

고속 이동성을 고려한 차세대 지능형 차량 네트워크 및 토폴로지 제어 기술

성광제·김황남 (고려대학교) 김한석 (삼성전자)

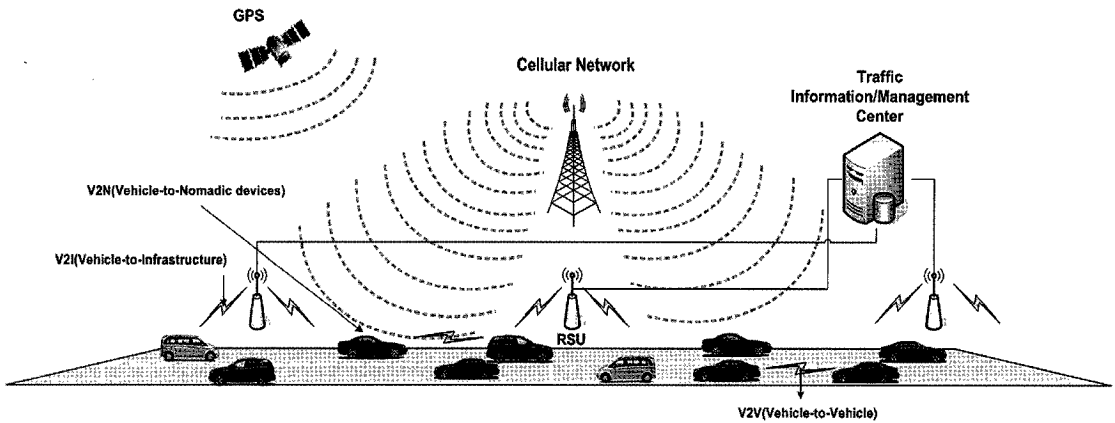
I. 서론

자동차 산업은 국내외적으로 차세대 핵심 산업으로 인식되어 경쟁적인 기술 경쟁력 강화를 추진하고 있다. 이러한 기술 경쟁력 강화 노력은 무선 통신망 기술을 기반으로 IT산업과의 융합을 통해 텔레매틱스 및 지능형 교통 시스템(Intelligent Transport System (ITS)) 실현을 위한 기술 개발의 필요성을 제기하고 있다. 최근 자동차 제조업자들은 이러한 지능형 텔레매틱스 서비스를 실현시키기 위하여 무선 네트워크 장비, 기술 및 서비스를 차량에 설치하고 있다. 그러나 차량 네트워크 환경에서 무선 인터넷 서비스를 실현하는 데는 다음과 같은 문제점이 있다. 차량 네트워크 환경은 차량의 고속 이동성, 교통의 흐름에 따른 차량 밀도의 변화, 운전자의 운행 습관 등에 따라 망 토폴로지가 급격하게 변하게 된다. 이로 인해 빈번한 링크 단절 및 네트워크 토폴로지 변화, 차량 간의 통신 지연 등의 문제점을 일으킨다. 그러므로 차량 네트워크 환경에서는 출발지와 목적지 사이의 중간 간 연결 설정을 담당하는 네트워크 계층 못지않게 중간 노드 간의 링크 연결 설정과 통신 매체 액세스 제

어(Media Access Control)를 담당하는 MAC 계층의 역할이 중요하다. 따라서 고속의 이동성을 갖는 차량 네트워크의 환경을 고려한 MAC 계층의 프로토콜과 네트워크 토폴로지 제어 기술 개발이 필요하다.

차량 네트워크를 구성하는 토폴로지 제어 기술 및 MAC 프로토콜은 <그림 1>과 같은 차량 간의 통신(V2V)과 차량과 외부 인터넷 간의 통신(V2I), 그리고 차량과 모바일 기기 간 통신(V2N) 연결을 구성하고 고속으로 움직이는 차량에 신뢰할만한 무선 네트워크 서비스를 제공할 수 있도록 개발되어야 한다. 또한 고속 이동성을 갖는 모바일 환경에서 무선 접속을 위해 최근에 개발된 Wi-Fi WAVE (IEEE 802.11p), Mobile WiMAX (IEEE 802.16e), 3G, 4G 등의 무선 통신 접속 기술을 활용하여 차량용 무선 네트워크 서비스 품질을 향상 시켜야 한다.

본고에서는 고속으로 이동 중인 차량에 신뢰할 만한 무선 네트워크 서비스를 제공하기 위하여 어떤 차세대 무선 통신 기술과 토폴로지 제어 기술이 적절한지에 대해 설명한다. 본고의 구성은 II에서는 차량 네트워크의 차세대 무선 통신 기술에 대해 알아보고, III에서는 차량 간 신뢰할 만



〈그림 1〉 차량 네트워크 개념도

한 통신 서비스 제공을 위한 네트워크 토폴로지 제어 기술을 소개하고 마지막으로 IV에서는 향후 전망에 대해 기술한다.

II. 차량 네트워크를 위한 무선 통신 기술

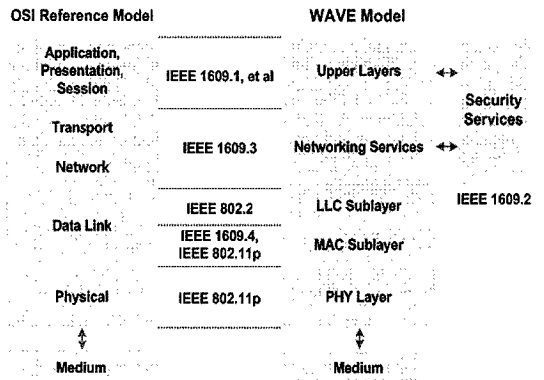
본 절에서는 차량 네트워크 환경에 적용될 수 있는 고속의 이동성, 넓은 통신영역, 높은 전송률을 지원하는 무선 통신 기술에 대해 알아보고 이들 기술에 대해 전망한다.

