

RF-DSRC을 활용한 V2I 통신영역에서 V2V 통신 충돌 회피 방안

A Collision Avoidance Method for V2V communication in V2I zone with RF-DSRC

유인선

정종인

정성대

이상선

(한양대학교, 석사과정) (한양대학교, 박사과정) (한양대학교, 박사과정)(한양대학교, 교수)

Key Words : RF-DSRC, MAC Layer, V2I, V2V

목 차

- I. 서론
- II. RF-DSRC 개요
 - 1. MAC 프레임 형식
 - 2. FCMS의 구조
 - 3. RSE 연동을 위한 프레임 제어 방법
- III. RSE 영역에서 충돌 회피 V2VC 알고리즘
 - 1. 알고리즘의 개념
 - 2. 충돌 회피 V2VC 알고리즘
- IV. 시뮬레이션
 - 1. 시나리오
 - 2. 시뮬레이션 결과
 - 1) 충돌 회피 V2VC 알고리즘 미적용
 - 2) 충돌 회피 V2VC 알고리즘 적용
- V. 결론 및 향후 과제

I. 서론

텔레매틱스(Telematics)는 차량의 위치파악기술과 양방향 통신이 가능한 시스템을 이용, 차량 내 정보단말을 통해 차량과 운전자에게 유용한 정보 및 서비스를 제공하는 종합적인 정보서비스를 뜻한다. 이는 최근 차량 내에서의 멀티미디어 서비스라는 보다 구체화된 의미를 지니며, 측위 기술과 양방향 통신이 가능한 시스템을 이용하여 차량 내 정보 단말기를 통해서 차량과 운전자에게 다양한 정보 및 서비스를 제공하는 종합적인 시스템을 의미하게 되었다. 이와 같은 텔레매틱스 실현을 위한 여러 기술 중에서, RF-DSRC(Radio Frequency Dedicated Short Range Communication)기술은 텔레매틱스의 기반이라고 불리는 중요한 정보통신 인프라로써 자동차와 도로를 쌍방향 통신으로 결합시키는 무선통신기술을 지칭하며 다양한 텔레매틱스 서비스의 응용으로 이용되고 있다.

RF-DSRC 시스템은 차량의 고속 이동시에 차량과 기지국 사이 근거리 통신영역 내에서 무선으로 접속하여 텔레매틱스 서비스를 제공하고 교통정보 수집에 활용이 가능한 장점이 있다. 이 통신 시스템은 10m에서 100m까지의 좁은 서비스 지역에서 OBE(On Board Equipment : 차량단말기)와 RSE(Road Side Equipment : 노변기지국)사이에 실시간 서비스가 이루어진다.[9]

고속으로 이동 중인 차량 사이의 정보 전달에는 노변에 설치한 노변장치와 차량탑재장치를 이용한 정보제공 중심의

V2I (Vehicle to Infrastructure)기술과 OBE사이에서 정보교환을 목적으로 하는 V2V(Vehicle to Vehicle)기술로 나누어진다. V2I는 교통상황 정보제공 서비스, 인터넷 접속 서비스, 엔터테인먼트 서비스 등을 주목적으로 하고 있고, V2V는 차량안전 관련 정보 교환, 교차로 진입 제어 등의 차량 주변의 상황을 고려한 실시간 서비스에 주목적을 두고 있다.[8]

V2I와 V2V기술이 동시에 같은 영역에서 사용이 된다면 RSE가 전송하고자 하는 통신 프레임과 OBE가 전송하고자 하는 통신 프레임이 충돌할 것이다. 그 이유는 RSE에서 주기적으로 FCMS(Frame Control Message Slot)를 전송하도록 표준에는 설계되어있고, V2V기술을 통해 OBE가 데이터 프레임을 전송하고자 할 경우 FCMS를 전송하여야 한다. 하지만 현재 구축 운영되고 있는 RSE의 경우에는 OBE간의 V2V를 위한 통신 슬롯을 할당하지 않으므로 동시에 FCMS를 보내게 될 경우 충돌이 발생 되는 것이다. V2V통신을 시도하는 OBE가 RSE 통신영역을 통과할 때 정상적인 데이터 통신이 가능하고, RF-DSRC 표준을 만족하는 충돌 회피 V2VC(V2V Communication) 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 RF-DSRC의 간단한 소개 및 통신 프레임에 대하여 살펴보고, 3장에서는 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 위한 세부필드 정의 및 처리 절차에 대하여 제안하고, 4장에서는 제안한 알고리즘을 적용한 MAC (Medium Access Control)을 Velilog-HDL과 Modelsim을 이용한 시뮬레이션을 통하여 검증하였고, 마지막으로

