

論文99-36S-7-3

다중 차선에서의 차량 우선 처리를 위한 동적 중재 알고리즘

(Dynamic Vehicle Arbitration Algorithm on Multilane)

張明德*, 兪世根**, 金容得*

(Myung Deok Jang, Se Keun Yoo, and Yong Deak Kim)

요 약

본 논문에서는 교통 정보의 수집, 처리를 위하여 다중 차선 상의 차량 및 노측 제어기간 무선 통신에 사용되는 차량 중재 방법들의 실시간 교통량 변화에 따른 통신 신뢰도를 분석하고 이에 따른 최적 파라미터를 추출하여 적용하는 동적 중재 알고리즘을 제안하였다. 랜덤 지연 계수법 및 퍼시스트 기법에 의한 중재 방법을 분석의 대상으로 하여 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 제안된 알고리즘을 평가한 결과 정적인 방법에 비해 향상된 신뢰도를 얻을 수 있었다. 이 알고리즘은 트랜스폰더와 제어기간의 통신으로 이루어지는 여러 시스템에 응용 가능하다.

Abstract

This paper deals with the dynamic vehicle arbitration algorithm for communication between vehicles and a roadside control unit on multilane environment. The suggested algorithm varies its parameter values according to the current vehicle arrival rate to get the maximum performance. To get the optimum parameter values, arbitration methods that use random delay counter and persist mechanism were taken into account and the performance of these methods with respect to the vehicle arrival rate was analyzed by computer simulation. After applying the optimum parameter values to suggested algorithm, it is shown that more enhanced reliability was acquired. This algorithm could be applied to various systems which include the communication between a transponder and a control unit.

I. 서 론

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. 즉, 통신의 신뢰성만 보장된다면 차량은 노측 제어기간의 직접 통신을 통해 현재의 차량 정보 및 교통 정보를 교통 관리 센터에 정확히 전송할 수 있을 뿐만 아니라 관리 센터로부터 처리된 교통 정보를 수신할 수도 있게 된다.^[1]

이러한 양방향 통신으로 차량은 관리 센터로부터 교통 정보 수신하는 것 이외에 여러 가지 서비스를 제공 받을 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 데이

* 正會員, 亞洲大學校 電子工學部

(School of Electronics Eng., Ajou Univ.)

** 正會員, 詳明大學校 情報通信學部

(School of Information and Telecommunications, Sangmyung Univ.)

接受日字:1998年8月27日, 수정완료일:1999年6月22日

터의 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 시스템에서는 동일 통신 범위 내에 존재하는 차량의 대수를 줄이기 위해 통신 가능 거리를 제한하는 것이 보통이고, 그러한 관점에서 단거리 전용 통신(DSRC; Dedicated Short-Ranged Communication) 시스템이라 불리며 현재 표준화 단계에 있다. 지능형 교통 체계에서 말하는 단거리 전용 통신의 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 알고리즘이 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.^[2] 그중 본 논문에서 분석한 랜덤 지연 계수법(random delay counter method)과 퍼시스트 기법(persist mechanism)에 의한 차량 중재 알고리즘은 교통량의 변화에 따라 알고리즘의 파라미터 값을 유동적으로 적용할 수 있는 장점이 있다. 이에 본 논문에서는 교통량의 변화에 따라 각 알고리즘이 최적의 성능을 나타내는 파라미터 값을 추출하였으며 이 값들을 교통량의 변화에 따라 동적으로 선택하는 알고리즘을 도출하여 그 성능을 분석하였다. 한편 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 새로운 이론의 제안이 아닌 기존에 소개된 시분할 방식의 바탕 알고리즘들을 보다 효율적으로 사용하는 방법에 초점을 맞추고 있으며 적용 가능한 바탕 알고리즘들도 논문에서 소개된 것 외에 다양하게 존재할 수 있으므로 바탕이 되는 특정 알고리즘에 대해 굳이 분석적 방법을 사용하지 않고 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 분석과

정을 사용하였다.