1. 차량용 차세대 무선 통신 기술 동향

차량 네트워크는 차량 간의 통신(V2V)과 차량과 외부 인터넷 간의 통신(V2I), 그리고 차량과 모바일 기기 간 통신(V2N)에 따라 적합한 무선 통신 기술을 채용해야 한다. 이를 위한 가용 기술에는 IEEE 802.11 기반 WI-FI, WIMAX, 3G, 4G 등이 있다.

가. 무선 통신 후보 기술

Wi-Fi (IEEE 802.11p WAVE): WAVE는 미국 ASTM DSRC 표준을 기반으로 국제 표준화되고 있는 프로토콜이다. 2004년부터 IEEE 802.11p와 IEEE P1609를 통하여 표준화가 진행 중이다. WAVE는 <그림 2>와 같이 기존의 무선랜 표준인 IEEE 802.11에서 차량 네트워크 환경을 고려한 MAC/PHY 표준인 802.11p와 상위계층 표준인 IEEE 1609를 포함한다.



〈그림 2〉 WAVE architecture

Mobile WiMAX (IEEE802.16e): WiMAX는 주파수 대역 10 ~ 66GHz (line of sight), 2 ~ 11GHz (non-line of sight)에서 동작하는 점대 다중점(point to multipoint) 기술이다. 통신 영역 범위는 최대 30마일까지 보장하며, 허가 주파수 대역에서 정적이고 동적인 운영을 위해 MAC과 PHY 계층을 포함한다. 특히 MAC 계층은 긴 지연시간과 지연 변형을 허용하도록 설계되었기 때문에 넓은 거리에 최적화되었다. IEEE 802.16e는 이동성을 개선하기 위한 IEEE 802.16의 확장 버전이며 IEEE 802.16e 이전의 모든 버전과 호환이 가능하다. IEEE 802.16e는 정적이거나 동적인 상황에서 고속 데이터 전송이 가능하며 시간당 75 ~ 93마일로 움직이는 이동성을 갖는 사용자도 네트워크 연결 상태를 유지할 수 있다. 또한, IEEE 802.16은 백엔드(back-end) 기술로 고안되었으며 IEEE 802.16e는 개인 컴퓨터에 적용 가능한 능력을 가지고 있으며 음성 지원을 위한 통신 서비스 품질(Quality of Service(QoS))를 보장한다. WiMAX 기반 음성 서비스는 전통적인 TDM 방식 또는 IP 기반의 VoIP (Voice over IP)를 통해 지원된다.

3G: 3G는 ITU의 표준으로써 셀룰러 네트워크에서 고속 무선 통신을 위한 이동 통신 기술이다. 인터넷 연결 유지와 음성 통신을 위한 이동성과 넓은 통신 영역을 제공한다.

4G: 4G는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)과 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기법이 결합한 이동통신 기술로, 고속 이동시에 100Mb/s 이상, 저속 이동시나 정지 시에 1Gb/s 이상의 전송속도가 보장된다. 4G의 표준안은 ITU-R을 통해 2011년 2월

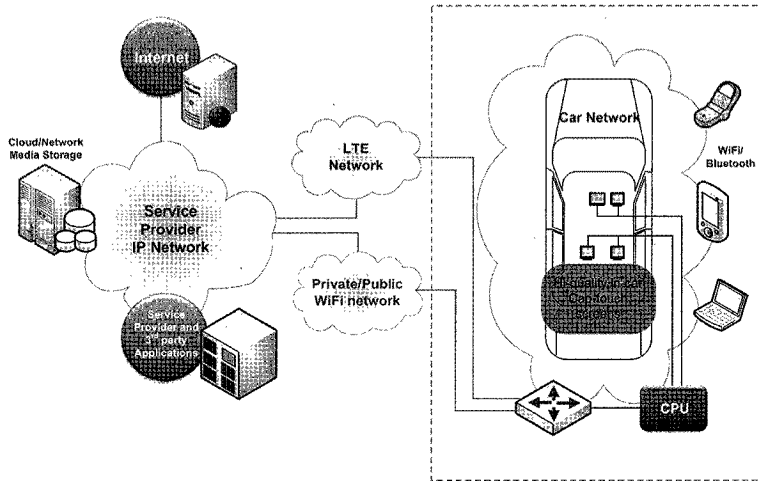
최종 확정할 계획이다. 현재 부각되고 있는 기술 표준 후보군으로는 삼성전자 및 인텔이 주도하는 Mobile WiMAX의 4세대 통신 기술인 IEEE 802.16m과 노키아 및 유럽의 통신 업체가 주도하는 3GPP 진영의 4세대 통신 기술인 LTE-Advanced가 있다. IEEE 802.16m는 데이터 통신에 기반을 두고 있으며 구현 시점 면에서는 LTE-Advanced보다 2~3년 정도 앞서 있다. 이에 반해, LTE-Advanced는 휴대폰의 음성 데이터 통신에 배경을 두고 있으며 이미 차량 통신 환경에서 성공적으로 증명된 휴대폰 산업에서 발전해 왔기 때문에 IEEE 802.16m보다 출발은 늦었지만 IEEE 802.16m 못지않게 4세대의 표준으로써 성공가능성은 높다고 할 수 있다.