5장에서는 결론 및 향후과제를 제시하고자 한다. 디버깅 및 시뮬레이션 도구로는 Model tech사의 Modelsim 6.0SE와 Xilinx사의 ISE 8.1i sp3를 사용하였다.

II. RF-DSRC 개요

RF-DSRC는 RSE와 OBE사이에 1Mbps의 양방향통신을 지원하는 텔레메틱스 통신 방식 중 하나이다. RF-DSRC에서는 노변에 RSE를 설치하여 OBE가 RSE의 통신영역을 통과할 때 데이터의 송수신이 이루어지는 V2I 모드로 동작한다. RF-DSRC에서 사용주파수는 5.8Ghz대역으로써 채널대역폭은 10Mhz로 사용하고 국내에서는 송신용 1채널, 수신용 1채널로 할당되어 있다. 데이터 전송속도는 1Mbps이고 전송거리는 10m와 100m로 구분하여 사용할 수 있고, TDD(Time Duplex Mode)방식을 사용하여 RSE가 지정해준 시간에 OBE가 접속하여 서비스를 받을 수 있다.[2]

1. MAC 프레임 형식

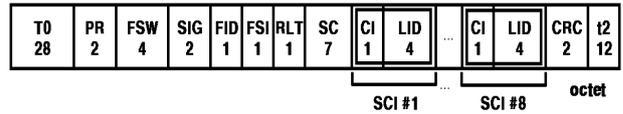
RF-DSRC의 프레임 형식은 그림 2.1와 같이 FCMS, MDS(Message Data Slot), ACTS(Activation Slot)로 구분되어진다. 하나의 슬롯들은 100옥텟의 길이를 가지고 있으며, 한 개의 프레임 길이는 MDS($0 \leq n \leq 8$)와 ACTS($0 \leq k \leq 8$)의 FCMS+n+k 합으로 최소 2개에서 최대 9개의 슬롯이 가변적으로 구성된다. FCMS에는 원활한 통신을 위한 통신프로파일과 슬롯할당 정보 등을 제공하며 MDS는 양방향 데이터 송수신을 위해 사용하고 ACTS는 링크초기화접속 과정에 사용된다.[2]



<그림 2.1> 프레임 형식

2. FCMS의 구조

RF-DSRC에서의 FCMS의 구성은 그림 2.2과 같다. PR(Preamble)은 주파수의 동기를 맞추기 위한 목적으로 사용되며, FSW(Frame Synchronization Word)은 FCMS, MDS, ACTS의 프레임 동기를 추출하기 위해서 사용한다. SIG(Signaling)는 물리계층의 특성 나타내며 PVI(Protocol version Identifier), FTI(Frequency TYPE Identifier), CCZ(Continuous Communication Zone), TRI(Transmitter Receiver Identifier)등을 포함한다. FID(Fixed equipment ID)는 노변장치 식별자, FSI(Frame Structure Identifier)는 프레임 정보, RLT(Release Timer Identifier)은 재접속 정보, SC(Service Code)는 서비스 코드에 관하여 사용되어지고 SCI(Slot Control Identifier)1-SCI8은 동일프레임 후속슬롯의 존재 유무 및 각 후속슬롯의 ID를 확인하는데 사용한다.[2]



<그림 2.2> FCMS의 세부구조

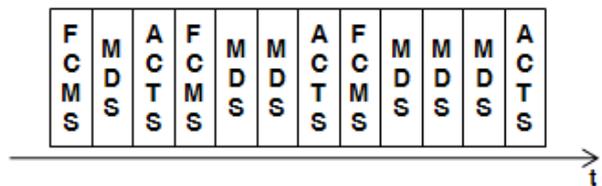
통신채널 제어필드(SIG)의 구성은 그림 2.3과 같다. PVI는 프로토콜 버전을 확인하는데 사용하고 FTI는 주파수 식별자, CCZ는 연속 통신 영역 구분, TRI는 송, 수신장치 식별자이고 TDI(Time division identifier)는 시분할 식별자, ATI(Area transmission zone)는 통신 영역 식별자로 사용한다.



