

V2X 기반 군집주행 차량과 주변 V2X 통신 차량간 통신 영향성 연구

구자후, 한규동, 정홍중, 권순일
주식회사 웨이티즈

{jahu.ku, gyudong.han, hj, steve}@wayties.com

요 약

본 논문은 WAVE/DSRC 기반의 V2X 통신성능 시험이 개발 차종 내의 통신에만 치중되어 차종이 혼재되어 있는 실 도로에서의 상호 영향성에 대한 부족한 연구를 해소하기 위해 V2X 통신을 수행중인 자율/협력주행 소형차와 군집주행중인 대형차(트레일러)가 혼재하는 자동차 전용도로를 가정하고, 시험 차량의 배치와 통신 혼잡도를 조절하여 다양한 통신 환경에서의 차량 그룹간 통신성능을 측정 후 분석 결과 및 시험 중 특이사항을 기술하고 있다.

I. 서 론

최근 V2X 통신을 활용한 자율협력주행 기술은 소형 승용차만이 아닌 대형 화물차 및 버스에도 적용하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 도로상의 승용차와, 버스, 화물차가 동시에 동일 도로상에서 자율/협력주행을 위해 V2X 통신을 수행 시의 상호영향성에 대한 조사가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 근간의 연구를 바탕으로 고속도로에서 군집을 형성하고 주행중인 대형차 그룹과 V2X 서비스를 이용중인 소형차 그룹을 설정하고, 이 두 그룹이 실 도로 상에서 겪을 수 있는 다양한 상황을 재현, 통신성능 및 상호영향성을 분석하고자 한다.

II. 시험 설계

대형 화물차의 운행차로는 도로의 최 외곽 차선이기에 일반 소형차는 항상 트럭의 좌측에 위치하며, 각 차선에 위치한 차량들의 평균 주행속도는 국내 고속도로 교통법에 정의된 최대속도에서 10km/h 씩 안전구간을 두고 다음과 같이 설정하였다. (승용차 100km/h, 대형차 80km/h). 군집을 형성하고 80km/h 의 속도로 이동중인 군집대열의 차간 안전거리(시간)는 1 초로 설정하였으며, 이 시간은 주행속도로 계산 시 22.2m 에 달한다. 소형차 그룹은 군집주행처럼 짧은 차간거리를 유지할 필요가 없으므로 평균 100km/h 로 주행 시 2 초의 차간거리로 설정하며 이는 55.6m 에 달한다. 본 시험에서는 한 대의 소형차량에 다수의 단말 및 안테나를 세트르 설치하고 단말의 출력 주기를 조정하여 방식으로 실제 소형차를 다수 배치하는 것과 유사한 통신 환경을 구현하였다.

표 1. 시험에서 사용된 차량 및 단말

	대형차 1 (T1)	대형차 2 (T2)	소형차 1 (V1)	소형차 2 (V2)
모델명 (전장)	엑시언트 (트레일러 포함 18.2m)		아이오닉 (4.47m)	소나타 (4.9m)
단말 수	1	1	6	6



그림 1. 시험에서 사용된 안테나 및 차량 별 배치
(좌: 대형차 1, 2 측면거울 내장, 우상: 소형차 1, 우하: 소형차 2)

일반적으로 차량 간 통신환경은 LOS(Line of Sight)로 표현할 수 있다. 통신환경에서의 LOS 여부는 확보된 프레넬 영역(Fresnel Zone)^[3]의 정도로 판단되므로 이

시험에서는 소형차 V1, V2 사이의 무선 통신환경을 LOS, Near-LOS, Non-LOS 의 세 영역으로 구분하여 정의하였다. (대형차는 세 시험 모두 LOS 를 만족한다.)

표 2. 프레넬 영역에 따른 통신환경 및 시험 정의

시험 명	LOS	Near-LOS	Non-LOS
프레넬 영역	100%	0~60%	0%

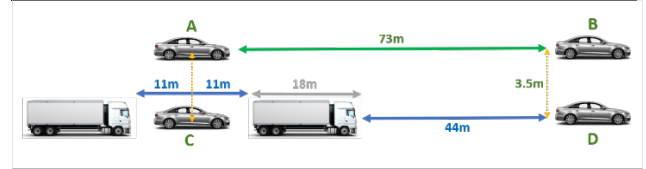


그림 2. 시험 별 차량 위치

표 3. 시험 별 배치된 소형차 위치(대형차 T1, T2 위치 고정)

	LOS	Near-LOS	Non-LOS
소형차 1 (V1)	B	D	D
소형차 2 (V2)	A	A	C

표 4. 시험 별 배치된 차량 그룹 간 LOS 환경

	LOS	Near-LOS	Non-LOS
T1 ↔ T2	LOS	LOS	LOS
T1 ↔ V1	LOS	LOS	LOS
T1 ↔ V2	LOS	LOS	Non
T2 ↔ V1	Near	Non	Non
T2 ↔ V2	LOS	LOS	LOS
V1 ↔ V2	LOS	Near	Non

