

Adhoc 네트워크에서 R-ALOHA 프로토콜을 이용한 차량통신

R-ALOHA Protocol for Inter-Vehicle Communication in Adhoc Network

김 영 안
(경희대, 박사과정)

홍 충 선
(경희대, 교수)

목 차

I. 개요	1. 슬롯 예약 알고리즘
II. 모델링	2. 송·수신 알고리즘
1. 네트워크 모델	IV. 성능평가
2. 통신방식	1. 시뮬레이션 조건
III. R-ALOHA 프로토콜 제안	V. 결론

I. 개 요

현대생활에 있어서, 자동차 교통이 차지하는 역할은 상당히 크다. 그러나 자동차 대수가 크게 증가함에 따라 도로교통 상황이 악화되는 문제가 야기되고 있다. 여기서 위험에 대한 조기 발견에 의해 도로교통시스템의 안전성 향상과 원활한 교통제어를 목적으로 한 Adhoc 네트에서 차량통신(Inter-Vehicle Communication)의 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]-[2].

이러한 차량통신에서 차량들이 교환하는 정보로서 긴급연락, 위치정보, 속도, 가속도 정보, 브레이크 정보와 인간과의 대화를 통하여 도로정보의 교환이 행해지고 있다.

스펙트럼 확산통신(SS : Spread Spectrum)은 내간섭성(耐干渉性), 내방해성(耐妨害性)에 우수하며, 또 통신과 거리를 동시에 행할 수 있는 장점을 가지고 있다.

이 방식에서는 통신하면서 통신거리 즉, 자동차를 운전하는데 있어서 대단히 중요한 정보를 얻을 수 있기 때문에 그 유효성은 상당히 높다고 할 수 있다. 이상적으로는 각 차량은 네트워크 내에서 사용되는 모든 확산부호를 알아야 하지만 현실적으로는 불가능하다. 이것에 대해서 각 차량이 각자 하나씩의 확산부호를 가지므로 다른 임의의 차량과의 통신이 가능한 SS 부메랑(Boomerang) 통신방식이 제안되었다 [3].

본 논문에서는 우연이 근거리에 있던 차량들이 국부적이며 자율분산형인 동적 네트워크를 구성, 관리하는 것을 가정하여, 차량간의 거리측정을 이용한 채널 액세스 방식을 제안하여 슬롯 예약방식에 의한 효율적인 통신시스템 구축의 실현성을 보였다. 본 시스템에 의해

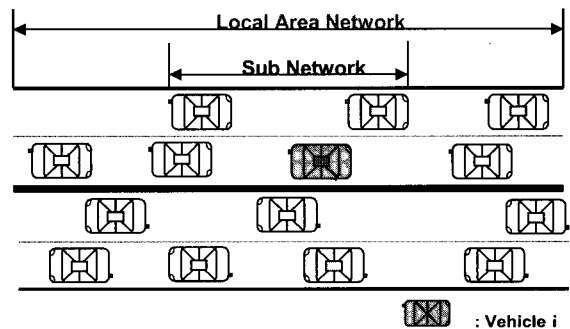
스펙트럼 확산에서는 단점인 원근문제(Near-far Problem)를 이용하여 통신 효율을 향상시켰다.

II. 모델링

1. 네트워크 모델

본 논문에서는 그림1에서와 같이 차량의 이동방향이 거의 일정한 고속도로에 있어서의 네트워크를 가정했다.

〈그림 1〉 네트워크 모델(고속도로 상황)



- 기지국이 존재하지 않은 자율분산형 네트워크
- 네트워크내의 형태의 변화가 상당히 심하다.
- 네트워크내의 존재하는 차량수에는 제한이 없고, 존재하는 차량은 미리 알지 못한다.
- 도로를 하나의 네트워크로 생각했을 경우, 차량 상태에 변화가 일어난다.

여기서는 단순화를 위해서 차량의 흐름을 차선마다 독립한 1차원 포아송 과정(Poisson process)으로 가정했다. 이 가정은 각각의 차량이 서로와 관계하지 않고 독립해서 움직이고 있다고 보는 것으로 교통량은 포아송 과정으로서 취급한다 [4].

포아송 과정에 의해서 일정한 공간에서 발생하는 수는 포아송 분포를 따른다. 이때 차량의 분포밀도를 λ 라고 하면, 도로의 어느 구간(구간길이 x) 내의 k 대의 차량이 존재할 확률은

$$\Pr(x, k) = \frac{(\lambda x)^k}{k!} \exp\{-\lambda x\} (k=0.1.2.\dots) \quad (1)$$

이 된다. 여기에서 차량간격(spacing)이 지수분포를 따르는 것을 의미한다.