II. 차량 중재의 이론적 분석

다중 차선에서의 차량 중재는 하나의 호스트와 여러 개의 단말로 이루어진 네트워크에서의 MAC (Media Access Control) 방법과 유사하다. 여기서 차량 중재 이론에서의 노측 제어기는 호스트에, 각각의 차량은 단말에 대응시킬 수 있다. 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.

이러한 통신 과정을 거치는 데 있어 성능에 가장 중요한 영향을 미치는 요소는 통신 수행 시간이다. 서론에서 언급하였듯이 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.

본 논문에서는 중재 알고리즘을 제안하는데 있어 다음과 같이 가정한다.^[3]

- 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 필요하며 이에 따라 각 통신 환경 변수에 따른 통신 가능시간을 유도할 수 있다. 다음과 같은 환경 변수들을 가정하자.

- 통신 가능 거리 d
- 패킷 길이 l
- 통신 전송률 r
- 차량 속도 v

하나의 차량에 주어진 통신 제한 시간은 차량이 통신 가능한 구간을 통과하는데 걸리는 시간(이하 t)

$$t = d / v$$

와 같으며, 하나의 패킷이 전송되는데 소요되는 시간(이하 T)은

$$T = l / r$$

이므로 통신 제한 시간은 결국 t/T 개의 패킷이 전송되는 데 걸리는 시간과 같다.

이에 실제 데이터를 적용하여 계산해 보면, 통신 가능 거리 5m, 패킷 길이 1000bit, 통신 전송률 250Kbit/s, 차량 속도 100Km/h라 가정할 때 $t=180ms$, $T=4ms$ 가 되어 차량은 총 45개의 패킷 길이에 해당하는 시간 내에 통신을 완료하여야 한다. 그렇지 못할 경우 해당 차량은 통신에 실패한 채 통신 가능 구간을 통과하게 된다.

III. 동적 중재 알고리즘의 제안

현재까지 차량 제어기간 통신에서 시분할 중재 방법으로 소개된 것으로는 차량에 부여된 고유 번호를 사용하는 방법^[1], 랜덤 지연 계수기를 사용하는 방법, 퍼시스트 기법을 이용한 방법^[2] 등 여러 가지 방법이 있으나 본 논문에서는 그 중 랜덤 지연 계수기를 이용하는 방법과 퍼시스트 기법을 보완한 방법을 제안하였다. 이 방법들은 적절한 파라미터의 선택에 의해 교통량에 따라 유동적인 적용이 가능하므로 성능 향상의 가능성이 많은 방법이라 할 수 있다.

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 1에 이 방법의 동작 원리를 나타내었다. 그림 1(a)는 차량이 통신 가능 범위 내에 진입하고 나서 최초로 수신한 제어 신호 후 즉시 응답 신호를 송신하는 방식(이하 즉시 송신 방식)을 나타내고 있으며 그림 1(b)는 최초 제어 신호 수신후에도 난수를 발생하여 그 수만큼의 타임 슬롯을 기다려 응답 신호를 송신하는 방식(이하 지연 송신 방식)의 예를 보이고 있다. 제어 신호가 두 타임 슬롯 주기로 발생하는 즉시 송신 방식과 달리 지연 송신 방식의 제어 신호는 (최대 계수값+1)개의 타임슬롯 주기로 발생된다.

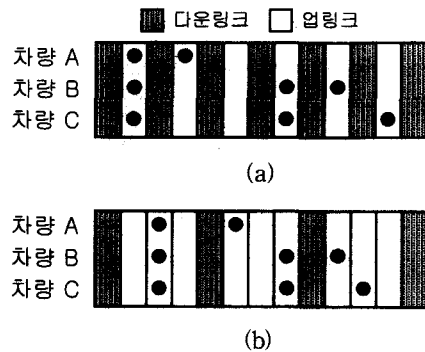


그림 1. 랜덤 지연 계수법에 의한 충돌 해결 (a)최초 제어 신호후 즉시 송신하는 경우 (b)최초 제어 신호후 계수하여 송신하는 경우

Fig. 1. Collision avoidance by random delay counter method (a)Immediate transmission after the first control packet (b)Delayed transmission by random delay counter after the first control packet.

