

클러스터 내의 플러딩 회피 방안

김태욱* · 용 광 상* · 반 푸 투안* · 공형윤*

*울산대학교

A Method of Avoid flooding in the Cluster

Tae-Wook Kim* · Nguyen Quang Sang* · Van Phu Tuan* · Hyung-Yun Kong*

*University of Ulsan

E-mail : fifaapdkfl@mail.ulsan.ac.kr, sangnq2014@mail.ulsan.ac.kr, phutuan87@mail.ulsan.ac.kr

hkong@mail.ulsan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 차량 통신에서 겪을 수 있는 메시지의 충돌 및 손실을 완화하기 위해 차량의 진행 방향에 존재하는 차량들을 클러스터 형태로 군집화한 뒤, 최적의 중계 차량을 선택하여 수신단까지 메시지를 전송하는 방안을 제안하였다. 또한 차량 통신 환경과 유사한 페이딩 환경에서 모의실험을 진행하기 위해 이중 레일리 페이딩을 적용하였다. 제안된 기법을 차량 통신 네트워크에 적용할 경우, 브로드캐스팅(Broadcasting)으로 인행 메시지의 충돌 및 손실 문제를 완화할 수 있으며 수신된 신호에 대한 신뢰도가 증가한다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed scheme to mitigate conflict and loss of message in vehicle communication. And vehicles that exist in the moving direction, were grouping to the cluster form. Through, to select best relay vehicle, transmit a message to the destination. In addition, we applied the double rayleigh fading environment so that can applied in real-environments. Therefore, vehicle communication network applied proposed scheme, can be problem of mitigate conflict and loss of message. Thus, Increase the reliability of the received signal.

키워드

Vehicle to Vehicle Communication, Relay Selection, Cluster, Double Rayleigh Fading, Decode and Forward

1. 서론

고속도로에 존재하는 차량은 고속으로 움직이기 때문에 운전자는 주변 정보 혹은 상황을 인식하기 어렵다. 또한 고속도로에서 발생한 1차 사고보다 2차 사고에서 사망률이 높은 것을 알 수 있다[1]. 따라서 사고의 발생 유무에 대한 정보 제공을 통해 운전자의 안전성을 추구하는 응용 분야에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[2-4].

사고 정보를 다른 차량으로 전달할 때, 브로드캐스팅(Broadcasting)을 사용할 경우, 차량 통신의 특성상 메시지의 충돌 및 손실이 발생되어 차량에 수신된 신호를 신뢰할 수 없는 플러딩

(Flooding) 문제가 발생할 수 있다. [5]에서는 사고를 발견한 차량 주변에 존재하는 차량에게 사고의 정보를 전송하며 수신되는 메시지를 활용하여 하나의 차량을 선택한다. 선택된 차량은 주변의 차량으로 사고 정보를 전송함으로써 불필요한 전송의 횟수를 줄여 메시지의 충돌 및 손실을 방지할 수 있는 기법을 제안하였다. 그러나 재전송에 걸리는 지연 시간을 비교하여 가장 큰 지연 시간을 가지는 차량을 선택하는 기법을 사용하기 때문에 차량의 거리에 따른 채널 및 잡음의 영향을 많이 받게 되므로 메시지의 오류율이 증가한다.

따라서 본 논문에서는 메시지의 충돌 및 손실을 방지하며 신뢰도를 높이기 위하여 최적의 중계 차량을 통해 전송하는 기법을 적용하였다. 본 논문의 시나리오에서는 사고를 인지한 차량을 송신단으로 설정하고, 송신단과 수신단 사이에 정보의 습득 및 전달을 담당하는 차량들이 클러스터(Cluster) 형태로 존재한다고 가정한다. 또한 채널 모델은 이중 레일리 페이딩을 적용하였고, 메시지를 전송하기 전 준비 단계에서 최적의 중계 차량을 선택하며, 전송하는 과정에서 복호 후 전송(Decode and Forward) 기법을 적용하였다.

II장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템 모델에 대해 소개하며, III장에서는 모의실험을 통해 기존의 기법과 제안된 기법의 성능을 분석한 뒤, 시스템 모델의 전체적인 성능을 평가한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

본 장에서는 송신 차량(S : Source), 클러스터(Cluster) 1, 2에 포함되어 있는 중계 차량(R : Relay) 1 ~ 6, 수신 차량(D : Destination)으로 구성된 시스템 모델을 정의하며 각 클러스터에서 최적의 중계 차량을 선택하는 방법 및 비트 오류율(Bit Error Rate), 아웃티지 확률(Outage Probability)을 통한 성능 평가 방법을 소개한다.

