
IEEE 802.11p/1609 차량 네트워크에서 SJF(Shortest Job First) 스케줄링을 이용한 동적 채널 할당 기법

장현준* · 권영호* · 이병호**

*한양대학교

Dynamic Channel Allocation Using SJF Scheduling in IEEE 802.11p/1609 Vehicular
Network

Hyun-Jun Jang* · Yong-Ho Kwon* · Byung-Ho Rhee**

*Hanyang University

E-mail : pkthads@gmail.com

요 약

자동차 네트워크 환경에서 기본적인 목표는 도로 상에서 자동차 안전과 ITS(Intelligent Transportation System), 비디오 등의 상업 서비스를 제공하는 것이다. 그리고 대부분의 연구들이 혼잡 상황에서의 자동차 안전을 위한 안전 메시지 전송에 대해 이루어지고 있다. 하지만 차량 안전 메시지 전달을 위한 채널 이용도 중요한 요소지만, 적합한 서비스를 제공하는 것 또한 중요하다. 이를 위해서 IEEE 1609.4에서 상업 서비스 전달을 위한 4개의 채널을 지정하고 있지만 혼잡 상황과 같이 많은 자동차들이 존재하는 경우, 각각의 자동차들에 채널 경쟁으로 인해서, 안전메시지 전송 문제가 발생하는 것처럼 서비스 채널의 부족으로 인해 서비스의 제공이 제대로 이루어지지 않는 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 동적 채널 할당 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 RSU(RoadSide Unit)에서 서비스에 대한 정보와 채널의 상태 정보를 관리하며, 큐에 전송 데이터를 저장하고 SJF(Shortest Job First) 스케줄링을 기반으로 RSU가 관리하는 정보를 통해 네트워크 혼잡 상황 하에 데이터 전송을 위한 IEEE 1609.4에 지정된 4채널에서 적합한 채널을 선택한다.

ABSTRACT

In vehicular network, the basic goal is to provide vehicle safety service and commercial service such as ITS(Intelligent Transportation System) or video, etc on the road. And most research concentrated on transportation of safety message in congestion situation. It is important to allocate channel for safety message in congestion situation, but providing suitable service is also important problem in vehicular network. For this reason, IEEE 1609.4 allocate 4 multiple service channels (SCHs) for non-safety data transfer. But, in congestion situation with many vehicles, the contention for channel acquisition between services becomes more severe. So services are provided improperly because of lack of service channel. This paper suggests dynamic channel allocation algorithm. The proposed algorithm is that RSU(RoadSide Unit) maintain and manage the information about service and status of channels. On based of the SJF(Shortest Job First) scheduling using those information, RSU selects the most appropriate channel among the 4 SCHs allocated by IEEE 1609.4 in network congestion situation.

키워드

VANETs, WAVE, RoadSide Unit(RSU), Dynamic Channel Allocation

I. 서 론

자동차에 대한 중요도가 성능 중심에서 서비스 및 안전 중심으로 바뀌어 가면서 이를 위한 다양한 방면에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 스마트카 또는 커넥티드 카(Connected Car)는 자동차가 스스로 상황을 인지하고 사용자에게 알려주며, 언제나 네트워크와 연결되어 사용자에게 서비스를 제공할 수 있도록 개발되고 있다. 차량 네트워크를 이용해 서비스와 안전을 보장해주기 위해 네트워크 국제 표준 기관인 IEEE에서 2010년 802.11p/WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 표준을 제정하여 DSRC (Dedicated Short-Range Communications)를 이용해 5.9GHz의 높은 대역폭을 활용해 차량 네트워크를 위한 채널을 할당하였다[1]. 자동차와 자동차 간의 통신(V2V, Vehicle-to-Vehicle)을 정의하여 안전 메시지를 교환하고, 자동차와 RSU(Road Side Unit) 간의 통신(V2I, Vehicle-to-Infrastructure)를 정의하여 교통 서비스나 ITS(Intelligent Transportation System) 서비스, 그 외의 상업 서비스를 제공할 수 있도록 했다.