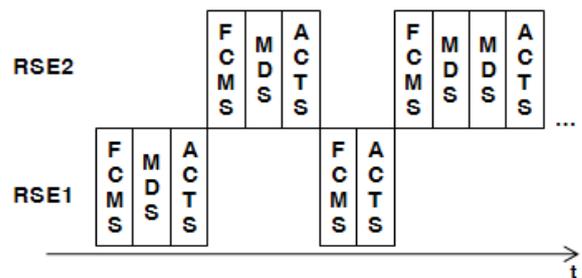
<그림 2.3> SIG필드의 구조

3. RSE 연동을 위한 프레임 제어 방법

FCMS의 SIG세부필드인 CCZ, TDI의 비트 값을 조합하면 RSE의 설치가 어떻게 되어있고 운영되는지 알 수 있다. CCZ = 0, TDI = 0으로 설정되면 그림 2.6과 같이 노변에 RSE가 한 대만 존재하거나 그림 2.8처럼 두 대의 RSE가 존재하지만 통신영역이 겹쳐지지 않게 충분히 떨어진 거리에 설치되어 있는 경우를 나타내고 그림 2.4와 같이 한 대의 RSE가 채널을 사용한다. CCZ = 0, TDI = 1이면 노변에 RSE 2대가 존재하며 통신영역이 겹쳐지게 설치가 되지만 연속성을 위해 연결되어 있지 않고 그림 2.5와 같이 시분할을 통하여 채널을 사용한다.