따라서 차간거리는 지수분포에 의거 확률밀도관수 f_{ks} 는

$$f_{ks} = \lambda e^{-\lambda x} \quad (2)$$

이 된다. 여기서 $1/\lambda$ 은 평균차간거리(average head spacing)이다. 이러한 환경에서는 차량은 그룹을 형성하는 것이 보통이며, 여기서는 그러한 그룹으로 주행하는 차량 사이에 형성되는 네트워크에 의거 사용되는 것을 가정했다.

2. 통신방식

차량통신은 통신을 행해야 할 상대가 정해지지 않은 1대 n통신이다. 이때 근접차량 일수록 정보의 중요도가 높기 때문에 통신의 링크를 집중적으로 제어하기에는 각 국의 상대적인 위치관계를 완전히 파악할 필요가 있다. 그러기 때문에 차량이 이동하는 것을 고려하면 하나의 네트워크내의 국은 빈번하게 변화되는 것이 예상된다. 따라서 기지국에 의해서 집중적으로 제어된다면 제어신호가 상당히 복잡하게 될 것으로 생각되어진다.

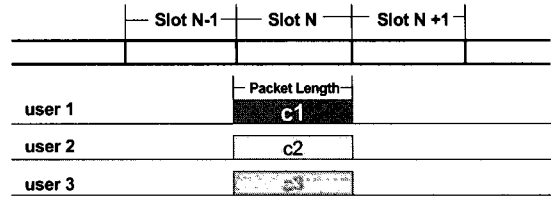
따라서, 본 논문에서는 가끔 가까이에 있는 국들이 자율분산적인 네트워크를 구성하는 것을 가정했으며, 시시각각 변화하는 주위의 상황을 빠르게 처리하기 위해 밀도 높은 정기적인 정보교환이 필요하다.

따라서, 시분할다원 접속방식(TDMA : Time Division Multiple Access) 형의 통신형태가 알맞다고 생각하게 되었다. 이 TDMA 형의 통신에서는 각 국에서 고유의 슬롯이 할당되어 있어 국의 관리가 용이하게 된다.

자율분산적인 것과 더불어 국의 이동에 유연한 채널 액세스방식으로서 예약형(Reservation) ALOHA프로토콜이 있고, 차량통신용 프로토콜로써 이것을 응용한 것이 제안되어 있다 [5].

ALOHA방식은 알고리즘이 간단하여 실현이 쉽지만, 트래픽 증가에 의해서 처리량이 급격히 떨어지는 결점이 있다. <그림 2>에서처럼 부호다원접속(CDM

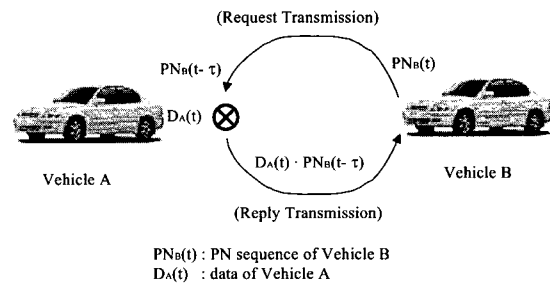
A : Code Division Multiple Access) 기능의 적용으로 CDMA-ALOHA방식의 용이성과 높은 처리량을 얻을 것이 가능하다.



<그림 2> CDMA-ALOHA 방식

본 연구에서는 이 방식을 기초로 한 프로토콜을 검토했다.

한편, 통신의 형태로서 SS부메랑(Boomerang)통신을 채용했다. SS부메랑통신은 각 차량이 각각 하나의 확산부호가 있으면 임의의 차량과 통신이 가능한 획기적인 방법이다. <그림 3>에 부메랑(Boomerang)통신을 나타내었다.



<그림 3> SS 부메랑 통신

그림은 전후를 달리는 Vehicle A와 Vehicle B 사이의 정보교환의 모양을 나타낸 것이다.

먼저 B차가 A차의 정보를 얻기 위해 자국의 PN부호 PNB를 A차에게 송신한다. 본 연구에서는 이것을 Request Transmission라고 한다. A차가 이것에 자국의 정보 $D_a(t)$ 을 곱해서 송신한다. 이것을 Reply Transmission라고 한다. 이 신호는 A차 정보를 B차 부호에 의해 스펙트럼 확산 변조한 것이므로 B차는 복조를 할 수 있다.