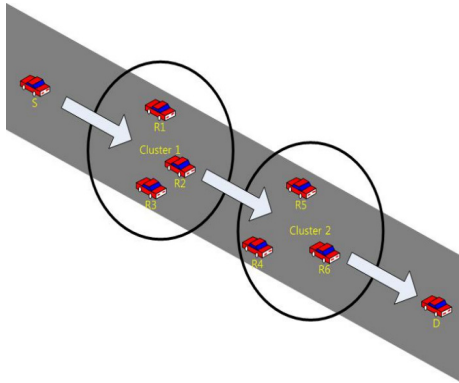


그림 1. 시스템 모델

그림 1의 시스템 모델에서 송신단 S는 사고의 발생을 인지한 차량으로서 클러스터 1로 사고 발생에 대한 메시지를 전달하는 역할을 담당한다. 클러스터 1, 2에 포함된 R1 ~ R6는 송신단 S에서 전송된 메시지를 수신하는 차량이며 이 중 선택된 중계 차량은 다음 클러스터 혹은 수신단으로 메시지를 전달한다. 또한 수신단 D는 차량 대열의 가장 마지막에 존재하는 차량으로 설정하였다. 송신단과 중계 차량 사이의 채널 정보는 h_{SR_i} 중계 차량과 중계 차량 사이의 채널

정보는 $h_{R_i R_j}$ 중계 차량과 수신단 사이의 채널 정보는 $h_{R_i D}$ 로 정의한다. 송신단 주변에서 발생한 사고를 클러스터 1로 전송한다. 이때 우수한 신호 품질을 유지할 수 있는 중계 차량을 선택하여 클러스터 2로 전송한다. 이 과정을 반복하여 수신단 D까지 사고의 발생에 대한 정보를 전송한다. 그러므로 송신단은 클러스터 1의 위치에 존재하는 R1~R3까지 사고의 발생에 대한 정보를 전달하며 R1 ~ R3는 S에게 수신 메시지를 전달한다. 이 과정에서 송신단 S는 R1~R3 중 최고의 중계 차량을 찾아 다음 목적지인 클러스터 2로 사고의 발생에 대한 정보를 전송한다. 이 과정을 수신단 D까지 반복한다.

$$\max \left(\min \left(\frac{|h_{SR_i}|^2 P_S}{N_0}, \frac{|h_{R_i R_j}|^2 P_{R_i}}{N_0} \right), \min \left(\frac{|h_{R_i R_j}|^2 P_{R_i}}{N_0}, \frac{|h_{R_i R_j}|^2 P_{R_j}}{N_0} \right) \right) \quad (1)$$

제안하는 프로토콜은 식 (1)을 사용하여 최적의 경로를 찾는다.

클러스터 형태의 중계기 모델은 단 대 단 신호 대 잡음 비를 구해야 비트 오류율에 대한 식을 유도할 수 있다[6].

$$F_\gamma(\gamma) = 1 - \min[\Pr[\beta_1 > \gamma_{th}, \beta_2 > \gamma_{th}, \beta_3 > \gamma_{th}]] \quad (2)$$

$$= 1 - \min \left[\prod_{k=1}^3 [1 - F_{\beta_k}(\gamma)] \right]$$

식 (2)은 단 대 단 신호 대 잡음 비이다. β_k 은 채널 정보 h 의 제곱 형태로 주어진 채널 이득이다. 또한 채널 이득 β_k 에서 $k = 1, 2, 3$ 은 송신단과 클러스터 1, 클러스터 1과 클러스터 2, 클러스터 2와 수신단을 의미한다. γ_{th} 는 각각의 β_k (노드 사이의 채널 이득)에 대한 임계 신호 대 잡음 비이다. 또한 k 는 송신단에서 클러스터 1, 클러스터 1에서 클러스터 2, 클러스터 2에서 수신단 사이를 의미한다.

$$F_\beta(\gamma) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{\gamma^2}{2\sigma^2}} d\gamma \quad (3)$$

식 (3)의 $F_\beta(\gamma)$ 는 independent and identically distributed(i.i.d.) 가우시안 확률 변수로 가정하여 식 (2)에서 각각의 곱으로 표현하였다. 또한 확률 밀도 함수 $f_\gamma(\gamma)$ 은 식 (2)을 미분하여 얻을 수 있으며 다음과 같다.

$$f_\gamma(\gamma) = \sum_{k=1}^3 f_{\beta_k}(\gamma) \prod_{j=1}^3 [1 - F_{\beta_j}(\gamma)] \quad (4)$$

식 (4)을 통해 최적의 중계기를 사용할 경우의 비트 오류율을 구할 수 있다.

