에서 가장 적은 공동 이웃 수를 갖는 노드 D, E가 LCN 노드, 즉, 포워딩 노드가 된다. 한편, 이 기법에서는 복수의 LCN노드들이 동일한 공동 이웃 수를 갖는 경우를 고려하여 임의의 지연 시간을

추가적으로 더함으로써, MAC 계층에서의 패킷 충돌을 회피한다.

나. EMDV

EMDV(Emergency Message Dissemination for Vehicular environment)[4]는 차량간 통신 환경에서의 문제점들을 고려하여, Beacon-based Forwarding과 Beaconless Forwarding을 결합한 hybrid방식의 통신 프로토콜로써, 핵심은 송신 노드가 안전 메시지를 전송함과 동시에 다음 번 안전 메시지를 전달하게 될 포워딩 노드를 미리 지정해 주는 것이다.

EMDV는 무선 채널에서 발생하는 랜덤 손실과 안전 메시지의 전달방향을 고려하여 실제 CR(Communication Range) 보다 작은 범위를 갖는 FA(Forwarding Area) 영역을 정의하고 있다. 또한, 주기적인 Hello 메시지 교환을 통해 인접 노드들의 위치, 이동 방향, 속도 등의 상태 정보를 수집하여 이웃 테이블(Neighbor Table)에 저장 및 관리한다.



(그림 8) EMDV에서 안전메시지의 전달

(그림 8)은 위험상황을 감지한 송신 노드가 안전 메시지를 전달하는 방법을 보여주고 있다. 송신 노드는 안전 메시지를 전송하기 앞서, 이웃 테이블에서 포워딩 노드를 선정하게 되는데, 사용하는 알고리즘은 FA영역에서 송신 노드와 가장 멀리 위치한 이웃 노드를 검색하는 것이다. 포워딩 노드가 선정되면, 송신 노드는 안전 메시지에 그 정보를 포함하여 브로드캐스트 하게 된다. 이때 이 메시지를 수신한 포워딩 노드는 대기시간 없이 바로 재전송을 수행함과 동시에 다음번의 포워딩 노드를 지정하게 된다. 이와 같이, EMDV는 경쟁이 필요 없이 안전 메시지를 재전송하기 때문에 전달 지연 시간은 매우 짧게 된다.

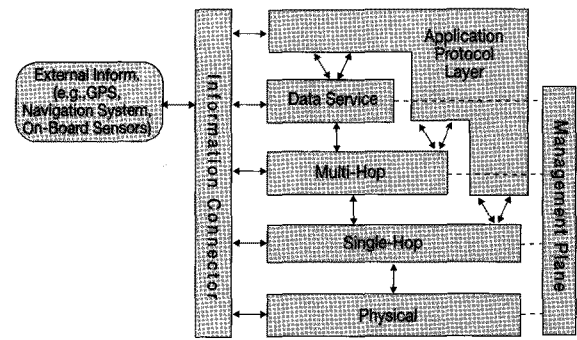
한편, EMDV는 FA내에 포워딩 노드가 존재하지 않을 경우를 고려하여 안전 메시지에 특정 flag를 표기한다. 따라서, Flag가 표기된 메시지를 수신한 노드들은 수신자 기반의 경쟁 방식을 통해 안전 메시지를 전달하게 된다.

이와 같이, Beacon-based Forwarding은 미리 포워딩 노드를 지정하여 안전 메시지를 전송함으로써, 경쟁을 통해 발생하는 충돌과 지연을 최대한 줄일 수 있는 장점이 있다[5]. 하지만 차량간 통신 환경을 고려하였을 경우, 다음과 같은 문제점을 보이고 있다. 1)차량의 고속 이동성, 위치 오차로 인해 Out of date된 이웃 노드를 포워딩 노드로 잘못 선정하는 문제가 발생한다. 2)무선 채널의 랜덤 손실(Random Loss) 특성에 따라 기 선정된 포워딩 노드가 안전 메시지를 송·수신할 때 패킷 손실이 발생할 수 있다. 3)이웃 테이블을 유지하기 위해 주기적으로 사용하는 비코닝은 교통 혼잡과 같은 차량 시나리오에서 네트워크에 큰 부하를 줄 수 있다. 결과적으로, 안전 메시지 전달에 있어서 Beacon-based Forwarding은 높은 신뢰성을 제공하지 못하므로, 신뢰성 강화를 위해 Beaconless Forwarding과 같은 별도의 보완 기법이 절대적으로 필요하다.

