

동적 랜덤지연계수법에 의한 차량 중재 기법

장 명 덕, 서 재 홍, 김 용 득
아주대학교 전자공학과

Vehicle Arbitration by Dynamic Random Delay Counter Method

Myeong Deok Chang, Jae Hong Seo, Yong Deak Kim
Dep. of Electronics Engineering, Ajou University
jj@madang.ajou.ac.kr

Abstract

This paper deals with the vehicle arbitration algorithm used in communication system between vehicles and a roadside control unit. To Improve the performance of vehicle arbitration, a random delay counter method is taken into account and modified to select the optimal maximum count value according to the vehicle arrival rate. The suggested algorithm is tested by computer simulation and the enhanced performance was shown. This method could be applied to various systems which include the communications between transponders and a control unit.

1. 서론

차량의 급격한 증가로 인한 교통난의 심각화에 따라 지능형 교통체계(ITS; Intelligent Transportation System)의 중요성이 높아졌으며, 이의 실현을 위해서는 교통 정보를 수집하고 처리할 수 있는 시스템이 필수적으로 갖추어져야 한다. 교통 정보의 수집 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나 가장 정확하고 유연성 있는 방법은 차량과의 직접 통신을 통한 방법이라 할 수 있다. 그러한 양방향 통신으로 차량은 관리 센터로부터 교통 정보 수신하는 것 이외에 여러 가지 서비스를 제공받을 수도 있는데, 현재 부분적으로 사용되기 시작한 자동 요금 징수(ETC; Electronic Toll Collection) 시스템이 그

대표적인 예이다.

차량 및 교통 관리 센터간 통신 시스템에서 통신 가능 시간 범위는 차량의 속도, 통신 속도, 통신 데이터의 양, 통신 가능거리 등의 요소에 의해 제한되며 관리 센터는 제한된 통신 가능 시간 내에서 모든 차량과 통신을 수행할 수 있어야 한다. 그러므로, 교통량이 많아짐에 따라 즉, 차량의 도착 빈도가 커짐에 따라 통신 가능 시간의 제한은 통신 신뢰성에 더 큰 영향을 미치게 된다.

이러한 통신 시스템의 통신 주체는 교통 센터가 관리하는 노측 제어기(이하 제어기)와 차량내 장치(OBU; On Board Unit)이다.

통신 가능 거리의 제한에 의해 통신 가능 시간 범위 역시 제한되며 이에 따라 통신상의 차량 충돌을 최대한 해소하여 모든 차량과 성공적인 통신을 보장하기 위한 차량 중재 방법이 요구된다. 통신상의 차량 충돌은 차량-제어기간 통신 시스템을 다중 차선 환경에 적용하였을 때 두 대 이상의 차량이 동시에 제어기와 통신을 수행하고자 하는 경우에 발생하게 된다.

차량-제어기간 통신상에서 현재까지 소개된 중재 방법들은 간단한 시스템으로 구현이 가능한 시분할 기법을 채택하고 있는 것이 대부분이며 그러한 방법들은 통신 환경의 변화에 따라 특히 교통량의 변화에 따라 성능상의 차이가 나타난다. 그중 본 논문에서 분석한 랜덤 지연 계수법(random delay counter method)에 의한 차량 중재 알고리즘은 교통량의 변화에 따라 알고리즘의 파라미터 값을 유동적으로 적용할 수 있는 장점이 있다. 이에 본 논문에서는 교통량의 변화에 따라 랜덤 지연 계수법에 의한 중재 기법이 최적의 성능을 나타내는 최대 계수값을 추출하였으며 이 값들을 교통량의 변화

에 따라 동적으로 선택하는 알고리즘을 도출하여 그 성능을 분석하였다.

2. 동적 랜덤 지연 계수법

본 논문에서 다루는 중재 이론에서는 차량이 제어기에 대하여 완전 수동으로 동작하는 것을 가정한다. 즉, 통신 과정을 살펴보면 먼저 제어기가 호스트로서 제어 신호를 차량에 전송하고 차량은 제어 신호에 지정된 전송 방식에 의해 제어기에 응답 신호를 보내게 된다. 이어 응답 신호를 받은 제어기는 차량에서 보낸 응답 신호를 오류 없이 수신하였을 경우 차량에 ACK 신호를 전송하여 차량으로 하여금 차후의 제어 신호에 대하여 응답하지 않도록 하며 차량의 응답 신호에 오류가 있거나 두 대 이상의 차량이 동일한 제어 신호에 응답하여 통신 충돌이 발생한 경우 차량은 ACK 신호를 수신하지 못하게 되고 제어 신호에 포함된 중재 방식에 관한 정보에 따라 충돌 회복을 위한 중재 과정을 시작하게 된다. 그림 1에 위에 언급한 통신 과정을 나타내었다.