퍼시스트 기법을 이용하는 방법은 제어 신호를 수신한 차량이 응답 신호를 송신할 수 있는지의 여부가 발생된 난수값에 크기에 의해 결정되는 방식이다. 예를 들면, 제어 신호를 수신한 차량은 0부터 999 사이의 난수를 발생시켜 그 값이 500 미만이면 다음 업링크 슬롯에 응답 신호를 전송하며 500 이상이면 다음 제어 신호를 기다리게 되는 방식이다. 여기서 500이 통신 가능 여부를 결정짓는 임계값으로 작용하며 이것을 퍼시스트 값(persist value)이라 한다. 이상의 방법들은 하나의 업링크 타임 슬롯 안에서 메시지를 송신하는 차량의 수가 한 대일 때만 성공적인 통신이 이루어

지며 두 대 이상의 경우일 때는 통신상의 충돌이 발생하여 정해진 중재 알고리즘에 의해 재전송이 이루어지게 된다.

랜덤 지연 계수법에서 중요한 요소는 최초 제어 신호 수신 후 차량의 반응 방법 선택법 즉 즉시 응답 신호를 송신하게 할 것인지 아니면 계수기에 의한 시간 지연 후 송신하게 할 것인지를 선택법과 충돌 발생 후 중재를 위해 난수 발생기에 사용할 최대 계수값이며 퍼시스트 기법을 이용한 방법에서 중요한 요소는 응답 신호의 송신을 가능하게 하는 임계값 즉 퍼시스트 값이다. 이 두 요소의 선택 방법에 따라 중재 방법의 성능이 좌우되며, 또한 이 두 요소는 교통량, 통신 제한 시간 등의 통신 환경에 따라 적절하게 선택되어야 한다.

앞에서 언급하였듯이 랜덤 지연 계수법 및 퍼시스트 기법에 의한 차량 중재 방법은 교통량의 변화에 따른 성능 변화가 존재하며 그 성능의 차이는 각 중재 방법에 사용되는 파라미터 값에 기인한다. 즉, 파라미터 값으로 고정된 값을 사용할 경우 교통량의 변화에 따라 신뢰도에 차이가 나타나게 된다. 그러므로 교통량에 따라 유동적으로 파라미터 값을 변화시킨다면 성능 향상을 얻을 수 있을 것이라 생각할 수 있으며 이로부터 통신 과정에서 동적으로 파라미터 값을 변경할 수 있는 기법을 도입할 수 있다. 이를 위해 제어기 측에서는 일정 시간동안 도착하는 차량의 대수를 기준으로 현재의 교통량을 파악하여 현재 사용중인 알고리즘과 교통량에서 최적의 성능을 보이는 파라미터 값을 제어 신호에 실어 차량에 송신할 수 있으며 차량은 제어 신호에 지정된 방식으로 응답 신호를 송신할 수 있다. 그림 2에 이러한 기법의 효율적 사용을 위한 제어 신호의 프레임 구성을 제시하였다.

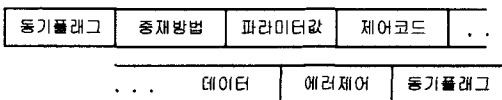


그림 2. 동적 알고리즘 적용을 위한 제어 신호의 프레임 구성
 Fig. 2. Frame format of control packet for dynamic algorithm.