V. 차량간 통신 시스템 설계 방안

차량 안전서비스에서 관련된 기능과 안전관련 정보를 효율적으로 제공함에 있어서, 간단하면서도 구현이 용이한 모듈화된 통신 시스템 구조를 요구하고 있다. (그림 9)는 [4]에서 제시한 차량간 통신 프로토콜 구조를 보여준다. 이 구조의 특징은 프로토콜의 계층화와 Information Connector를 이용한 계층간 정보의 공유화이다.

계층화된 구조에서 Physical 계층은 무선 채널에서 데이터 프레임의 전송/수신 기능을 담당하고, Single-Hop 계층은 통신반경에 위치한 노드와 1대1 직접 통신을 수행하기 위한 모든 기능을 제공한다. 한편, Multi-Hop 계층에는 통신 반경 밖에 위치한 노드들에게 패킷을 전달하기 위한 멀티홉 통신 프로토콜이 포함되며, Data Service 계층은 응용 서비스와 멀티홉 패킷 포워딩을 위한 신뢰적인 전송 기법을 제공한다.



(그림 9) 차량간 통신 프로토콜 구조

Information Connector는 센서 데이터(GPS, 차량 센서 등)로부터 수집된 정보와 통신 패킷에 포함된 상태 정보 등을 모든 계층에서 공유할 수 있도록 하는 공동의 인터페이스(Common Interface) 역할을 수행한다. 이를 통해, 실시간으로 자신의 위치정보와 주변 노드들의 상태변화를 모니터링할 수 있으며, 계층간 정보 공유를 통해 Cross-Layer 최적화가 가능하다.

VI. 결 론

차량간 통신 시스템 개발의 주요 목적은 운전자와 탑승자의 안전성 강화 및 교통사고의 예방에 있다. 이처럼 인명(人命)과 직접적으로 연계되는 차량 안전 서비스의 실현은 고도의 신뢰성이 요구되는 통신 프로토콜 및 안전 메시지를 지정된 시간 안에 반드시 전달해야 하는 Time-critical 요구사항을 갖는다.

본 고에서는 차량의 고속 이동성, Hidden Node Problem, 전파 감쇠 등 문제로 패킷 손실이 빈번히 발생하는 차량간 통신 환경에 대한 분석과 이를 해결하기 위한 Beaconless 및 Beacon-based의 안전 메시지 전달 방안에 대해 소개하였다. 또한, 이러한 두 접근법들의 장/단점 분석과 안전메시지 전달을 위한 차량 통신 시스템 설계 가이드라인을 제시하였다.

결론적으로, 차량간 통신 프로토콜 설계 시, 안전 서비스의 Time-critical 요구사항에 맞는 다양한 기술들의 최적화

및 연계 방안, 효율성 및 복잡도에 따른 trade off에 관한 연구가 필요할 것으로 고려된다.