자동차의 안전은 기본적으로 제공되어야 하기 때문에 대부분의 연구가 안전 메시지의 효율적인 전송에 대해 이루어지고 있다. 그에 비해, 서비스를 제공하기 위해 서비스 채널을 효율적으로 사용하는 연구에 대해선 그 수가 적다. 하지만 차량 네트워크에서 서비스를 제공하는 것은 사용자의 편의성을 극대화하기 위해 매우 중요하다.

본 논문에서 2장은 WAVE의 기본적인 구성과 채널의 사용, 특히 WAVE 환경에서 서비스가 제공되는 과정에 대해 소개를 한다. 3장에서는 서비스 채널을 효율적으로 사용하기 위해, 서비스를 제공할 때 SJF(Shortest Job First) 알고리즘을 이용하여 가장 적합한 서비스 채널을 할당해주는 방법을 제안한다. 4장에서 시뮬레이션 및 결과 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론으로 마무리한다.

II. 본 론

802.11p/WAVE는 무선 근거리 통신인 802.11a를 기반으로 고속 이동에 적합하도록 수정해서 만들어졌다[3]. 특히 MAC 계층에서 복잡한 인증(Authentication) 및 결합(Association) 단계를 생략하여 빠른 네트워크 환경 구축이 가능하다. WAVE는 자동차 사용자의 안전과 상업적인 서비스를 안정적으로 제공하는 것을 목표로 한다. 자동차 환경의 특징인 중앙 결집의 부족, 유동적인 도플러지, 짧은 네트워크 연결 시간으로 인해 차량간 네트워크는 독특한 특징이 있다[1].

WAVE에서는 안전 메시지와 서비스 메시지의 전송을 위해 DSRC를 이용하고 해당 5.9GHz 주파수 영역에 10MHz 주파수 대역으로 7개의 채널이

할당했다[2]. 그 중 178번 채널은 컨트롤 채널(CCH)로서 이를 통해 안전 메시지를 송수신한다. 나머지 6개의 서비스 채널을 통해 서비스를 제공받거나 긴급 메시지를 수신할 수 있다. 그 중 자동차 간의 충돌 회피를 위한 172번 채널과 교차로에서 출동 회피를 위한 184번 채널은 긴급 상황을 위한 채널로서 남겨두고, 일반적으로 나머지 4개의 채널은 서비스를 위한 채널로 이용한다. 시간 순으로 각 채널은 4ms의 가드 인터벌을 갖고 50ms 주기로 컨트롤 채널 간격(CCHI)과 서비스 채널 간격(SCHI)을 반복한다.

IEEE 1609.4는 IEEE 802.11p MAC 계층 위에서 DSRC를 기반으로 다중 채널 동작을 구현하여 모든 자동차들은 외부적인 방법(위성)을 통해 시간을 동기화하고 주기적으로 CCHI와 SCHI로 나누어 반복적으로 채널을 조정한다[3][4]. CCHI 동안 자동차는 WSMP(WAVE Short Message Protocol)을 이용해 안전 메시지(Basic Safety Message) 및 WSA(WAVE Service Advertisement) 메시지를 전송한다. 그리고 CCHI 동안 서비스를 요청하는 경우, SCHI에 서비스가 제공되는 채널로 조정하여 WSMP 또는 IPv6 기반의 서비스를 제공 받는다.

서비스를 제공하기 위해 CCHI 동안 WSA 메시지를 이용한다. WSA 메시지는 제공하는 서비스의 정보와 채널 정보를 가지고 있어서 서비스를 제공받길 원하는 노드는 다음 SCHI에 설정된 채널로 조정하여 서비스를 제공받을 수 있다. 자동차가 제공받길 원하는 서비스(교통 정보, 영상 스트리밍 또는 웹 브라우징 등의 인터넷 기반 서비스)를 WSA를 통해 요청하거나 RSU가 제공하는 서비스(주유소, 관광지 등의 로컬 정보) 등을 WSA 메시지에 담아서 자동차에게 보낼 수 있다.