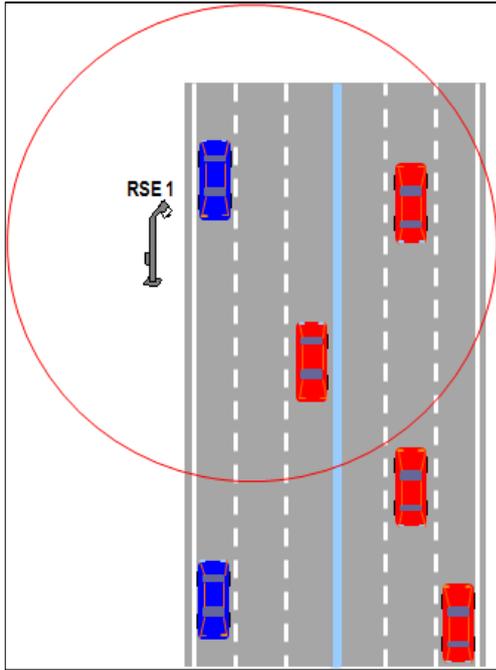


<그림 2.4> RSE 1대일 때의 통신프레임

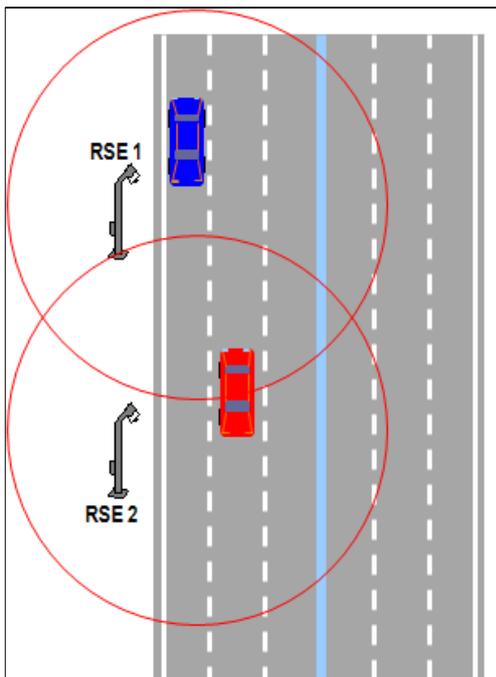


<그림 2.5> RSE 2대일 때의 통신 프레임

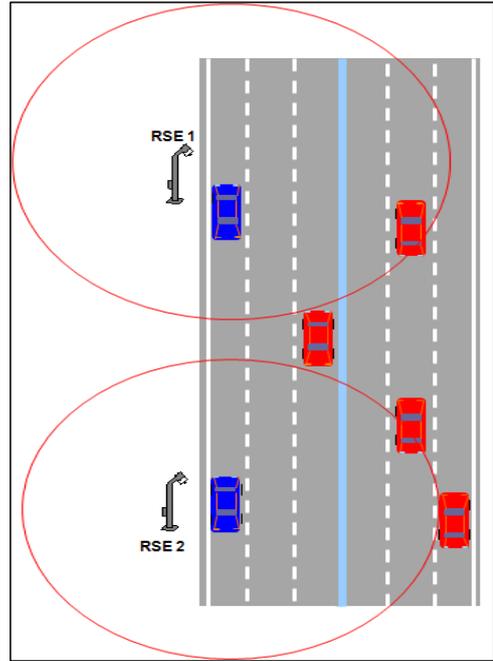
CCZ = 1, TDI = 0로 설정되면 그림 2.8과 같이 통신영역이 중첩되지는 않았지만 연속성을 위하여 RSE들이 연결되어져 있으며 RSE1에서 전송을 마치지 못한 데이터는 RSE2에서 이어서 전송할 수 있다. CCZ = 1, TDI = 1로 설정되면 그림 2.7과 같이 통신영역이 중첩된 곳에서 그림 2.5와 같이 2대의 RSE가 채널을 시분할로 사용하며 연속성을 위한 데이터 전송을 한다. 그리고 TRI는 시분할로 운영되는 RSE들의 FCMS를 구분하기 위하여 사용한다.



<그림 2.6> RSE 1대의 통신영역



<그림 2.7> 통신영역이 겹쳐진 2대의 RSE



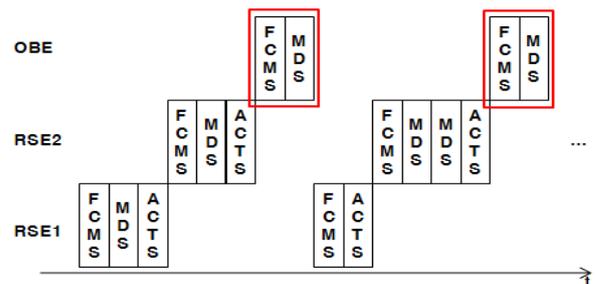
<그림 2.8> 통신영역이 겹쳐지지 않는 2대의 RSE

III. RSE영역에서의 충돌 회피 V2VC 알고리즘

OBE는 MDS나 ACTC를 RSE측으로 송신할 수 있으므로 OBE도 FCMS를 송신하도록 MAC 프로토콜을 변경하게 된다. 비록 멀티 홉이나 차량간 1:1통신은 하지 못하더라도 V2V를 사용하여 주변 차량들에게 메시지 전달이 가능하다. 그러므로 RSE영역에서 V2I와 V2V를 혼용하여 사용할 때의 통신프레임의 충돌을 회피하기 위해 RF-DSRC 표준 프로토콜을 이용한 RSE영역에서의 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 제안한다.

1. 알고리즘의 개념

FCMS를 전송하는 것은 TDD를 이용한 시스템에서 정확한 시간 동기화 및 단말을 제어하기 위해서이다. OBE는 FCMS를 수신 받아 메시지의 송수신시간을 파악한다. 즉 RSE에서 전송되는 FCMS에 미리 V2V를 위한 시간을 정해 놓는다면 OBE는 V2V가 필요로 할 때 이용할 수 있다.