문헌

- [1] 오현서, "자동차의 새 패러다임 통신융합," *오토모티브 일렉트로닉스 매거진* 2008.12, pp. 46-50.
- [2] 조한벽, "차량간 통신을 활용한 텔레매틱스/TTS 서비스 구현 및 표준 현황," *한국정보통신기술협회* 2007, pp. 54-59.
- [3] 노광현, "텔레매틱스에서의 차량간 통신 기술 동향," *오토저널* 2006.08, pp. 78-85.
- [4] Marc Torrent Moreno, "Inter-Vehicle Communications: Achieving Safety in a Distributed Wireless Environment: Challenges, Systems and Protocols," Dissertation, Universitat Karlsruhe, 2007
- [5] D.Y. Kwak, S.N. Bai, S.W. Lee, J.I. Jung, H.S. Oh, "Sender-designated Alert Message Propagation in VANET," *ICST, WICON* 2008.
- [6] Bai, F., Krishnan, H., Sadekar, V., Holland, G., and ElBatt, T. "Towards Characterizing and Classifying Communication-based Automotive Applications from a Wireless Networking Perspective," *IEEE workshop on Automotive Networking and Applications Vehicular Technology*, in conjunction with Globecom 2006.
- [7] IEEE P802.11p/D5.0, Amendment 7: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), November 2008.
- [8] IEEE Std 802.11-2007, Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local And Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless Lan Medium Access Control (MAC) And Physical Layer(PHY) Specifications, 12 June 2007.
- [9] M.Torrent-Moreno and F.Schmidt-Eisenlohr, Holger Fuβler and Hannes Hartenstein" Effects of a Realistic Channel Model on Packet Forwarding in Vehicular Ad Hoc Networks," in *WCNC 2006. IEEE*, pp. 385-391, 2006.
- [10] V. Taliwal, D. Jiang, H. Mangold, C. Chen, and R. Sengupta. "Empirical Determination of Channel Characteristics for DSRC Vehicle-to-Vehicle Communication," In *Proceedings of the 1st ACM VANET 2004*, pp. 88
- [11] Beaulieu, N.C. and Cheng, C, "Efficient Nakagami-m fading channel Simulation," in *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 54, pp. 413- 424, 2005.
- [12] The Now: Network on Wheels Project. (<http://www.network-on-wheels.de>.)
- [13] Yunpeng Zang, Lothar Stibor, Georgios Orfanos, Shumin Guo, Hans-Juergen Reumerman, "An error model for inter-vehicle communications in highway scenarios at 5.9GHz", *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor, and ubiquitous networks*, Montreal, Quebec, Canada, 2005.
- [14] M. Fiore, J. Harri, F. Fethi, and C. Bonnet, "Vehicular mobility simulation for VANETS", in *Proc. of the 40th IEEE Annual Simulation Symposium (ANSS' 07)*, March, 2007.
- [15] Qualnet 4.0. (<http://www.scalable-networks.com>.)
- [16] H. Fuβler, M. Torrent-Moreno, R. Kruger, M. Transier, H.Hartenstein, and W.Effelsberg. "Studying Vehicle Movements on Highways and their Impact on Ad-hoc Connectivity," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (MC2R)*, 10(4): 26-27, October 2006.
- [17] N. Wisitpongphan AND O. K. Tonguz, J. S. Parikh, P. Mudalige, F. Bai, AND V. Sadekar,"Broadcast storm mitigation techniques in vehicular ad hoc networks," *IEEE Wireless Communications*, 14/6, 84-94.
- [18] Heissenbuttel. M, Braun.T, Walchli . M, and Bernoulli. T,"Optimized Stateless Broadcasting in Wireless Multi-Hop Networks," *Proc. IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM)*, 1-12.

- [19] Hass, Z., Halpern, J., and Li, L. "Gossip-Based Ad Hoc Routing," Proc. IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), 1707-1716.
- [20] Yu, S., and Cho, G., "A Selective Flooding Method for Propagating Emergency Message in Vehicle Safety Communications", Proc. ACM International Conference on Hybrid Information Technology, 556-561.
- [21] NS2, (<http://www.isi.edu/nsnam/ns>.)

약 력



2002년 중국 장춘공업대학교 학사
 2006년 한양대학교 석사
 2006년 ~ 현재 한양대학교 박사과정
 관심분야: 차량간 통신, Cross-layer 최적화, 멀티미디어 통신 등

백 송 남



1983년 동국대학교 학사
 1985년 동국대학교 석사
 2004년 한국정보통신대학 박사
 1985년 ~ 현재 한국전자통신연구원
 관심분야: 차량통신시스템, 텔레매틱스, ITS 등

곽 동 용



1981년 한양대학교 학사
 1984년 한국과학기술원 석사
 1993년 프랑스 국립전기통신대학교 박사
 관심분야: 차세대 네트워크, QoS, 보안, 차량 네트워크 등

정 재 일