하지만 안전 메시지와 마찬가지로 자동차의 밀집도가 높은 경우 동일 채널에 의한 간섭으로 인해 WSA 메시지가 제대로 전송되지 않는 문제가 있다. 또 WSA 메시지가 제대로 전송 되더라도 서비스 요청이 많은 경우 서비스들 간에 채널 경쟁이 일어나고, 서비스 채널의 용량 부족으로 인해 서비스 제공이 지연되는 경우도 있다. CCHI 동안 안전 메시지로 인해 WSA 메시지가 전송되지 않는 문제를 해결하기 위해, WSA 메시지에 추가적인 채널 정보를 Piggyback하여 서비스 전송의 효율을 높이는 연구가 있다[5]. 또 서비스 채널 용량 부족의 문제를 해결하기 위해 각 서비스 채널을 서비스의 Access Category 별로 나누어 같은 AC 등급 간의 경쟁을 완화시키는 동적 채널 할당 방법이 있다[6].

III. 시뮬레이션 방법

서비스들 간의 채널 경쟁을 완화하고 채널 용량 부족 문제를 해결하기 위해, SJF 스케줄링 방법을 이용하여 다중 채널 할당 기법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 아래와 같다.

1. CCHi 동안 자동차는 요청하는 서비스의 정보(서비스의 총 사이즈)를 포함하는 WSA 메시지를 RSU에게 보낸다.

2. CCHi 동안 RSU가 WSA 메시지를 받으면, RSU가 가지고 있는 채널 테이블에 저장된 정보를 통해 서비스를 종료 예정 시간(Service Remain Time)이 가장 작은 서비스 채널에 할당한다. 그 후, 해당 채널의 전송 속도와 서비스의 사이즈를 이용해 해당 채널의 종료 예정 시간을 갱신한다.

3. RSU에서 채널 할당이 종료되면, RSU는 자동차로 할당된 서비스 채널 정보를 담아 WSA 메시지를 전송한다. WSA 메시지를 받은 자동차는 요청한 서비스와 할당받은 채널 정보를 저장한다.

4. SCHi이 되면 RSU는 각 채널로 할당된 서비스를 전송하면서 서비스 테이블을 갱신한다. 그리고 자동차는 할당된 서비스 채널로 조정하여 서비스를 제공받는다.

5. 만약 서비스를 수신하는 경우 자동차가 가지고 있는 서비스 정보를 갱신하도록 하고, 모든 서비스를 수신했다면 자동차의 서비스 스케줄을 삭제한다. 만약 서비스가 남았다면, 서비스에 대한 WSA 메시지를 보낸다.

6. RSU가 동일한 서비스에 대한 WSA 메시지를 받는 경우 해당 서비스가 갱신된 정보인지 확인하고 갱신되었다면 RSU의 정보도 갱신한다. 만약 동일한 정보라면 Congestion Window를 증가시킨다.

전반적인 시뮬레이션 환경은 표1과 같다. 긴급 상황을 위한 채널을 제외한 4개에 서비스 채널을 사용하며 각 채널의 전송 속도는 6Mbps로 설정했다. 서비스 요청이 많은 경우를 가정하기 위해, 각 노드가 1초에 5번의 서비스를 요청하도록 가정했다. 노드가 이미 할당 받은 서비스 채널이 있는 경우는 해당 서비스가 작업 완료할 때까지 새로운 서비스를 요청하지 않는다. 요청하는 서비스의 크기는 10k bytes에서 100k bytes 사이에서 랜덤으로 생성하도록 하며, 한 번에 보내는 서비스 패킷의 크기는 1500 Bytes로 설정했다.