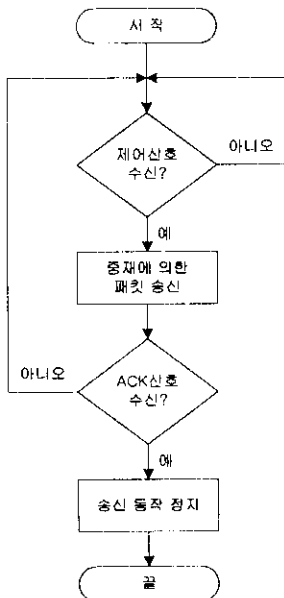


그림 1. 차량-제어기간 통신 과정

이러한 통신 과정을 거치는 데 있어 성능에 가장 중요한 영향을 미치는 요소는 통신 수행 시간이다. 더욱이 차량-제어기간 통신에서는 통신 가능 거리가 수 m 정도로 매우 짧기 때문에 통신 가능 시간에 그만큼 제한이

가해지게 된다. 더욱이 차량-제어기간 통신에서는 그 특성상 모든 차량이 제어기와 통신을 수행해야 한다는 전제가 있기 때문에 이의 해결을 위해서는 적절한 중재 방법이 반드시 필요하다.

랜덤 지연 계수기를 이용한 방법은 두 대 이상 차량의 동시 응답으로 인한 충돌을 해결하기 위해 차내 장치에 내장된 난수 발생기와 계수기를 이용하는 방법으로 패킷 송신 후 충돌이 발생하였다는 제어 신호를 받은 차량은 중재 과정에 의해 발생된 난수만큼 계수하여 시간을 지연한 다음 패킷을 재전송하게 된다. 그림 2에 이 방법의 동작 원리를 나타내었다.



그림 2. 랜덤 지연 계수법의 동작 원리

그림은 최대 계수값이 3인 경우를 보이고 있으며 제어 신호를 받은 차량 A,B,C 모두 계수값 2를 발생하여 송신을 시도함을 알 수 있다. 이 경우 다음 제어 신호에는 충돌이 발생하였다는 정보가 포함되며 이 제어 신호를 받은 세 차량은 다시 랜덤 계수를 발생하여 해당 수에 해당하는 타임 슬롯만큼 지연 후 패킷을 재전송하게 된다. 이러한 방식이 충돌이 없을 때까지 계속된다.

랜덤 지연 계수법에서 성능에 영향을 미치는 중요한 요소는 충돌 발생 후 중재를 위해 난수 발생기에 사용할 최대 계수값이며 이 값은 교통량, 통신 제한 시간 등의 통신 환경에 따라 적절하게 선택되어야 한다. 현재 이 방법은 고정된 최대 계수값을 사용하는 방식이 소개되어 있으나 교통량에 따라 이 값을 동적으로 선택함으로써 실제 시스템에 적용하였을 경우 성능 향상을 얻고자 한다.

이러한 시스템을 하드웨어적으로 구현하는 경우 통신 과정중 동적으로 파라미터 값을 변경할 수 있는 기법을 도입할 수 있다. 이를 위해 제어기 측에서는 일정 시간 동안 도착하는 차량의 대수를 기준으로 현재의 교통량을 파악하여 현재 교통량에서 최적의 성능을 보이는 파라미터 값을 제어 신호에 실어 차량에 송신할 수 있으며 차량은 제어 신호에 지정된 파라미터 값을 적용하여 응답 신호를 송신할 수 있다.

3. 컴퓨터 시뮬레이션

본 논문에서는 랜덤 지연 계수법의 중요 파라미터인 최대 계수값을 교통량에 따라 최적의 성능을 나타낼 수 있도록 동적으로 선택할 수 있는 방법을 프로그램에 의해 모델링하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

교통량의 변화를 모델링하는 데는 난수 발생 기법을 사용하였으며 이 경우 차량의 흐름은 다른 차량의 영향을 받지 않는 자유 흐름으로 가정하였다.