그림 2의 프레임 구조에 나타난 제어코드 영역은 제어기가 차량에 보내는 명령어에 해당하며 데이터 영역은 차량에 전송하는 일반 데이터에 해당한다. 이 두

가지 필드와 프레임 동기화를 위한 동기플래그 및 에러제어 영역은 제어 신호에 일반적으로 사용되는 영역이다. 이 외에 중재방법 및 파라미터값 영역이 추가되어 있는데 이 영역들을 이용해 제어기는 중재 방법의 종류와 파라미터 값을 차량에 전달할 수 있다. 중재방법 영역은 한 가지 중재 방법에 대한 파라미터값 변경만으로 충분한 신뢰도를 얻을 수 있는 경우에는 필요하지 않을 수도 있으나 향후 향상된 중재 방법이 개발되었을 때 중재 방법 자체를 변경하는 중재 알고리즘용으로 사용할 수 있다. 이러한 메커니즘을 실제로 구현하기 위해서는 차량에 장착될 차내 장치를 설계할 때 파라미터 값의 변경 또는 알고리즘 자체의 변경에 대하여 즉각 반응할 수 있도록 펌웨어를 설계하여야 한다.

IV. 시뮬레이션 과정 및 결과

본 논문에서는 각 차량 중재 알고리즘의 교통량에 따른 성능 분석을 위해 프로그램에 의한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

교통량의 변화를 모델링하는 데는 난수 발생 기법을 사용하였으며 이 경우 차량의 흐름은 다른 차량의 영향을 받지 않는 자유 흐름으로 가정하였다.^[4] 차량의 시간적 도착 패턴은 한 타임 슬롯 구간당 즉 시간 T 당 평균 차량 도착율에 따라 다음과 같이 형성된다.

```

procedure MakeArrivalPattern(AvlRate)
  do
    SumOfVehicles=0;
    for i=0 to MaxTSNum
      TS [ i ].NumOfVehicles=0;
    next i
    for i=0 to AvlRate*PatternBound
      if((TSNum=random(PatternBound)
      <MaxTSNum) then
        TS [ TSNum ].NumOfVehicles++;
        SumOfVehicles++;
      end if
    next i
    until(SumOfVehicle>=MaxTSNum*
    (AvlRate-ErrAvlRate)&&SumOfVehicle<
    MaxTSNum*(AvlRate+ErrAvlRate))
  end procedure
    
```

$AvlRate(vehicles/timeslot_length(sec)):$

시간 T당 평균 도착 차량수

$SumOfVehicles:$ 총 도착 차량수

$PatternBound:$

시뮬레이션에서 발생시킬 타임 슬롯의 총 개수

$MaxTSNum:$

시뮬레이션에 실제 사용할 타임 슬롯의 총 개수

$TS [TSNum] .NumOfVehicles:$

$TSNum+1$ 번째 타임 슬롯에서의 발생 차량수

$ErrAvlRate(vehicles/timeslot_length(sec)):$

평균 차량 도착율의 허용 오차

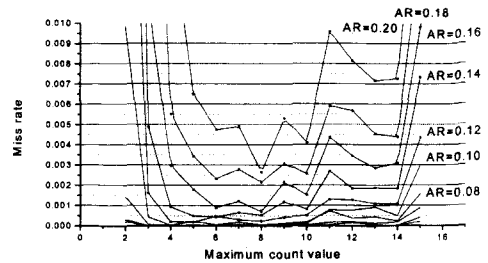
위의 방법에 의해 허용 오차 범위 내의 평균 차량 도착율에 따라 $MaxTSNum$ 개의 패킷 구간에 대하여 차량이 분포하게 되며 생성된 차량 도착 패턴을 각 중재 방법에 적용한 결과를 그림 3에 나타내었다.

본 논문에서 컴퓨터 시뮬레이션에 사용한 통신 파라미터는 II절에서 예로 든 것과 같다. [5]

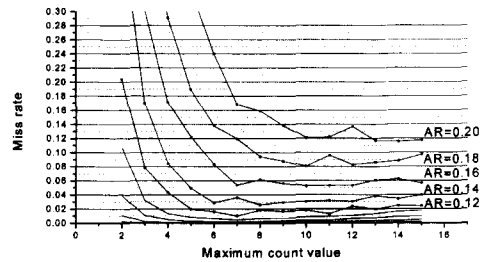
- 통신 가능 거리 5m
- 패킷 길이 1000bit
- 통신 전송률 250Kbit/s
- 차량 속도 100Km/h

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.