표 1. 시뮬레이션 환경

서비스 채널	SCH2, SCH3, SCH4, SCH5
채널 전송 환경	OFDM 6Mbps 10MHz
서비스 요청 횟수	5 Service/sec
서비스 총 사이즈	10Kb~100Kb
서비스 패킷 사이즈	1500 Byte

7번의 Sync Interval이 경과하는 동안 서비스를 제공할 수 없는 경우, 해당하는 서비스를 취소한다. 자동차와 RSU 모두 해당하는 서비스에 대한 정보를 삭제한 후, 자동차는 새로운 WSA 패킷을 보내 새로운 서비스를 생성한다.

서비스 종료 예정 시간이 가장 작은 채널을 할당하는 방법의 대조군으로서 IEEE 1609.4의 기본적인 다중 채널 할당 방법을 설정했다. 이 할당 방법은 채널의 상태와 관계없이 순차적으로 서비스를 채널에 할당하는 경우로 가정했다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

서비스를 제공받을 수 있는 최대 자동차의 수, 즉 활성 자동차(Active Nodes)의 수를 변수로 하여 제안한 알고리즘의 성능을 분석했다. 서비스의 요청 주기가 짧기 때문에 서비스를 요청하는 자동차의 수는 설정한 값에 근접한다. 현실적으로 혼잡 상황에서 도로에 100대의 차량이 존재하는 경우, 동시에 서비스를 제공하는 차량의 수가 최대 30대의 자동차로 가정했다. 그래서 최소 5대의 차량부터 최대 30대의 차량에 대해 시뮬레이션을 실행했다.

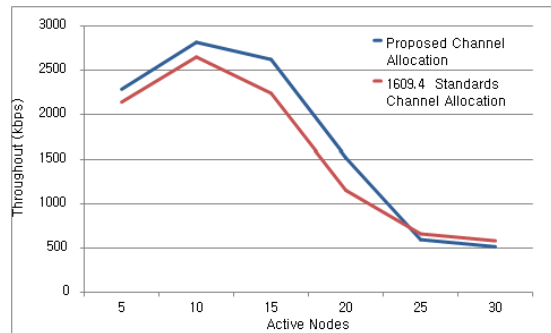


그림 1. 활동 자동차 수에 따른 처리량

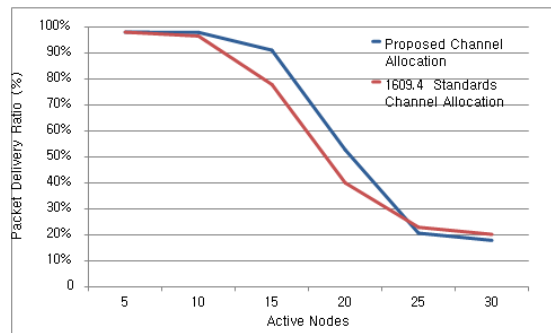


그림 2. 활동 자동차 수에 따른 패킷 전송률

그림 1은 활성 자동차 수에 따른 서비스 패킷의 처리량이다. 자동차 수가 적은 경우 자동차 수가 증가함에 따라 서비스가 증가하기 때문에 처리량이 증가한다. 하지만 서비스의 수가 큐의 처리 용량을 넘어가게 되면 처리량이 급격히 떨어지는 모습을 볼 수 있다. 전반적으로 제안하는 채널 할당 기법이 높은 처리량을 보인다. 하지만 채

널이 포화되면서 경쟁이 심해져 기존의 할당 기법과 같은 처리량으로 수렴하는 모습을 볼 수 있었다. 처리량이 감소하는 이유는 그림 2의 활성화 자동차 수에 따른 패킷 전송 비율(Packet Delivery Ratio, PDR)을 통해 알 수 있다. 자동차 수가 적은 경우 거의 모든 패킷을 전송하기 때문에 처리량이 꾸준히 증가한다는 것을 알 수 있다. 하지만 자동차 수가 증가할수록 패킷 전송 비율이 급감하고 채널 경쟁이 심해질 경우 20% 미만의 패킷만이 전송을 성공하는 것을 볼 수 있다.