나. 차량 네트워크 프로젝트 동향

무선 통신망 기술에 기반을 둔 차세대 차량 네트워크 서비스 프레임워크 개발의 구체적인 사례는 다음과 같다.

LTE Connected Car: LTE Connected Car는 <그림 3>과 같이 차세대 이동통신기술인 LTE (Long Term Evolution)를 기반으로 한 지능형 네트워크와 자동차 내의 하드웨어, 소프트웨어의 결합으로 구성된다. 자동차 내에는 독립적으로 동작하는 터치스크린, 주문형 비디오, Wi-Fi 네트워크, BlueTooth 장치, 진보된 네비게이션 등과 같은 장치 및 어플리케이션을 포함한다^[1]. 이 프로젝트는 현재 차세대 커넥트 프로그램(NG Connect Program), 알카텔-루슨트(Alcatel-Lucent), 아틀랜틱 레코드(Atlantic Records), QNX 소프트웨어시스템, 미국 토요타 자동차 판매 등과 함께 진행 중이다.

Intelligent network + in-car hardware and software = LTE Connected Car



〈그림 3〉 LTE Connected Car 개념도

KT 3W: KT와 현대기아자동차는 2012년부터 출시되는 최고급 차량에 KT 3W (WiBro, WCDMA, Wi-Fi) 통신이 탑재된 고속 텔레매틱스 서비스를 제공할 예정이다. 이 텔레매틱스 서비스는 대용량 고속 데이터 통신에 유리한 WiBro와 넓은 통신 영역이 장점인 WCDMA가 함께 제공되며, 또한 차량 내에서는 노트북이나 iPod와 같은 와이파이 기기로 WiBro와 WCDMA에 접속할 수 있게 된다. 즉 기존 텔레매틱스 서비스 외에도 차량 내 무선 인터넷 서비스 제공, 내비게이션 지도 무선 업데이트, 고품질 멀티미디어 콘텐츠 서비스 등 IP 기반의 대용량 서비스가 제공된다.

Ford: 2010년 시카고 오토쇼에서 Ford는 Clearwire와 제휴를 맺고 4G WiMAX 서비스인 CLEAR를 출시될 차량에 탑재하기로 하였다. 현재 3G 무선 네트워크들은 전형적으로 600k/s~1.4Mb/s의 다운로드 속도를 갖지만 CLEAR 사용 고객들은 이동 차량 내에서 최대 10Mb/s,

평균 3~6Mb/s의 초고속 모바일 인터넷 서비스를 경험할 수 있다.

Docomo: 도코모는 2010년 12월 상용화를 목표로 하는 LTE 서비스의 개발을 진행하고 있으며, 텔레매틱스 분야에 주력 할 생각으로, “Vehicle Mobile Convergence”를 테마로 휴대폰, PC와 자동차를 제휴시킨 선진적인 서비스 창출을 목표로 하고 있다. 보급을 위해 “차량”과 “휴대폰”의 양쪽을 통해 진행된다. 차량 모듈은 고급차에 탑재하여 차량의 원격 진단, 보안 등의 서비스를 제공하며, 보급 클래스의 자동차에서는 휴대 전화와 접속해 사용하는 내비게이션 서비스, 정보 검색, 카오디오 등을 서비스하는 것으로, 향후 폭 넓게 자동차에 통신 기능을 탑재할 계획이다.

2. 차세대 차량 네트워크를 위한 차세대 무선 통신 기술 전망

차량 네트워크 서비스를 제공하기 위해 가용

한 기술들을 비교 분석하고 이를 바탕으로 차세대 차량 네트워크 구축을 위해 필요한 기술을 전망한다.

가. 차세대 무선 통신 기술 비교

Wi-Fi (IEEE 802.11p)와 Mobile WiMAX (IEEE 802.16e): Wi-Fi와 WiMAX의 가장 큰 차이점은 통신 영역 범위 (coverage range)에 있다. Wi-Fi 기술은 LAN (Local Area Network)를 위해 설계 및 최적화 되었지만 WiMAX는 MAN (Metropolitan Area Networks)을 위해 최적화 되었다. 그리고 Wi-Fi는 기지국당 20MHz의 고정된 대역폭을 가지고 최대 10명을 지원하도록 설계되었지만 WiMAX는 기지국당 1.5MHz에서 20MHz까지 변경 가능한 대역폭을 가지고 최대 500명의 사용자를 지원하도록 설계되었다. 주파수 대역에 대한 차이도 있다. WiMAX는 주파수 대역 중 한 개의 비허가 주파수 대역(5.275 ~ 5.85GHz)과 두 개의 허가된 주파수 대역(2.50 ~ 2.69GHz, 3.4 ~ 3.6GHz)을 사용하는 반면 Wi-Fi는 비허가 주파수 대역(802.11p의 경우 5.9GHz)을 사용한다. 이것은 WiMAX가 Wi-Fi보다 더 넓은 전송 범위를 가지고 방송할 수 있다는 것을 의미한다. 그리고 Wi-Fi가 WiMAX보다 많은 기지국이 필요하다는 것으로 해석할 수 있으며 네트워크 인프라를 구축하는데 더 많은 투자가 필요하다는 것을 의미한다. 또한 Wi-Fi는 채널 경쟁 기반으로 설계된 반면에 WiMAX는 신뢰성과 QoS를 보장해 줄 수 있는 기술로 설계되었다.