$$P_{biterrorrate} = \int_0^{\infty} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{P_S}{2\sigma^2}}\right) f_{\beta}(\gamma) d\gamma \quad (5)$$

제안된 시스템 모델의 아웃티지 확률을 구하기 위해선 각 단마다 발생할 수 있는 아웃티지 확률을 구해야한다.

$$\begin{aligned} P_{S \rightarrow Cluster1}^{out} &= \Pr[\beta_1 < \gamma_{th}] : S \rightarrow Cluster1 \\ P_{Cluster1 \rightarrow Cluster2}^{out} &= [1 - \Pr[\beta_1 < \gamma_{th}]] \\ &\cdot \Pr[\beta_2 < \gamma_{th}] : Cluster1 \rightarrow Cluster2 \\ P_{Cluster2 \rightarrow D}^{out} &= [1 - \Pr[\beta_1 < \gamma_{th}]] \cdot [1 - \Pr[\beta_2 < \gamma_{th}]] \\ &\cdot \Pr[\beta_3 < \gamma_{th}] : Cluster2 \rightarrow D \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)는 각 단마다 발생할 수 있는 임계값 이하의 채널 이득을 표현한 것이다. 위 식을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{total}^{out} &= \Pr[\beta_1 < \gamma_{th}] + [1 - \Pr[\beta_1 < \gamma_{th}]] \\ &\cdot \Pr[\beta_2 < \gamma_{th}] \\ &+ [1 - \Pr[\beta_1 < \gamma_{th}]] \cdot [1 - \Pr[\beta_2 < \gamma_{th}]] \\ &\cdot \Pr[\beta_3 < \gamma_{th}] \end{aligned} \quad (7)$$

위 식 (7)을 확률 밀도 함수(Probability Density Function) 형태로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{total}^{out} &= \int_0^{\gamma_{th}} f_{SC_1}(\gamma_{SC_1}) d\gamma_{SC_1} + \left(1 - \int_0^{\gamma_{th}} f_{SC_1}(\gamma_{SC_1}) d\gamma_{SC_1}\right) \\ &\cdot \int_0^{\gamma_{th}} f_{C_1C_2}(\gamma_{C_1C_2}) d\gamma_{C_1C_2} \\ &+ \left(1 - \int_0^{\gamma_{th}} f_{SC_1}(\gamma_{SC_1}) d\gamma_{SC_1}\right) \cdot \left(1 - \int_0^{\gamma_{th}} f_{C_1C_2}(\gamma_{C_1C_2}) d\gamma_{C_1C_2}\right) \\ &\cdot \int_0^{\gamma_{th}} f_{C_2D}(\gamma_{C_2D}) d\gamma_{C_2D} \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)에서 확률 밀도 함수 $f_{SC_1}(\gamma_{SC_1})$ 은 송신단과 클러스터 1에서 선택된 중계 차량 사이의 의미하며 $f_{C_1C_2}(\gamma_{C_1C_2})$ 는 클러스터 1에서 클러스터 2까지, $f_{C_2D}(\gamma_{C_2D})$ 는 클러스터 2에서 수신단 사이를 의미한다. 위 식을 확률 분포 함수(Probability Distribution Function) 형태로 변환한 뒤 시스템의 아웃티지 확률을 분석할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{total}^{out} &= F_{\gamma_{SC_1}}(\gamma_{th}) + (1 - F_{\gamma_{SC_1}}(\gamma_{th})) \\ &\cdot F_{\gamma_{C_1C_2}}(\gamma_{th}) + (1 - F_{\gamma_{SC_1}}(\gamma_{th})) \\ &\cdot (1 - F_{\gamma_{C_1C_2}}(\gamma_{th})) \cdot F_{\gamma_{C_2D}}(\gamma_{th}) \end{aligned} \quad (9)$$

III. 모의실험

본 장에서는 시스템 모델의 성능 평가를 위해 모의 실험을 진행하였다. 차량 이동 환경을 고려하여 이중 레일리 페이딩을 적용하고 실외 환경이므로 3으로 지정하였다. 메시지의 전송을 위해 BPSK 변조 기법을 사용하였으며 임계 신호대 잡음비는 5dB로 지정하였다.