대형차들이 주고받는 군집 상태 메시지(PSM: Platoon Status Message)와 그 외 차량들이 주고받는 일반 안전메시지(BSM: Basic Safety Message)는 아래와 같이 정의되었다. [표 5]

표 5. 시험 중 주고받는 V2V 메시지 설정 값

	채널	Tx 세기	패킷 길이	송신 주기
PSM	172	20 dB	400 Byte	50 Hz
BSM	172	20 dB	400 Byte	10, 20, 50 Hz

각 시험은 변인이 변경될 때 마다 반복적으로 최대 3 회 시행되었으며 각 시행마다 모든 단말이 N:N으로 60초간 주고받은 메시지의 개수를 기록, 총 예상 송신 메시지 수 대비 수신 메시지 수로 1 분간의 PER 을 계산하였다.

III. 그룹간 V2V 통신 영향 분석

1. 군집 대형차 그룹 → 소형차 그룹

소형차의 주력 V2X 통신은 후방의 운전자가 확인 불가능한 전방 추돌 방지(FCW: Forward Collision Warning)나 비상제동경고(EEBL: Emergency Electric Brake Light)등의 대표적인 V2X 서비스를 제공하기 위해 해당 메시지들이 진행방향 전방에서부터 후방에 있는 차량들에게 안정적으로(PER 10% 이하) 전송되어야 한다.

LOS 환경의 소형차 그룹 간의 PER 은 최대 4.33%로 관측되었다. 이는 1 대의 차량 위에 여러 대의 안테나를

배치한 실험의 특성 상 일부 안테나의 프레넬 영역이 완벽히 100%를 확보하지 못한 것으로 보이며, 실제 측정 데이터에서도 특정 위치에 배치된 일부 안테나의 성능 저하만 관측되었다. Near-LOS 시험에서는 해당 환경을 구축하기 위해 V1 그룹이 군집 주행중인 T1 그룹의 전방으로 끼어들어 V1, V2 간의 프레넬 영역이 60% 이상 확보되지 못하는 상황을 구현하였으며, 이때의 소형차 그룹 간 PER 은 최대 8.81% 로 LOS 환경에서의 시험에 비해 다소 성능 하락 경향을 보였다. V1 그룹이 군집 주행중인 T1 의 전방에 끼어들고, 후방의 V2 그룹이 군집 주행중인 T1, T2 사이에 들어가는 V1, V2 간의 프레넬 영역이 T1 에 의해 완벽히 가려지는 Non-LOS 시험의 PER 은 최대 80.91%로 FCW, EEBL 등의 V2X 서비스 요구 PER 10%를 넘는 결과를 보였다. 이는 일반적인 Non-LOS 상황에서의 통신성능 저하로 판단된다. 결론적으로 군집주행중인 대형차에 의한 소형차 V2V 통신 영향은 대형차에 의한 통신 혼잡보다는 장애물로서 소형차 간 LOS 환경에 간섭할 때 크게 영향을 받는다. [그림 3]

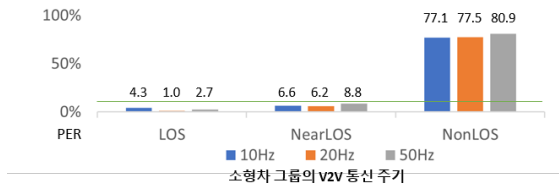


그림 3. 군집주행중인 대형차 그룹의 V2V 통신(50Hz)에 의한 소형차 그룹의 통신 주기 별 V2V 통신 영향 (V1 → V2)

2. 소형차 그룹 → 군집 대형차 그룹

군집주행중인 대형차 간의 군집통신성능은 소형차의 방해에 의해 PER 이 증가하는 경향을 보이긴 하였으나 T1 이 V1 과 V2 사이에 끼어 있는 Non-LOS 시험에서 각 소형차가 각각 6 개의 단말에서 50hz 로 T1 전후방 30 대씩의 방해 환경을 구축했음에도 불구하고 T1 과 T2 사이(V2→V1)의 최대 PER 이 8.14%로 관측되었다. 이는 대형차 그룹의 차량 높이에 의한 상호 LOS 환경 상시 확보로 인한 성능 우세로 보이나, 군집 그룹 간 전달되는 PSM 메시지의 군집 서비스 요구 PER 기준이 FCW, EEBL 등의 서비스 요구 PER 인 10%보다 엄격해질 경우 성능적 고려가 필요해 보인다. [그림 4]

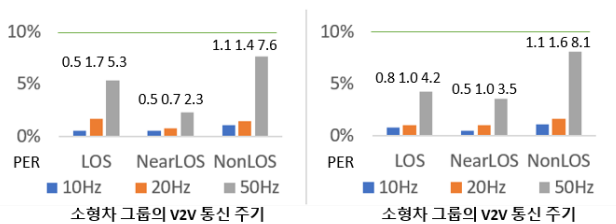


그림 4. 소형차 그룹의 V2V 통신 주기에 의한 군집주행중인 대형차 그룹의 V2V 통신(50Hz) 영향 (좌: V1 → V2, 우: V2 → V1)