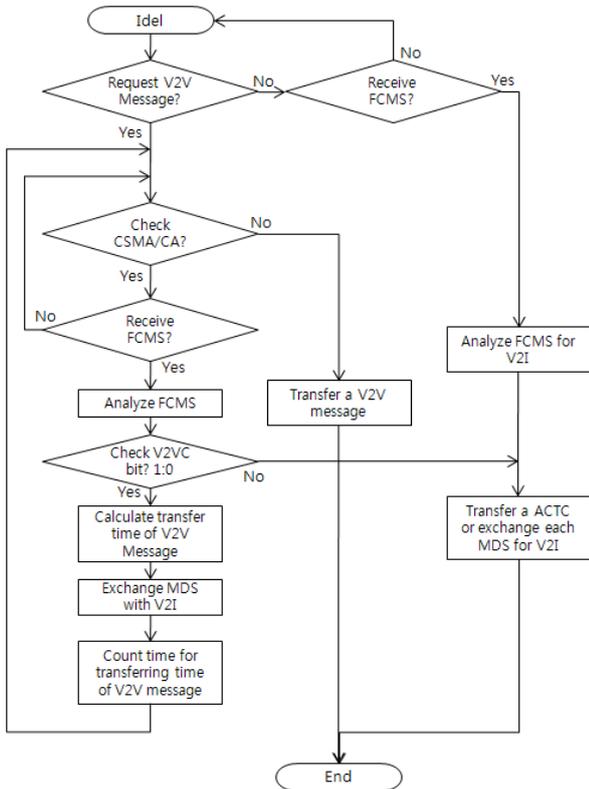
<그림3.1> 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 지원하는 통신 프레임 시퀀스

그림 3.1은 제안하는 알고리즘의 개념을 나타낸 그림이다. 통신프레임에 V2V 구간을 설정하도록 함으로써 OBE는 필요 시 메시지를 주변 노드들에게 전송할 수 있다.

2. 충돌 회피 V2VC 알고리즘

V2VC를 하기 위해서 OBE는 전파의 감지유무를 확인해야 한다. 우선 모뎀을 통하여 들어오는 신호가 있는지 살펴보고 신호가 감지되지 않는다면 RSE zone 밖에 위치하는 것으로 판단하여 필요한 메시지를 주변에 방송한다.

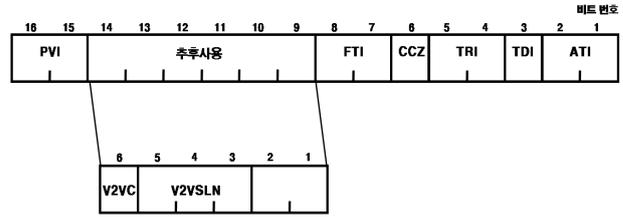
신호가 감지될 경우에는 이 신호가 RSE zone에서의 FCMS 인지를 파악하여 V2VC를 할 수 있는 시간을 계산하여 해당 시간까지 대기한다. 대기시간 중에는 RSE에 접속하여 V2I 서비스를 위하여 MDS의 송수신이나 ACTC를 전송한다. V2I 서비스가 종료되면 계산된 시간까지 대기하고 해당 시간에 V2VC를 시도하여 다른 OBE들에게 메시지를 전달한다. 설계한 충돌 회피 V2VC 알고리즘은 그림 3.2에 나타내었다.



<그림3.2> 충돌 회피 V2VC 알고리즘

제안한 충돌 회피 V2VC 알고리즘은 1대의 RSE영역에서는 1비트가 필요하고 2대의 영역에서는 4비트가 필요하다. 1비트는 V2VC(V2V Communication)로 사용하고 RSE통신영역에서 V2VC를 위한 시간이 할당하였는지를 OBE가 파악할 수 있도록 사용한다. 3비트는 V2VSLN(V2V Slot Number)으로 사용하고 2장의 그림 2.7이나 그림2.8처럼 2대의 RSE가 존재하는 곳에서 OBE가 1st RSE zone에 있고 2nd RSE FCMS를 수신하지 못할 경우와 그림 2.7처럼 2대의 RSE가 연결되어 있을 때 OBE가 1st FCMS 수신 후 V2VC를 진행하게 되면 2nd

zone의 통신프레임과 충돌을 예방한다. 그림 3.3은 표준 RF-DSRC MAC 프로토콜에 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 추후사용 필드의 비트활용 방법을 나타내었다.[9]



<그림 3.3> 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 위해 제안한 필드

IV. 시뮬레이션

이 장에서는 Verilog-HDL로 RF-DSRC MAC layer를 설계하고 Modelsim을 이용하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 시뮬레이션 하였다.