Mobile WiMAX (IEEE 802.16e)와 3G: WiMAX과 3G는 서로 다른 서비스를 대상으로 상호 보완적으로 제안되었다. WiMAX는 주로

데이터 통신에 초점을 맞춰 설계되었고 3G는 음성 통신에 초점을 맞춰 설계되었다. 그러나 초기 설계 의도와 달리 모두는 데이터와 음성 서비스를 지원할 수 있다. 현재 3G는 음성 네트워크에 데이터 통신서비스를 부가하고 있기 때문에 데이터 서비스 사용이 증가하면서 음성 사용 고객과 데이터 사용 고객을 위한 충분한 주파수 대역을 갖지 못할 것이라는 우려가 있다. Mobile WiMAX는 고속의 데이터 통신 서비스를 통해 이러한 3G 서비스의 문제를 보완하기 위해 등장하였으며, 3G 서비스 제공업체들은 점차 3G 음성 서비스와 상호보완적인 Mobile WiMAX에 관심을 갖게 되었다. 그러나 Mobile WiMAX의 다양한 주파수 대역, 넓은 통신영역, QoS를 보장하는 음성서비스 지원(Mobile VoIP) 능력은 WiMAX 기술에 상호 보완적인 관계 이상의 역할을 기대하고 있다.

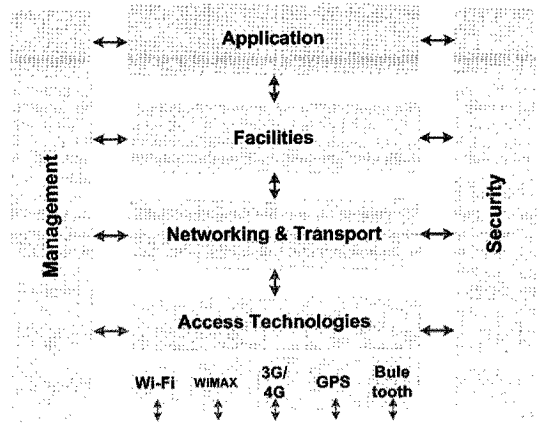
3G 와 4G: 4G로의 이동 통신 기술의 발전은 차세대 ITS/텔레매틱스의 성능을 향상시킬 것으로 예상된다. 차량 내에서 새로운 텔레매틱스와 엔터테인먼트 응용 서비스를 사용하기 위해서는 3G보다 높은 대역폭을 무선 네트워크에서 제공해야 할 것이다. 4G기술은 고정되고 좁은 대역폭을 갖는 3G에 비해 다양한 스펙트럼 대역폭(5, 10 또는 20MHz)을 갖는다. 또한 3G에 비해 2~3배의 효율성을 가지며 3G의 5배 이상의 전송률을 제공한다. 이와 같은 높은 효율성과 증가된 대역폭의 결합은 현저히 높은 처리량을 제공할 수 있고, 4G 기술을 채용한 텔레매틱스도 상당한 성능 향상을 기대할 수 있다.

나. 차세대 차량 네트워크 시스템 전망

차세대 무선 통신 기술의 등장과 발전으로 인

해 차량 통신 방식인 V2V 및 V2I에 적용되는 통신 기술에도 변화를 가져 올 것이다. 일반적으로 V2V 및 V2I 통신에 사용되는 단거리용 통신 장치와 V2I 통신에 사용되는 장거리용 통신 장치로 분류할 수 있다. 단거리 통신 장치의 대표적인 예로는 Wi-Fi 기술을 들 수 있으며, 장거리 통신 장치로는 이동통신망(Cellular Network)이나 WiMAX를 예로 들 수 있다. Wi-Fi 기술은 IEEE 802.11b/a/g에서 고속 이동성을 고려한 IEEE 802.11p로, 이동 통신망이나 WiMAX는 2G/3G에서 이동성과 전송률을 향상시킨 4G(LTE-Advanced, IEEE 802.11m)로 발전될 것이다.

CVIS프로젝트에서는 IEEE 802.11p WAVE가 단거리용 통신 장치로, 2G/3G 송수신기를 장거리용 통신 장치로 장착하고 있다. 이와 유사하게 SAFESPOT 프로젝트에서는 IEEE 802.11p 및 이동통신용 송수신기/적외선통신 모듈을 갖추고 있다. 이와 같이 단 하나의 무선 통신 기술이 차량 네트워크를 구현하기 위한 완벽한 솔루션을 제공할 수 없기 때문에 차량 네트워크 솔루션은 무선 통신 기술들의 융합으로 구현되어야 한다. 각 통신 기술은 서로 경쟁하기 보다는 보완하기 위해 만들어 졌다는 점을 상기하면 이동성을 지원하기 위해 사용될 수 있는 서로 다른 여러 통신 기술의 결합과 융합은 필요한 기술 개발 방법이다. ABI Research는 전 세계적으로 진정한 모바일 컴퓨팅과 통신에 대한 서비스 공급자와 고객의 욕구를 만족시키기 위해 모든 고속 무선 통신 기술은 공존할 것이라고 예측하였다.^[2] 사실상 실현 가능한 차량 네트워크의 무선 솔루션은 증가된 이동성과 연속적 로밍(seamless roaming)을 가능하게 하기 위해 다양한 무선 통신 기술의 결합과 통합을 통해 구현될 것이다. 그



〈그림 4〉 차량 네트워크용 미래 통신 시스템

리므로 차세대 차량 네트워크를 위한 미래 통신 시스템은 <그림 4>와 같이 다양한 통신 기술을 하나의 네트워크 계층 아래 수용함으로써 특정 통신 시스템에 구애받지 않는 보다 자유로운 통신 시스템으로 실현될 것이다.