그 외 특이할 만한 상황으로, 정의된 모든 시험에서 소형차 V1 은 대형차 T1 에 대해 항상 LOS 환경에서 통신을 주고받았지만 소형차 그룹의 단말 12 대에 의한 10Hz 방해 메시지 송출이라는 비교적 양호한 방해환경에서도 해당 그룹 간 PER 이 10%가 넘는 경우가 있었다. [그림 5] 이는 주행중인 T1 을 앞뒤로 둘러싼 V1, V2 가 중간에 위치한 T1 에 의해 서로를 숨겨진 노드로 판단하여 무선 충돌 회피를 시행하지 않고 메시지를 보낸 결과로, 대형차 T1 을 기준으로 채널 혼잡도가 높은

영역이 만들어져 해당 영역에 존재하는 모든 차량의 통신성능에 영향을 미치는 것으로 추측된다.

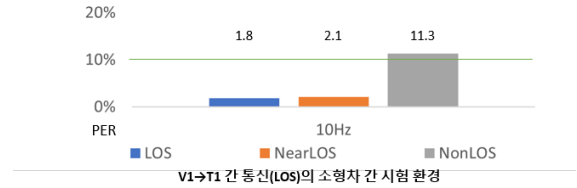


그림 5. 소형차간 Non-LOS 시험 시, V1→T1(LOS)의 성능저하

이는 V2X 단말이 충분히 보급된 후의 공도에서 V2X 통신을 하고 있는 소형차 그룹이 중간에 위치한 장애물(대형차)에 의해 양분되어 서로 Non-LOS 환경에 처할 경우, 해당 장애물을 중심으로 통신성능이 저하되는 채널 혼잡 영역이 발생할 수 있음을 의미한다. 이 경우 혼잡영역 중심의 대형차는 전방 수신 능력 저하로 인해 앞쪽에서 전달되는 FCW, EEBL 등의 후방 전달 서비스의 표준 PER 을 만족하지 못하는 경우가 발생하며, 이는 상호 영향에 의한 위험으로 판단할 수 있다. [그림 6]

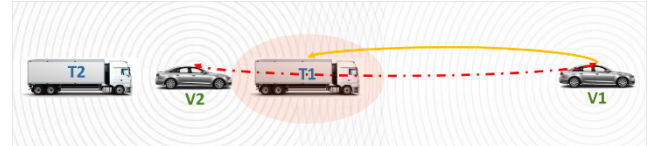


그림 6. V1, V2 간 숨겨진 노드 현상으로 인해 생성된 T1 주변의 통신혼잡영역과 영역에 방해받는 V1 → T1 통신성능

IV. 결론

본 논문에서는 자동차 전용도로 환경에서 WAVE/DSRC 기반의 V2X 서비스를 이용하는 소형/대형차가 혼재된 환경을 가정하고 상호간 V2X 통신 영향을 확인하기 위하여 각 그룹간 PER 성능을 측정/분석하였다. 군집주행중인 대형차 그룹은 주변의 소형차 그룹에 통신 장애물로서 통신 성능을 감소시키는 영향을 확인 할 수 있었으며, Near-LOS 와 Non-LOS 시나리오에서 각 최대 8.8%, 80.9% PER 을 나타내었다. 다수의 소형차 그룹이 만들었던 V2V 통신 혼잡은 대형차 간의 통신 성능에 미치는 영향의 미미하였으나, 숨겨진 노드 상황이 발생하는 경우 소형차 대형차량 간 PER 성능이 최대 약 11%까지 높아지는 현상이 관측되었다. 이러한 결과는 통신 단말, 안테나 및 주변 환경 설정에 따라 달라질 수 있는 결과이며, 이에 관한 추가적인 시험 및 연구 수행을 통한 심층적인 통신 영향 분석이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 자료는 국토교통부 국가교통과학기술진흥원의 「교통물류연구사업 (과제번호: 20TLRP-B147674-03) - V2X 기반 화물차 군집주행 운영기술 개발 연구과제」의 지원을 받아 작성되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 조영, 권경주, 오철 - "고속도로 화물차 군집주행 적용구간 선정 연구" - Journal of Korean Society of Transportation (2018), 36(2), 98-111.
- [2] Vukadinovic, V. et al., "3GPP C-V2X and IEEE 802.11p for Vehicle-to-Vehicle communications in highway platooning scenarios" - Ad Hoc Networks (March 2018) 74
- [3] Joo, J., Jeong, H.-J., & Han, D. S., "Verification of Fresnel Zone Clearance for Line-of-sight Determination in 5.9 GHz Vehicle-to-Vehicle Communications" Wireless Pers Communication (2018) 101:239-249