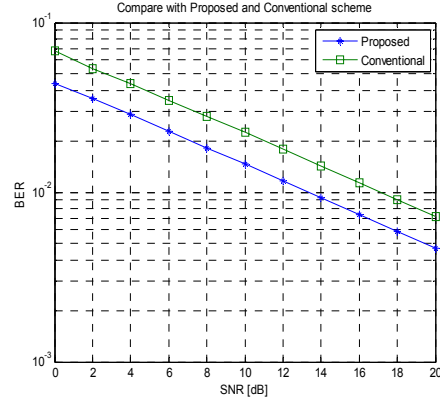


그림 2. 기존 기법과 제안하는 기법의 비트 오류율

그림 2는 제안하는 기법과 기존의 기법간의 비트 오류율을 분석한 것이다. 기존의 기법은 각 클러스터에서 송신단과 가장 먼 거리에 존재하는 차량을 중계 차량으로 지정하였고, 제안하는 기법은 송수신단 사이의 최적의 중계기들을 선택하여 전송하였다. 제안하는 기법에서는 기존의 기법과 비교할 때, 채널 정보를 통해 최적의 중계기를 선택함으로써 페이딩(Fading) 및 잡음의 영향을 적게 받는 것을 알 수 있다. 따라서 제안된 기법을 통해 전송되는 메시지의 신뢰도가 높은 것을 확인할 수 있다.

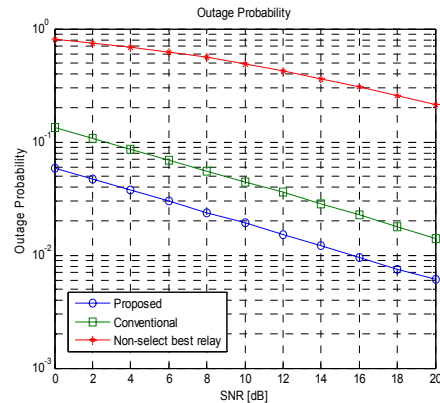


그림 3. 기법간의 아웃티지 확률 비교

그림 3은 제안하는 기법, 기존의 기법, 중계 차량을 선택하지 않고 브로드캐스팅(Broadcasting)을 할 경우에 대한 아웃티지 확률을 나타낸 그래프이다. 모든 차량이 브로드캐스팅을 할 경우, 메시지의 충돌 및 손실이 발생하여 메시지를 신뢰할 수 없는 플러딩(Flooding) 현상이 나타남을 알 수 있다. 또한 제안된 기법을 기존의 기법과 비교할 경우, 채널 정보를 통해 최적의 중계 차량을 선택했기 때문에 기존의 기법보다 아웃티지 확률이 우수한 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 차량 통신에서 겪을 수 있는 메시지의 충돌 및 손실을 완화하기 위해 차량의 진행 방향에 존재하는 차량들을 클러스터 형태로 군집화한 뒤, 최적의 중계 차량을 선택하여 수신단까지 메시지를 전송하는 방안을 제안하였다. 기존의 기법에서는 송신단과 가장 멀리 떨어진 차량을 선택하여 전송하는 방안을 제안하였다. 이러한 방식은 페이딩 및 잡음에 취약하기 때문에 수신단에 수신된 메시지에 대한 신뢰도가 떨어진다. 그러나 본 논문에서 제안된 방안을 사용할 경우 수신된 신호에 대한 신뢰도가 증가한다.

참고문헌

- [1] Gee Young Oeo, Do Gyeong Kim, Yuhwa Lee, "The Characteristics of Secondary Crashes Occurred on Expressways in Korea", Journal of Korean Society of Road Engineers, Vol 15, No 2, pp 139-147, Apr 2013.
- [2] Christoph Ide, Bjoern Dusza, Markus Putzke, Christian Wietfeld, "Channel Sensitive Transmission Scheme for V2I-based Floating Car Data Collection via LTE", Communications (ICC), 2012 IEEE International Conference on, pp 7151-7156, June 2012.
- [3] WuLing Huang, Zhongdong Yu, Fenghua Zhu, Liuqing Yang, Fei-Yue Wang, "Applicability of Short Range Wireless Networks in V2I Applications", Intelligent Transportation Systems - (ITSC), 2013 16th International IEEE Conference on, pp 231-236, Oct 2013.
- [4] Vicente Milanés, Jorge Villagrà, Jorge Godoy, Javier Simó, Joshué Pérez, Enrique Onieva, "An Intelligent V2I-Based Traffic Management System", Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, Vol 13, No 1, pp 49-58, Mar 2012.
- [5] Songnan Bai, Zequn Huang, Dongyong Kwak, Sangwoo Lee, Hyunseo Oh, Jaeil Jung, "Vehicular Multi-Hop Broadcasting Protocol for Safety Message Dissemination in VANETs" Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall), pp 1-5, Sep 2009.
- [6] Vo Nguyen Quoc Bao, Hyung Yun Kong, "Performance Analysis of Decode and Forward Relaying with Partial Relay Selection for Multihop Transmission over Rayleigh Fading Channels", Journal of Communication and Networks, IEEE, Vol 12, No 5, pp 433-441, Oct 2010.