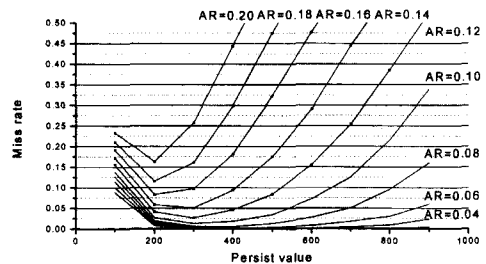
그림 3은 랜덤 지연 계수법 중 지연 송신 방식에 대하여 차량 도착율(그래프 상의 AR) 및 최대 계수값(그래프 상의 X축)의 변화에 따라 통신을 수행하지 못한채 통신 영역을 빠져나가는 차량의 비율(그림 3(a))을 시뮬레이션한 결과이다. 통신에 소요되는 평균 타임 슬롯의 수는 제어 신호를 받은 차량이 응답 신호를 제어기로 송신한 후 최초로 ACK 신호를 받을 때까지 소요되는 타임 슬롯 수의 평균값이며 차량 도착율이 낮은 경우($AR \leq 0.10$) (최대 계수값/2)에 거의 비례하였는데 이는 통신상의 충돌로 인해 추가로 소요되는 타임 슬롯이 거의 없이 응답 신호를 송신한 후 바로 다음 제어 신호에서 ACK 신호를 받음을 의미한다. 이는 그림 3(a)에서 차량 도착율이 낮을 때 통신 실패율이 최대 계수값 4~10 범위에서 $2E-4$ 이하로 매우 낮은 것으로부터 확인할 수 있다. 그러나 제어 신호의 발생 주기가 다른 방법에 비해 길어 통신을 수



(a)



(b)



(c)

그림 3. 시뮬레이션 결과에 의한 통신 실패율 (a)지연 송신 방식 랜덤 지연 계수법 (b)즉시 송신 방식 랜덤 지연 계수법 (c)퍼시스트 방법

Fig. 3. Miss rate by simulation results (a)Random delay counter method by delayed transmission (b)Random delay counter method by immediate transmission (c)Persist mechanism.

행하는 데는 최소한 수 개의 타임 슬롯이 필요하게 된다. 그림 3(a)에 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 계수

값+1)개의 타임 슬롯을 주기로 발생하는 것에 기인한다.

예를 들어 최대 계수값이 11~14사이의 범위에 있을 때 $(11+1)*3=36$, $(12+1)*3=39$, $(13+1)*3=42$, $(14+1)*3=45$ 로 네 경우 모두 제어기로부터 ACK 신호를 수신받을 수 있는 횟수는 3회이다. 그러나 최대 계수값이 클수록 충돌 가능성은 낮아지므로 통신 실패율이 낮아지는 결과를 가져오는 것이다. 변이가 나타나는 나머지 범위 역시 같은 이유에서이다. 이 현상은 통신 가능 시간 범위에 의해 제한된 타임 슬롯의 수가 적을수록 두드러진다. 그러므로 이 방법에 의한 중재를 수행할 경우에는 최대 계수값을 선택함에 있어 위와 같은 현상을 사전 시뮬레이션에 의해 검증해 볼 필요가 있다.

그림 3(b)는 랜덤 지연 계수법 중 즉시 송신 방식의 시뮬레이션 결과이다. 이 경우 제어 신호는 두 타임 슬롯마다 발생하므로 차량 도착율이 낮은 경우 소요되는 타임 슬롯의 수가 적어 신속한 통신이 가능하다. 또한 그림 3(b)를 보면 그림 3(a)에서 나타났던 통신 실패율 상의 변이도 없다. 그러나 차량 도착율이 증가함에 따라 초기 충돌 확률이 증가하여 소요 타임 슬롯수와 함께 통신 실패율이 급격히 증가하여 지연 송신 방식에 비해 높은 통신 실패율을 보인다.