III. 차량 네트워크의 토폴로지 제어

본 절에서는 신뢰할 만한 무선 네트워크 서비스를 제공하기 위해 차량 네트워크에서 필요한 이동성을 고려한 토폴로지 제어 및 DTN (Delay Tolerant Network)을 고려한 토폴로지 제어에 대해 설명한다.

1. 이동성을 고려한 토폴로지 제어

무선 네트워크 내에서의 토폴로지 제어는 이웃 노드들을 최대 전력이 아닌 적정 전력으로 전송 전력을 결정하는 것에 목적이 있다. 일반적으로 토폴로지 제어는 이웃 노드와의 연결성을 유지면서 전송에 충분한 전송 전력을 결정함으로써

써 네트워크 내의 에너지 소비를 줄이고, 네트워크 수명 또한 연장시키는데 목적이 있다. 또한 토폴로지 제어는 서로 혼선(interference)되지 않는 범위 내에서의 동시 전송을 가능하게 함으로써 네트워크 대역폭도 향상시킨다. 그리고 전송 범위 내에서 동시에 전송할 수 있는 노드 수를 줄임으로써 MAC프로토콜에서 발생하는 근접 노드간의 경쟁(contention)도 경감시킨다. 따라서 토폴로지 제어는 네트워크의 연결성을 다루는 동시에 한편으로는, 전력사용량 최소화, 간섭 최소화를 다룬다. 이러한 토폴로지 제어는 고속의 이동성과 다양한 차량 밀도를 가지는 차량 네트워크에는 적합하지 않다.

가. 기존의 토폴로지 제어의 문제점

경쟁기반의 MAC 프로토콜에서 네트워크 성능은 인접한 노드들의 수에 비례하여 저하한다. 그래서 전송범위를 가능한 낮게 유지할 필요가 있으며, 노드 밀도와 라우팅 기법이 주어진 멀티홉 네트워크에서 단일 홉 처리량을 최대화하기 위해 모든 노드가 동일한 전송 범위 (전송 전력)를 갖는 최적의 전송 범위를 유도해냈다^[3,4]. 그러나 이 동일한 최적의 전송 범위는 고속의 이동성을 갖는 차량 네트워크 환경에서 빈번한 토폴로지 변화 때문에 토폴로지 내의 노드들은 네트워크 연결(network connectivity)을 유지할 수 없다.

각 노드들이 동일하지 않은 전송 범위를 갖는 토폴로지 제어는 네트워크 처리량(network throughput)을 향상시킨다^[5]. 이런 목적을 달성하기 위해 개발되어진 토폴로지 제어 기법의 노드들은 지역 상태 정보에 근거하여 각자 자신만의 전송 범위(individual transmission range)를 갖으며 네트워크 처리량을 향상시킨다. 그러

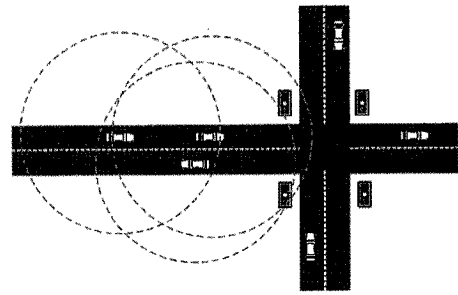
나 처리량 분석은 비 동일한 전송 범위 아래에서 다루기 쉬운 것은 아니다. 일반적으로 무선 센서 네트워크에서 자주 등장하는 최소 연결 토폴로지(minimally connected topology)는 연결성을 유지하면서 최대 전송 전력을 최소화시키거나 총 전송 전력 소비를 최소화하는 것을 목표로 한다. 이를 위한 대표적인 토폴로지 제어 기법에는 Delaunay triangulation, MST (minimum spanning tree)-based topology control, SPT (shortest path tree)-based topology control 등이 있다. 그러나 이러한 최소 연결 토폴로지 제어 기법들은 각 노드는 동일하지 않은 전송 범위를 갖지만 움직이지 않는다고 가정하고, 다른 이웃에 대해 다른 전송 전력을 사용한다. 이러한 전송 전력 전환 방식은 노드 간에 전송 방해로 줄이지만 하드웨어 안에서 문제를 일으킬 수 있으며 소프트웨어 상에도 충돌 문제를 일으킬 수 있다.

나. 이동성을 고려한 토폴로지 제어의 필요성

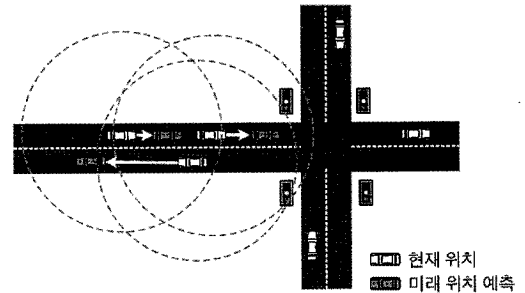
이동성은 네트워크 계층 성능에 심각한 영향을 미친다. 단절된 경로는 패킷 손실을 초래하기 때문에 각 노드들은 전송 실패를 발견할 때까지 재전송을 시도할 것이며, 이로 인해 네트워크 대역폭 낭비와 무시하지 못할 패킷 전송 지연을 초래한다. 앞에서 설명한 토폴로지 제어 알고리즘들은 각 노드의 전송 전력 최적화, 전송 방해 최소화 및 처리량 최대화를 위한 목적을 달성하기 위한 무선 애드 혹 네트워크에 적합한 토폴로지 제어 기법이다.