1. 시나리오

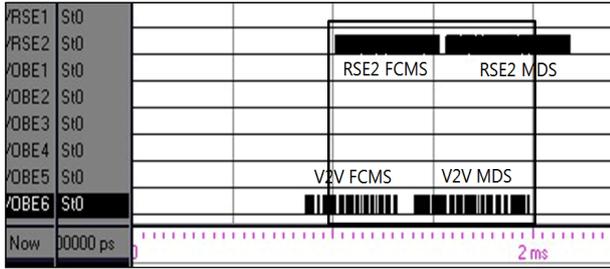
먼저 제안된 알고리즘을 적용하지 않는 상태에서의 V2VC 시도는 통신프레임의 충돌이 발생하는 결과를 보이고, RSE 2대가 연결되어 연속성을 가진 상황에서의 결과가 본 논문에서의 복잡성과 신뢰성 측면에서 더 중요한 의미를 가지므로 RSE를 2대로 설정하고 OBE를 6대로 설정한 시나리오를 먼저 적용하여 시뮬레이션 하였다. 또한 RSE를 1대, OBE를 6대로 설정하여 RSE 단독으로 운영되는 상황에서는 적용된 알고리즘이 RSE 1대의 영역에서도 유효한 통신이 가능한지에 대한 결과를 얻기 위해 시나리오를 구성하였고, OBE가 정해진 시간에 메시지를 전송함으로써 V2VC를 시도하여 충돌을 회피하는지 여부에 판단하기 위해 시나리오를 구성하였다.

2. 시뮬레이션 결과

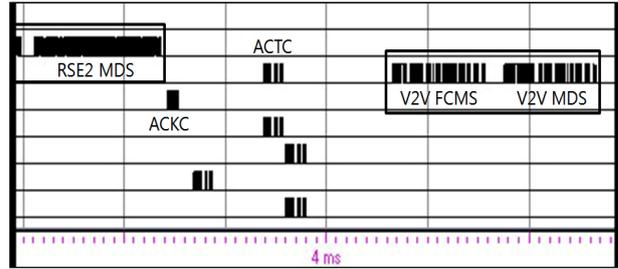
각각의 RSE에는 시간의 흐름에 따라 미리 설정된 FCMS와 MDS를 전송한다. 이를 OBE가 수신한 후 FCMS의 설정에 따라 ACTC를 전송, MDS의 송수신, V2V 메시지의 송신을 하는 과정을 시뮬레이션 결과를 통하여 볼 수 있다.

1) 충돌 회피 V2VC 알고리즘 미적용

본 논문에서 제안한 충돌회피 V2VC 알고리즘을 적용하지 않을 경우 RSE 통신영역에서 RSE와 OBE의 통신프레임 충돌이 발생한다. 그림 4.1의 RSE1과 RSE2는 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 적용하지 않았기 때문에 2장의 그림 2.5와 같이 통신프레임을 번갈아 가면서 전송한다. 그리고 OBE6은 MAC layer의 상위계층에서의 V2V 메시지 요청으로 2대의 RSE 통신영역의 존재를 확인하지 않고 V2V 메시지를 전송하게 한다. 그림 4.1 (a),(b),(c)에서 RSE1, 2의 통신프레임과 OBE6의 통신프레임이 충돌하여 OBE1-OBE5들이 RF-DSRC 서비스를 위한 MDS 송수신이나 ACTC의 전송을 시도하지 못하는 것을 볼 수 있다.