또한 본 논문에서는 중재 알고리즘을 제한하는데 있어 다음과 같이 가정한다.

- 중재 알고리즘은 시분할 방법에 기초한다.
- 차량-제어기간 통신은 다중 차선 상에서 이루어지며 각 차선에서의 통신 가능 거리는 모두 동일하다.
- 두 통신 주체(차량, 제어기)간에 사용되는 패킷의 길이는 일정하며 고정되어 있다.
- 업링크 및 다운링크에 사용되는 통신 전송율은 일정하며 고정되어 있다. 그러므로 하나의 패킷을 전송하는데 소요되는 시간은 업링크 및 다운링크에 대하여 동일하다.
- 모든 차량은 일정한 속도로 진행한다.
- 통신 데이터는 다른 차량의 데이터와 충돌이 발생하지 않는 한 오류 없이 전송된다.

차량-제어기간 통신에 있어서의 통신 환경 변수로서 나머지 값들은 일정하게 유지한 채 교통량의 변화만을 고려하기 위해 위와 같은 가정이 필요하다.

위와 같은 가정 하에 본 논문에서 컴퓨터 모의 실험에 사용한 통신 파라미터는 다음과 같다.

- 통신 가능 거리 5m
- 패킷 길이 1000bit
- 통신 전송률 250Kbit/s
- 차량 속도 100Km/h

따라서 한 패킷이 차지하는 타임 슬롯은 4ms이며 180ms, 즉 45개의 타임 슬롯내에 통신을 완료하여야 한다. 차량 도착율은 0.004대/타임 슬롯~0.2대/타임 슬롯 범위를 가정하였으며 이것을 초당 도착율로 환산하면 1대/초~50대/초에 해당한다.

그림 3은 랜덤 지연 계수법에 대하여 차량 도착율(AR) 및 최대 계수값(X축)의 변화에 따라 통신을 수행하지 못한채 통신 영역을 빠져나가는 차량의 비율을 시뮬레이션한 결과이다.

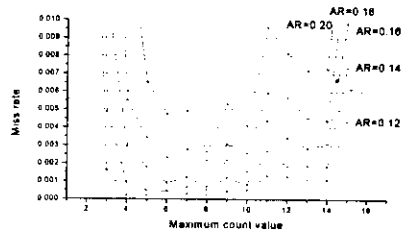
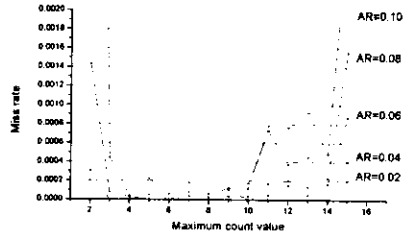


그림 3. 시뮬레이션에 의한 통신 신뢰도 결과

통신에 소요되는 평균 타임 슬롯의 수는 제어 신호를 받은 차량이 응답 신호를 제어로 송신한 후 최초로 ACK 신호를 받을 때까지 소요되는 타임 슬롯 수의 평균값이며 차량 도착율이 낮은 경우($AR \leq 0.10$) (최대 계수값/2)에 거의 비례하였는데 이는 통신상의 충돌로 인해 추가로 소요되는 타임 슬롯이 거의 없이 응답 신호를 송신한 후 바로 다음 제어 신호에서 ACK 신호를 받을 음을 의미한다. 이는 그림 3에서 차량 도착율이 낮을 때 통신 실패율이 최대 계수값 4~10 범위에서 $2E^{-4}$ 이하로 매우 낮은 것으로부터 확인할 수 있다. 그림 3에 나타난 통신 실패율의 변화를 살펴보면 전반적으로 최대 계수값 8을 기준으로 최대 계수값이 8보다 작은 경우 통신 실패율이 감소하고 그보다 클 때는 증가함을 알 수 있다. 여기서 한 가지 주목해야 할 것은 최대 계수값의 범위가 6~7사이, 9~10사이, 11~14사이에 있을 때 그러한 패턴에 변이가 생긴다는 것이다. 이것은 통신에 제한된 시간이 45 타임 슬롯밖에 되지 않는 상황에서 제어 신호가 (최대 계수값+1)개의 타임 슬롯을 주기로 발생하는 것에 기인한다.