일반적으로 무선 애드 혹 네트워크는 노드 밀도의 변화와 이동성이 낮은 것으로 가정되며, 불규칙한 이동 패턴을 보이고, 제한된 전력 자원을

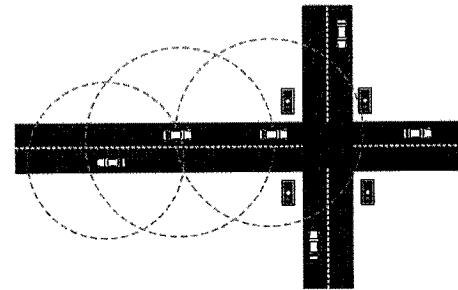
가지기 때문에 노드의 에너지 소비를 최소화하기 위한 MAC 및 라우팅 개발에 주안을 두고 있다. 반면 차량 네트워크는 노드 밀도의 변화가 빠르고 100Km/h이상의 높은 이동 속도를 가지며, 도로를 따라 비교적 규칙적인 이동패턴을 갖는다. 이로 인해, 네트워크 토폴로지 변화가 매우 빠를 뿐 아니라 빈번하게 발생하며, 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화는 노드 간 통신 링크의 생존 주기를 더욱 짧게 만드는 요인이 된다. 하지만 차량 네트워크를 구성하는 노드들은 지속적으로 재충전되는 고용량의 차량 배터리를 사용하기 때문에 에너지 소비는 크게 문제되지 않는다. 그러므로 차량 네트워크에 적합한 토폴로지 제어 기술을 개발하기 위해서는 동적인 토폴로지 및 고속의 이동성과 낮은 차량 밀도를 갖는 네트워크 환경에서 에너지 절약보다 네트워크 연결유지에 주안점을 두어야 한다. 이러한 토폴로지 제어 기술은 <그림 5>에 예시되어 있다. 그림에서 각 노드들은 이웃하는 노드들과의 미래 거리를 계산하고 이를 토대로 네트워크 토폴로지의 변화를 예측하며 이웃 노드와 통신하기 위해 필요한 전송 전력(transmission power)을 계산하고 있다. <그림 5>-(a)는 어떤 임의의 시간(t)에서의 초기 토폴로지의 형태를 보여준다. 이 시간(t)에서 각 차량은 속도와 위치 정보를 포함하는 메시지를 서로 교환한다. <그림 5>-(b)에서 각 차량은 해당 메시지에 포함되어 있는 정보를 통해 특정 시간($t + \alpha$)에서의 차량들의 위치를 예측한다. <그림 5>-(c)에서는 각 차량이 이웃 차량에 대한 위치 예측 결과를 통해 이웃 차량과 연결을 유지할 수 있도록 전송 전력을 조절한다. <그림 5>에서 예시한 것과 같이 이동성 예측을 고려한 토폴로지 제어는 신뢰할만한 전송 전력(또는 전송 범위) 제어를 차량 네트워크에 제공할 수 있다.



(a) 최대 전송 전력을 갖는 초기상태



(b) 이동성 예측



(c) 이동성을 고려한 전송 전력 최적화

<그림 5> 이동성을 고려한 토폴로지 제어 방식

2. DTN을 고려한 토폴로지 제어

차량 네트워크와 DTN (Delay Tolerant Network)의 공통점을 분석하고, DTN의 기회적 전송 방법에 대해 설명한 뒤, 차량 네트워크에서 기회적 전송 방법을 고려한 토폴로지 제어 기술 개발에 대한 필요성을 설명한다.

가. 차량 네트워크와 DTN

무선통신의 발전으로 다양한 이기종의 무선 네트워크 기술이 등장하게 되었고 이런 이기종 네트워크간의 원활한 통신을 지원하기 위해 DTN (Delay Tolerant Network)이라는 개념이 등장하게 되었다. DTN 환경은 노드들의 불규칙적인 움직임으로 인해 높은 지연시간, 잦은 끊김 등의 특성을 지닌다. 이와 마찬가지로 차량 네트워크도 차량들의 고속 이동성이나 차량 간 밀도 변화로 인해 빈번한 링크 단절 및 네트워크 토폴로지 변화, 차량 간의 통신 지연 등을 야기하기 때문에 DTN 환경과 유사한 특성을 갖는다.

나. DTN에서의 기회적 전송 방법

차량 네트워크 환경에서는 차량의 고속 이동성, 시간과 공간에 따른 잦은 차량 밀도 변화와 동적인 토폴로지 변화에 따른 잇따른 네트워크 단절의 발생으로 인해 종단 간 연결을 보장하지 못하며, 심각한 데이터 전송 지연을 초래한다. 따라서 종단 간 연결에 기반한 AODV 및 DSR 방식의 라우팅 및 데이터 전송 방법은 차량 네트워크에 적절하지 못하다.

노드의 밀도 변화가 빈번한 무선 네트워크에서 링크 단절을 처리하기 위해, DTN에서는 기회적 전송 방법(opportunistic forwarding approach)인 “Carry and Forward” 기법을 사용한다. 노드들은 경로가 존재하지 않을 때 패킷을 나르고(carry), 노드 근처로 움직이는 새로운 수신자에게 패킷을 전송한다(forward). 이 기법에서 어떤 한 노드가 다른 노드로 메시지를 전송하기 위해서 얼마나 많은 제어가 이동성에 사용되었는지에 따라 데이터 전송 프로토콜을 두가지 종류

로 나눈다. 첫 번째는 이동성에 아무런 제어를 하지 않는 것이고, 두 번째는 메시지 전송을 돕기 위해 노드의 이동성을 제어하는 방식이다. 부가적으로 이러한 이동성 제어와 상관없이 교통 통제치를 적용한 교통 패턴과 도로 구조를 통해 예측 가능한 이동성을 이용한 방식이 있다.