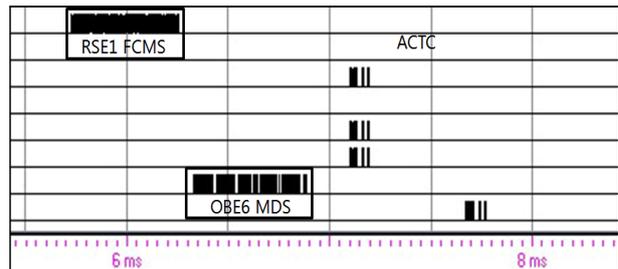
(a) 시뮬레이션 결과 1/3



(b) 시뮬레이션 결과 2/3

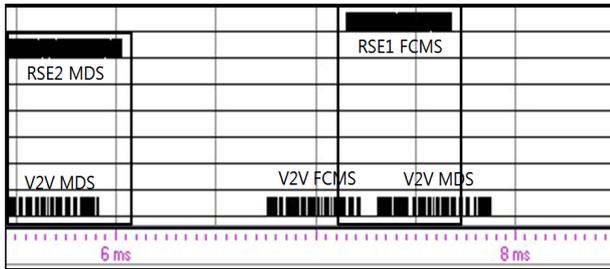


(b) 시뮬레이션 결과 2/3



(c) 시뮬레이션 결과 3/3

<그림 4.2> RSE 2대일 경우 시뮬레이션



(c) 시뮬레이션 결과 3/3

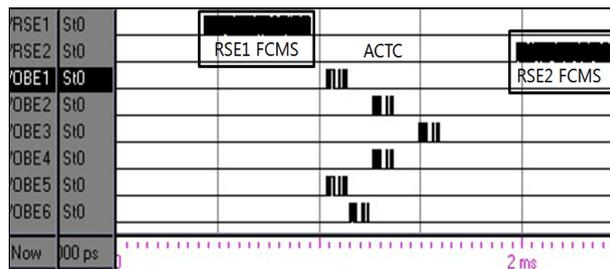
※ □은 통신프레임의 충돌을 나타낸다.

<그림 4.1> 통신프레임 충돌 시뮬레이션

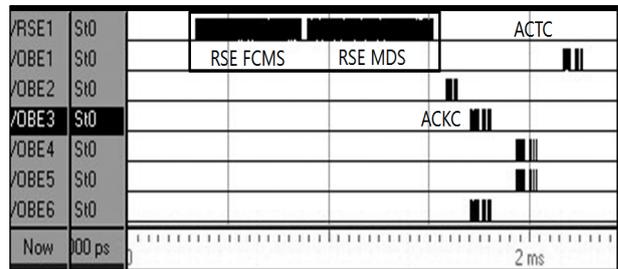
2) 충돌 회피 V2VC 알고리즘 적용

제안한 알고리즘을 적용하여 RSE 1대나 2대가 존재하는 경우를 시뮬레이션 하였다.

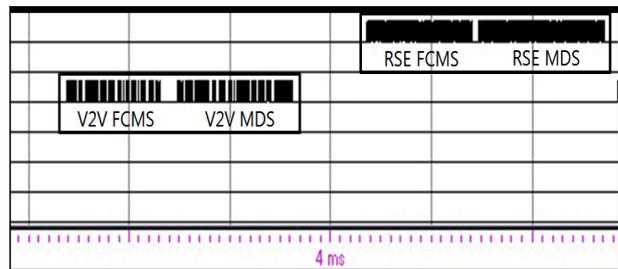
그림 4.2는 RSE 2대가 존재하는 곳에서 FCMS를 번갈아 가면서 전송하고 OBE는 할당된 시간에 V2VC를 전송하는 시뮬레이션이다. RSE1이 FCMS를 전송하면 6대의 OBE들은 FCMS를 확인하고 RF-DSRC 서비스를 받기 위해서 ACTC를 전송한다. OBE1은 할당된 V2VC 시간을 계산하고 RSE2가 전송하는 FCMS를 통해 V2VC를 다시 계산하고 지정된 시간에 V2V FCMS와 MDS를 전송하는 것이 그림 4.2 (b)에서 나타난다.



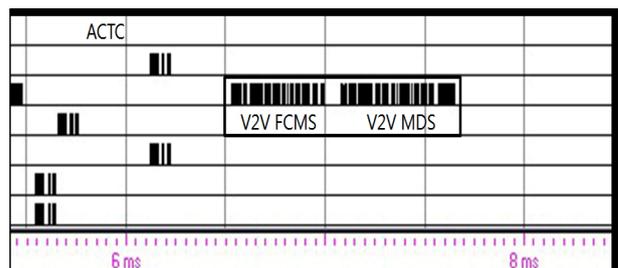
(a) 시뮬레이션 결과 1/3



(a) 시뮬레이션 결과 1/3



(b) 시뮬레이션 결과 2/3



(c) 시뮬레이션 결과 3/3

<그림 4.3> RSE 1대일 경우 시뮬레이션

충돌 회피 V2VC 알고리즘을 적용한 시뮬레이션과 적용하지 않은 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하였다. 제안한 알고리즘이 적용되지 않는 RSE와 OBE는 RSE 통신 슬롯을 무시하고 OBE가 V2VC를 전송하여 RSE 통신프레임과 충돌이 일어나 주변 OBE들의 RF-DSRC 서비스까지 제공 받지 못하도록 하는 것을 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있다. 하지만 제안한 알고리즘이 적용된 RSE와 OBE는 RSE 통신영역에서 RSE는 OBE끼리의 V2VC를 위한 슬롯을 할당하여주고 V2VC 요청받은 OBE는 RSE의 FCMS를 수신하여 해당 슬롯에 정해진 시간에 V2VC를 전송하는 것을 시뮬레이션에서 볼 수 있다.