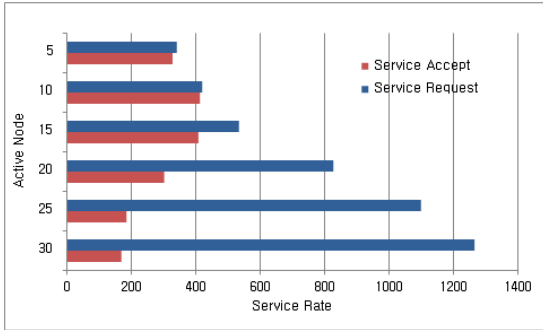


그림 3. 제안하는 할당 기법을 사용한 경우 서비스 요청 및 완료 횟수

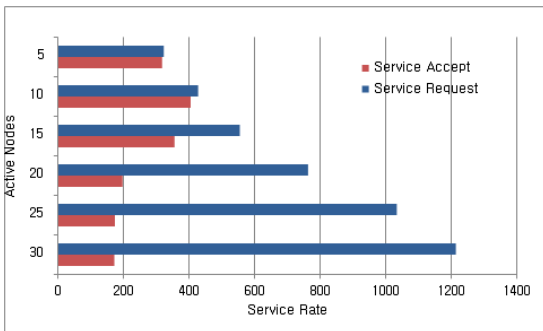


그림 4. 1609.4 Standard Channel Allocation을 사용한 경우 서비스 요청 및 완료 횟수

그림 3과 4는 두 가지 할당 기법에 따른 서비스 요청 수와 서비스 완료 수이다. 두 경우 모두 활성화 자동차 수가 적은 경우, 요청하는 서비스 대부분을 완료한다. 활성화 자동차 수가 증가하면 서비스를 완료하는 수도 증가하지만, 채널이 포화되고부터는 처리량과 마찬가지로 패킷 전송률이 감소하여 완료하는 서비스 또한 줄어드는 것을 볼 수 있다. 하지만 실패하는 서비스가 증가하더라도 새로운 서비스가 계속 요청되기 때문에 서비스 요청 횟수는 계속해서 증가한다.

V. 결 론

본 논문에서 제안하는 알고리즘을 NS-3를 이용해 시뮬레이션을 해본 결과 SJF 방식을 이용해 채널을 할당하는 방법은 기존의 1609.4의 채널 할당보다 높은 패킷 전송률을 보여줬다. 특히 차량 네트워크 상에서 데이터 전송에 참여하는 자동차의 수가 10~20대일 경우에는 제안하는 채널 할당 기법이 WAVE 환경에서 멀티 채널을 이용하는데 더 나은 성능을 보이는 것을 시뮬레이션 결과로 확인하였다.

향후 연구에서는 본 논문에서 제안한 방법에 실시간 비디오 스트리밍을 고려하여 채널을 이용할 수 있는 기술에 대해서 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] Claudia Campolo, Antonella Molinaro, Multichannel communications in Vehicular Ad Hoc Networks: a survey, IEEE Communications Magazine, pp.158-169, May 2013.
- [2] John B. Kenney, Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States, Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No.7, July 2011.
- [3] IEEE P1609.4/D9, "IEEE Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-Channel Operation," , pp. 1 -61, 2010
- [4] Qi Chen, Daniel Jiang, Luca Delgrossi, IEEE 1609.4 DSRC Multi-Channel Operations and Its Implications on Vehicle Safety Communications, 2009
- [5] C. Campolo, H.A. Cozzetti, Augmenting Vehicle-to-Roadside connectivity in multi-channel vehicular Ad Hoc Networks, J. Network and Computer Applications, 2012.
- [6] Sungjin Park, Yusun Chang, Faisal Khan, and John A. Copeland, Dynamic Service-Channel Allocation (DSCA) in Vehicular Ad-hoc Networks, 2013.