이동성을 제어하지 않는 전송 방법: 이동성에 아무런 제어를 가하지 않는 대표적인 데이터 전송 방식으로 Epidemic Routing이 있다. Epidemic routing에서 소스 노드는 이웃 노드에게 목적지 노드로 전송할 데이터를 플러딩(flooding) 한다. 그리고 목적지로의 경로가 존재하지 않을 때 소스 노드와 이웃노드들은 “Carry and Forward” 기법을 통해 다른 네트워크로 접촉이 가능하다. 결국 반복되는 다른 네트워크로의 접촉을 통해 노드는 목적지 노드가 있는 네트워크 범위 안으로 들어가게 되고 목적지 노드에게 데이터를 전송하게 된다. 이런 광범위한 데이터 교환은 궁극적으로 목적지로의 메시지 전송을 보증하지만 차량의 밀도가 높은 차량 네트워크 환경에서는 플러딩으로 인한 과도한 중복 데이터 교환으로 인해 패킷 전송률과 전송 지연에 영향을 미치며 혼잡을 초래할 수 있다.

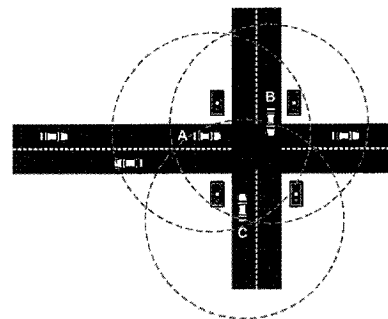
이동성을 제어하는 전송 방법: 노드의 이동성을 제어하는 프로토콜은 노드의 밀도가 낮은 멀티 홉 무선 네트워크 환경에서 MF (Message Ferry)를 이용하여 데이터를 전송하는데 사용되는 노드의 이동 궤적(trajjectory)을 미리 수정하는 방법을 제안하였다. 그러나 차량 네트워크에서 움직이는 차량의 이동 궤적(trajjectory)을 수정하는 것은 불가능하다.

예측할 수 있는 이동성을 이용한 전송 방법: 빠른 이동성으로 인해 각 노드는 이동하는 도중에 노드 간에 연결 기회를 간헐적으로 가질 수 있다. 이에 따라 노드들이 무선 통신 범위 내에서 연결되어 있는 경우에는 최적의 시간 지연을 발생시키는 경로를 따라 목적지까지 전송이 되고, 그 연결이 다시 끊어진 경우에는 노드가 데이터를 간직하면서 이동하는 “Carry and Forward” 방식의 데이터 전송기법을 사용할 수 있다. 이러한 “Carry and Forward” 방식의 데이터 전송 기법은 동적인 차량 트래픽을 가지는 차량 네트워크에서 유효한 해결책이 될 수 있다. 대표적인 방법이 VADD, SADV, Delay-bounded routing, TBD, GeoDTN + NAV 등이 있다. VADD는 “Carry and Forward” 기법을 토대로 교통 패턴과 도로 구조를 통해 예측 가능한 차량 이동성을 이용한 방식을 제안하였다 [6].

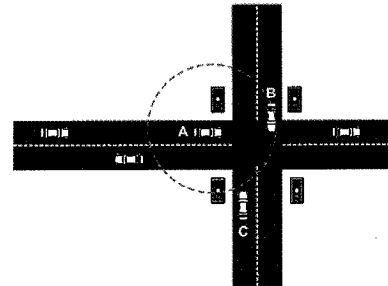
다. 기회적 전송 방법을 고려한 토폴로지 제어의 필요성

고속 이동성이나 차량 간 밀도 변화로 인해 빈번한 링크 단절 및 네트워크 토폴로지 변화를 초래하는 차량 네트워크에서 종단 간 경로 설정은 쉽지 않다. 오히려 차량 네트워크에서는 완벽한 종단 간의 경로 설정을 통한 데이터 전송보다 출발지와 목적지 사이의 중간 노드의 연결 설정을 통해 “Carry and Forward” 방식을 사용하여 궁극적으로 목적지로 데이터를 전송하는 것이 목표라고 할 수 있다. 그러므로 차량 네트워크 환경에서는 출발지와 목적지 사이의 연결 설정을 담당하는 네트워크 계층 못지않게 중간 노드 간의 링크 연결 설정을 담당하는 MAC 계층의 토폴로지 제어 역할이 매우 중요하다. 따라서 차량 네트워크에서 토폴로지 제어는 토폴로지 제어의 기

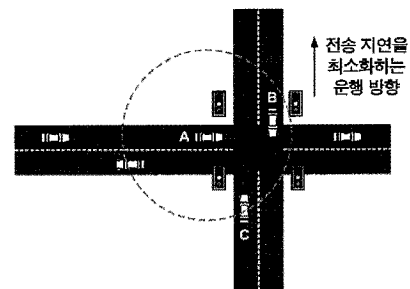
존 역할 뿐만 아니라 이웃 노드에 도달하는데 필요로 하는 전송 전력을 계산하는데 있어서 기회적 전송 방법을 이용해야 한다. <그림 6>은 차량 네트워크에 토폴로지 제어 기술이 적용될 때 그 효과를 최대 전송 전력을 사용할 때와 비교하여 예시하고 있다. <그림 6>-(a)는 각 차량이 최대 전송 전력을 사용할 때 이웃 노드에게 간섭(interference)를 초래하는 경우를 보여주고 있