V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 V2V를 지원하는 OBE가 RSE의 통신영역을 지나가게 될 때 RSE와 V2I로 통신 중이거나 완료된 다른 OBE들에게 V2V 모드를 이용하여 메시지 전송을 지원하도록 하는 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 제안하였다. RF-DSRC 표준에는 RSE가 2대일 때 시분할로 번갈아 가며 FCMS를 전송하도록 언급되어 있고, 이를 활용하여 FCMS의 SIG의 추후 사용 필드 중 일부를 RSE영역에서의 V2VC에 이용하도록 정의하였다. 이를 검증하기 위해 Verilog-HDL을 이용하여 TTA의 RF-DSRC 표준을 준용한 RSE와 OBE를 설계하고 본 논문에서 제안한 RSE영역에서의 충돌 회피 알고리즘을 적용하였고, Modelsim을 이용하여 충돌 회피 V2VC 알고리즘을 적용한 시뮬레이션과 적용하지 않는 경우를 시뮬레이션을 하였다.

제안한 알고리즘을 적용했을 경우 RSE가 FCMS 통하여 V2VC 슬롯을 할당하여 주고 OBE는 이를 확인하고 정해진 시간에 V2VC를 시도하여 RSE와 OBE의 통신프레임의 충돌을 방지할 수 있도록 하였고 알고리즘을 적용하지 않을 경우 RSE 통신영역에서 OBE의 V2VC의 시도로 인하여 RSE와 OBE의 통신프레임의 충돌이 발생하여 다른 OBE들의 통신까지 방해하는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

현재 구축 운영 중인 RF-DSRC 시스템에 새로운 버전으로 적용이 된다면 RSE 통신영역에서 OBE의 V2VC가 가능해질 것이며, 이를 기반으로 한 다양한 서비스가 제공가능하게 됨으로서 DSRC 관련 서비스의 확장 및 관련 산업의 발전이 예상된다.

향후 과제로는 RF-DSRC MAC과 Phy layer를 연결 및 구현하여 본 논문에서 제안한 알고리즘이 정상적으로 동작하는지 여부를 증명하기 위한 연구가 필요하다.

감사의 글

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2008-C1090-0801-0040)

참고 문헌

1. IEEE, "Layer-2 Protocol Design for Vehicelce Safet Communications in Dedicated Short Range Communications Sprctum", 2004. Oct
2. 한국 정보 통신 기술 협회, "5.8GHz대역 노변 기지국과 차량 단말기 간 근거리 전용 무선 통신 표준", 2000.7
3. IEEE, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications", IEEE Standard 802.11, 2007
4. Zing Zhu, Sumit Roy, "MAC(Media Access Control) for DSRC(Dedicated Short Range Communication) in Intelligent Transport System", IEEE Commun. Mag., Vol.41, No.12, Dec. 2003, pp.60-67.
5. ARIB STD-T75, "Dedicated Short Range Communication System", Sep. 2001.
6. 이민희, 광수진, 정종인, 이상선, "RF-DSRC 링크초기접속 모델링 및 분석", 한국ITS학회, 제4권 제2호, pp.23 - 31, 2005년 8월
7. 광수진, 안진호, 이상선, "MAC 계층에서의 DSRC 전송 효율 분석" 한국통신학회, 제31권 제6호, pp.527 - 533, 2006. 6월
8. 이용호, "근거리 무선통신 기술 기반 차량간통신 시스템 개발", 전자공학회, 제43권 TC편 제9호, pp.6 - 13, 2006년 9월
9. 최광주, 최경원, 조경국, 윤동원, 박상규, "DSRC시스템에서 릴레이 프로토콜", 전자공학회, 제43권 TC편 제9호, pp.32 - 39, 2006년 9월