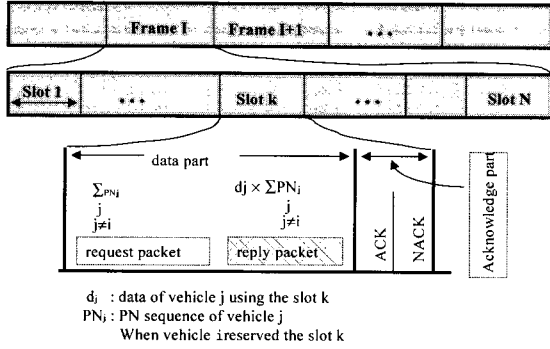
III. R(Reservation)-ALOHA 프로토콜 제안

프로토콜의 특성을 다음과 같이 결정했다.

- 기지국을 상정하지 않는다.
- 각 국은 각각 1종류밖에 PN 부호를 가지고 있지 않는다.

- 차군내의 스테이션은 정기적으로 자국의 정보를 송신한다(point to multi-point)
- 네트워크내의 스테이션의 변화가 심하게 일어난다.
- SS에 의한 거리측정 기능을 갖는다.

〈그림 4〉는 채널구성을 나타낸 것이다.



〈그림 4〉 채널 구성

1. 슬롯 예약 알고리즘

자유주행 상태에서 어떤 로컬 네트워크에 가입한 차량의 정보를 송신하기 위해 슬롯을 예약한다. 여기서, 랜덤 예약방식과 차간거리를 이용한 예약방식을 제안했다.

가. 랜덤 예약 방식

차량이 채널상태를 전혀 파악하지 못한 상태에서 네트워크에 가입했을 때, 자국용 송신슬롯을 예약할 때까지의 순서는 다음과 같다.

- (1) 각 슬롯에서 Request Transmission을 행함
 - 슬롯의 상태(사용, 미사용)을 채널사용 상황표에 기억한다.
- (2) 이상의 동작을 1프레임간 반복함으로써 채널의 사용상황을 파악한다.
- (3) 미사용 슬롯중 하나를 랜덤하게 예약한다.
- (4) 다음 프레임에서 예약한 슬롯에서 자국의 정보를 송신한다.
 - 패킷의 성공이 확인될때는 예약종료.
 - 패킷의 충돌과 송신한 패킷에 대해 아무런 응답이 없을 경우, 그 슬롯은 사용 불가능으로 (3)번으로 돌아감.

즉, 채널 사용상태가 없을 때에는, 최초 1프레임 간에 Request Mode가 된다. 그래서 자국의 정보는 전송하지 않고 슬롯의 점유 상태를 조사해, 그것을 파악한 상태에서 자국의 슬롯을 예약한다.

만약, 송수신중에 패킷 충돌 등, 재 예약할 필요가 있을 경우에도, 다음 프레임에 있어서 (3)이하의 동작

만으로 끝난다.

나. 차간거리 이용 예약 방식

최초 로컬 네트워크가 구성된 지점에서 각 차량에서 본 상대적인 차간거리를 전 차량에 대해서 계산한다. 이것을 이용해서 미사용 슬롯에 대해서 예약을 행한다. 예약할 순서는 랜덤 예약 방식과 거의 같으며, 이 방식에서는 미사용 슬롯중에서 하나를 차간거리 순으로 선택해서 예약함으로써 예약을 종료한다.

만약, 송수신중패킷의 충돌이 일어난 경우는 다음의 프레임에 있어서 다시 슬롯의 예약을 행한다. 재 예약할 때에는 앞에서 설명한 랜덤 예약방식을 이용해서 예약한다.

2. 송·수신 알고리즘

〈그림 4〉에서는 차량 i 가 슬롯을 예약하고 있고, 그 슬롯의 전반부를 i 이외의 차량이 리퀘스트 패킷을 송신하여 그것과 동일한 슬롯의 후반부에서 i 가 수신한 신호에 자국의 데이터 d_i 를 덧붙여서 보내온다. 채널에서는 i 이외의 차량의 리퀘스트 패킷이 다중화되어 리플라이 모드의 차량 i 가 이것을 수신한다. 이때의 차량 j 에 있어서 수신신호 $R_i(t)$ 는 차량 j 에서의 신호를 PN_j 라고 하고 다음 식(3)처럼 된다.

$$R_i(t) = \sum_{j=1}^n PN_j(t - t_j) \quad (3)$$

여기서 t_j 전송지연시간이다.

다음에 차량 i 는 슬롯의 후반부에서 수신신호 R_i 에 자국의 데이터 $d_i(t)$ 를 곱해서 보내온다. 따라서 차량 i 에서 보내져온 신호 $S_i(t)$ 는 다음과 같이 된다.

$$S_i(t) = d_i(t) \cdot R_i(t) = d_i(t) \cdot \sum_{j=1}^n PN_j(t - t_j - \tau_0) \quad (4)$$

여기서 τ_0 처리지연시간이다.