(a) 최대 전송 전력을 갖는 토폴로지 제어



(b) 최소 거리 우선의 토폴로지 제어



(c) 전송 지연을 최소화하는 토폴로지 제어

<그림 6> DTN 기반 토폴로지 제어 방식

다. 이에 반해 <그림 6>-(b) 와 (c)는 토폴로지 제어를 통한 기대 효과를 보여준다. <그림 6>-(b)는 각 차량이 자신의 통신 영역 안의 이웃 차량 중에 가장 가까운 차량(차량A인 경우 차량B)에 적합하게 전송 전력을 조절하여 다른 이웃 노드들에 대한 간섭(interference)를 최소화하는 기존 토폴로지 제어 방법을 예시한다. <그림 6>-(c)는 기회적 전송 방법의 경로 설정 정보를 통해 전송 지연을 최소화 하는 방향으로 이동 중인 이웃 차량(차량A인 경우 차량C)을 정하여 이 차량에 맞춰 전송 전력을 조절하는 토폴로지 제어 기술을 보여주고 있다. 이 제어 기술은 차량 네트워크에 있어서 종단간 데이터 전송 지연을 최소화 한다. 따라서 차세대 차량 네트워크에 적용될 토폴로지 제어 기술은 <그림 6>-(c)과 같이 목적지로의 경로 설정을 위해 다음 홉을 선정하는 네트워크 계층의 경로 설정 정보를 토폴로지 제어에 적용하여 목적지로의 데이터 전송 지연을 최소화할 수 있는 기회적 전송 방식을 활용할 수 있어야 한다.

IV. 향후 전망

차량 네트워크는 고속의 이동성, 동적인 네트워크 토폴로지 변화와 노드 밀도의 급변 등으로 인해 잦은 네트워크 단절, 짧은 링크 생존시간, 전송 지연과 같은 문제를 초래한다. 이러한 차량 네트워크 환경에서 데이터를 전송하는데 있어서 노드 간의 링크 연결 설정과 통신 매체 액세스 제어(Medium Access Control)를 담당하는 MAC 계층의 역할은 매우 중요하다. 따라서, 본 고에서는 차량 네트워크 환경에서 고속으로 이동 중인 차량에 신뢰할 만한 무선 네트워크 액세스

를 제공하기 위한 MAC 계층의 차세대 무선 통신 기술과 토폴로지 제어 기술에 대해 설명하였다. 차량 네트워크 환경에 적용될 수 있는 차세대 무선 통신 기술은 하나의 무선 통신 기술이 아닌 다양한 무선 통신 기술이 융합된 통신 시스템 형태가 될 것으로 예상된다. 또한 잦은 토폴로지 변화로 인해 전송 지연을 최소화하기 위해 이동성을 고려한 토폴로지 제어 및 DTN을 고려한 토폴로지 제어 기술이 등장할 것으로 기대하고 있다.

참고문헌

- [1] <http://www.ngconnect.org/ecosystem/connected-car.htm>
- [2] Broadband Wireless: The New Era in Communications. Intel Whitepaper (2004).
- [3] S. Narayanaswamy, V. Kawadia, R. S. Sreenivas, and P. R. Kumar, "Power control in ad hoc networks: Theory, architecture, algorithm, and implementation of the COMPOW protocol," in Proc. Eur. Wireless Conf., 2002, pp.156-162.
- [4] P. Santi, The critical transmission range for connectivity in mobile ad hoc networks, IEEE Trans. Mobile Comput. 4 (3) (2003) 310-317.
- [5] J. Gomez, A. Campbell, A case for variable-range transmission power control in wireless multihop networks, in: Proc. IEEE INFOCOM'04, Hongkong, 2004, pp.1425-1436.
- [6] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-

Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks," The 25th Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM '06), April, 2006.

저자소개



성 광 제

1999년 2월 휘문고등학교
 2006년 2월 상명대학교 소프트웨어공학(학사)
 2009년 8월~현재 고려대학교 전기전자전파공학과 석사과정
 2006년 5월~2007년 3월 (주)SANYO전기 연구원
 2007년 4월~2008년 1월 (주)NTT DATA 연구원
 2008년 2월~2008년 6월 (주)안타생명보험 연구원
 2008년 7월~2009년 7월 (주)아크로디아 코리아 연구원
 주관심 분야 : Vehicular ad hoc Network, Mobile ad hoc Network

저자소개



김 황 남

1992년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1994년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2004년 12월 미국 University of Illinois at Urbana-Champaign, Computer Science(박사)
 1994년 1월~1999년 6월 LG정보통신(현LG전자) 주임연구원
 2000년 11월~2001년 8월 Bytemobile, Inc., Software Engineer
 2006년 3월~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 부교수

주관심 분야 : IEEE 802.11 기반 무선 네트워크, 차량 네트워크, 무선망 품질 관리, CPS



김 한 석

1990년 2월 서울대학교 전자공학과(학사)
 1992년 2월 서울대학교 전자공학과(석사)
 2003년 2월 미국 Purdue University, ECE(Electrical and Computer Engineering)(박사)
 1992년 3월~1998년 1월 LG전자 정보통신 연구소 선임연구원
 2003년 4월~현재 삼성전자 네트워크 사업부 수석연구원
 주관심 분야 : 무선망 자원관리(resource management), QoS를 위한 흐름제어(flow control), WIMAX 망에서의 multicast 서비스