위 결과로부터 특정 차량 도착율에 따라 최적의 최대 계수값을 선택할 수 있다. 표 1은 최대 계수값을 전체적으로 우수한 성능을 나타내는 값인 7로 고정하였을 때와 최적 값을 동적으로 선택하는 경우 특정 차량 도착율에서의 성능 차이를 나타내고 있다.

표 1. 동적 랜덤 자연 계수법과 정적 방법의 통신 신뢰도 비교

차량 도착율	통신 실패율 ()안은 최대 계수값		개선도
	정적 방법	동적 방법	
0.02	0(7)	0(3)	-
0.04	0(7)	0(3)	-
0.06	3.30E-5(7)	0(3)	∞
0.08	7.50E-5(7)	0(4)	∞
0.10	1.80E-4(7)	4.00E-5(4)	78%
0.12	3.00E-4(7)	1.83E-4(5)	39%
0.14	6.57E-4(7)	4.29E-4(6)	35%
0.16	1.21E-3(7)	6.99E-4(8)	42%
0.18	2.79E-3(7)	2.15E-3(8)	23%
0.20	4.90E-3(7)	2.64E-3(8)	46%

표에서 차량 도착률이 증가함에 따라 최적 최대 계수 값 역시 시뮬레이션 범위 내에서 3에서 8로 점차 증가함을 알 수 있으며 각 차량 도착률에 대하여 정적 방법에 비해 20% 이상의 성능 향상을 보임을 관찰할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 교통 정보 수집, 자동 요금 징수 시스템 등에 응용되는 차량-노출 제어기간 통신 시스템에서의 차량의 중재를 위해 기존에 소개된 랜덤 자연 계수법에 대한 분석을 바탕으로 그 개선 방법을 제안하였으며 그 방법으로써 교통량에 따라 중재 방법이 최적의 성능을 보이는 파라미터 값들을 통신 중에 동적으로 변경함으로써 통신 신뢰도의 성능 향상을 꾀하는 동적 중재 알고리즘을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 최적 파라미터 값을 추출하였다. 그 결과 교통량이 작은 경우에는 차량 충돌 확률 역시 낮아 파라미터 값의 변화에 거의 상관없이 통신 성공률이 매우 높았으나 교통량이 많아짐에 따라 파라미터 값의 선택이 전체 알고리즘의 성능에 큰 영향을 준다는 것을 확인하였다. 본 논문에서 수행한 컴퓨터 시뮬레이션은 알고리즘의 파라미터 값과 교통량과의 관계에 중점을 두어 나머지 환경 변수들을 상수로 취급하였으나 보다 현실적이고 정확한 시뮬레이션을 위해 가능한 한 많은 통신 환경 변수를 모델링하고 적용할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다. 아울러 어떤 교통량 범위에서 보다 우수한 성능을 보이는 새로운 차량 중재 알고리즘이 개발된다면 본 논문에서 소개된 동적 알고리즘 적용 방법에 의하여 기존의 다른 알고리즘과 연계하여 상호 보완적으로 최고의 성능을 유지

할 수 있는 시스템의 개발이 가능할 것이다. 또한 본 논문에서 제안된 차량 중재 알고리즘은 출입 제어 시스템, 자동 창고에서의 재고 관리 시스템 등 트랜스폰더를 부착한 여러 개체 및 하나의 제어 유닛 간 통신으로 구성되는 다양한 시스템에 응용이 가능하다.

참고문헌

- [1] 김용득, 서재홍, "무선인식기법을 사용한 구간별 교통정보수집장치 구현", 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집 제20권 제2호, pp.699-702, 1997.11
- [2] Carl-Herbert Rokitsansky, "Performance Analysis and Simulation of Vehicle-Beacon Communication Protocols", IEEE Vehicular Technology Society 42nd VTS Conference, pp.1056-1061, 1993.5
- [3] Simon Hoff, Dirk Hubner, Frank Reichert, "Protocols for Mobile Short Range Communication Based on Transponders", 41st IEEE Vehicular Technology Conference St. Louis, MO, pp.636-641, 1991.5
- [4] Christian Wietfeld, "Performance Evaluation of Short-Range Communication Links for Road Transport & Traffic Telematics", 1996
- [5] H. Kawashima, Y. Ishii, R. Fukui, "Discrete Minimal Radio Zone Communication System in RACS Project and Its Performance Evaluation", Control, Computers, Communications in Transportation, pp.19-26, 1990.12