왕복의 전송지연 및 처리지연시간만 늦어진 자국의 확산부호를 곱하여 역확산을 행한다.

$$S_i(t - t_j) \cdot PN_j(t - \tau_0 - 2t_j) = d_i(t - t_j) + \sum_{k=1}^n C_k \quad (5)$$

C_k 는 자국의 확산부호와 상호관계이다. 이때의 $2t_j$ 를 검출하는 것으로 리플라이 모드의 차량과의 거리 측정 가능하게 된다.

IV. 성능평가

로컬 네트워크에 대한 처리량(Throughput)을 계산기 시뮬레이션에 의해 구했다. 모델로써 고속도로에

서 자유 주행한 차량의 흐름을 포아송 흐름이라 가정하고 시뮬레이션을 행하였다.

1. 시뮬레이션 조건

〈표 1〉에 시뮬레이션 조건을 나타내었다.

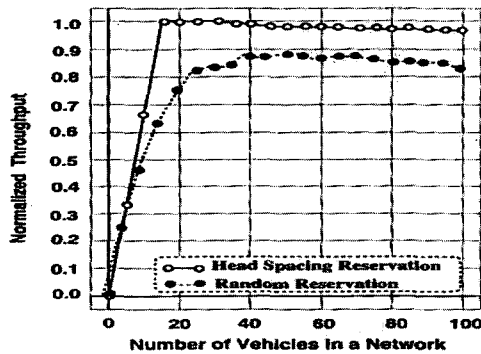
〈표 1〉 시뮬레이션 조건

Modulation Method	DS/SS BPSK
Spread Sequence	Gold code
Code Length	127 [chip]
1 Frame	15 Slots
Path loss	$\propto r^{-2}$
Traffic Flow	Poisson process
Head Spacing dist.	Exponential dist.
Vehicle Speed dist.	Gaussian dist.

로컬 네트워크에 있어서 프레임 및 슬롯의 동기는 이상적이라고 가정하였다. 또 시뮬레이션 방법으로서 각 차량의 송신전력은 모두 동일하다고 하였다.

2. 성능평가

두 예약방식을 비교하기 위한 시뮬레이션의 결과를 나타내었다.



〈그림 5〉 처리량 평가결과

〈그림 5〉에는 로컬 네트워크 안의 차량수에 대해서 처리량 평가의 결과를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 처리량을 어느 슬롯에 있어서 송신된 리퀘스트 패킷중에서 변조되어서 보내어져서 후에 바르

게 복조된 것의 비율을 채널용량으로 정규화한 것이다. 이 특성은 각 국에서 보내어져온 신호가 로컬 네트워크 내의 모든 국에 바르게 복조하는 것에 필요한 전력을 가지고 바르게 도착하는 것을 가정한 결과로써 이 프로토콜의 기본특성이다. 여기서 원근문제를 고려하면 신호전력의 감쇄에 따라 로컬 네트워크내의 채널 재이용이 가능하게 되기 때문에 로컬 네트워크내의 차량수가 슬롯수 N을 넘어도 높은 처리량을 계속 유지하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 차간거리를 이용한 SS 차량 통신을 위한 R-ALOHA 프로토콜을 제안했다. 제안한 차간거리를 이용한 예약방식을 랜덤 예약방식과의 처리량과 패킷 성공률을 비교한 결과 자율적으로 효율적으로 우수하다는 것이 확인되었다.

기본특성에서는 원근문제에 의한 영향을 고려하면 로컬 네트워크내에서의 채널의 재사용이 일어나서 필요한 정보를 바르게 수신할 수 있다는 것을 확인했다.

향후 연구과제로는 Business Model을 전제로 하여 송·수신기모델에 대하여 연구할 계획이다.

참고문헌

1. Briesemeiter and Hommel : "issemminating messages among highly mobile hosts based on inter-vehicle communication", IEEE Intelligent vehicles symposium 522-527, 2000
2. Lachlan and NAKAGAWA : "Non-Platoon Inter-Vehicle Communication, Multiple hops", IEICE TRANS., E82-B 1651-1658, 1999
3. MIZUI, and NAKAGAWA : "An Integrated Inter-Vehicle Communication/Distance Measurement using Spread Spectrum Technique", IEICE, SST-91-20, 1991.
4. TAKEUCHI, HONDA, and AOSHIMA : "Traffic Engineering", Japan, 1986.
5. Simon S. Lam : "Packet Broadcast Networks - A Performance Analysis of the R-ALOHA Protocol", IEEE Trans. on Computer, Vol. C-29, No.7, pp.596-603, 1980