그림 3(c)는 퍼시스트 기법을 이용한 중재 방법의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있으며 발생 난수 범위는 0~999로 하였다.

이 경우 소요되는 타임 슬롯의 수 및 통신 실패율은 가장 우수한 성능을 나타내는 특정 퍼시스트 값을 기준으로 하여 그 좌우 값에서는 성능이 저하됨을 관찰할 수 있다. 차량 도착율이 매우 낮은 경우 퍼시스트 값을 적절히 선택하면 통신 실패율 역시 매우 낮으나 차량 도착율이 증가하면 소요되는 타임 슬롯의 수 및 통신 실패율 면에서 앞의 두 방법에 비해 낮은 성능을 나타낸다.

지금까지 살펴본 교통량에 따른 중재 방법들의 성능 변화에 대한 시뮬레이션 결과에 따라 각 차량 중재 알고리즘의 최적 파라미터 값을 교통량의 변화에 대하여 추출할 수 있다. 표 1은 차량 도착율에 따라 최적의 성능을 얻기 위한 파라미터 값으로 랜덤 지연 계수법 경우 최대 계수값을 나타내고 있으며 퍼시스트 기법의 경우 퍼시스트 값을 나타내고 있다.

표에서 관찰할 수 있듯이 통신 성공률 측면에서는

모든 차량 도착율에 대하여 지연 송신 방식의 랜덤 지연 계수법에 의한 중재 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

표 1. 교통량에 따른 최적 파라미터 값

Table 1. Optimal parameter value with respect to the vehicle arrival rate.

차량 도착율	랜덤 지연 계수 (지연 송신) - 최대 계수값	랜덤 지연 계수 (즉시 송신) - 최대 계수값	퍼시스트 기법 - 퍼시스트 값 /100
0.004	2(0)	2(0)	5(0)
0.008	2(0)	2(0)	5(0)
0.012	2(0)	2(0)	5(0)
0.016	2(0)	2(0)	5(0)
0.02	3(0)	3(0)	5(0)
0.04	3(0)	4(1.00E-4)	5(4.94E-4)
0.06	3(0)	5(4.34E-4)	4(1.65E-3)
0.08	4(0)	7(2.10E-3)	4(5.37E-3)
0.10	4(4.00E-5)	7(4.85E-3)	3(1.32E-2)
0.12	5(1.83E-4)	7(1.02E-2)	3(2.63E-2)
0.14	6(4.29E-4)	8(2.59E-2)	3(5.08E-2)
0.16	8(6.99E-4)	10(5.26E-2)	2(8.34E-2)
0.18	8(2.15E-3)	10(8.06E-2)	2(1.16E-1)
0.20	8(2.64E-3)	14(1.16E-1)	2(1.63E-1)

()안은 해당 파라미터 값에서의 통신 실패율

그러나 교통 여건의 현실성을 감안할 때 한 차선 상에서 연속으로 통신 영역에 진입하는 두 차량은 어느 정도 차간 거리가 확보되어야 하므로 한 차선 상에서의 차량 도착율은 어느 한계 이상으로 높아질 수 없다. 예를 들어 두 차량이 10m 간격을 두고 100Km/h의 속도로 통신 영역에 진입한다고 하더라도 두 차량은 시간적으로 90개의 타임 슬롯만큼 떨어지게 되어 0.0111대/타임 슬롯 이상의 도착율을 나타낼 수 없다. 그러므로 하나의 제어기가 5개의 차선을 제어한다고 하더라도 0.056대/타임 슬롯이 발생 가능한 최대 차량 도착율이 된다. 한편 본 논문에서 이루어진 시뮬레이션의 결과 데이터는 45 타임 슬롯을 통신 제한 시간으로 가정하였으므로 통신 제한 시간이 이보다 큰 경우에는 실제에 있어 어떤 중재 방법을 선택하더라도 통신 실패 확률을 1E-4 이내로 낮출 수 있다. 따라서 차량 도착율이 낮고 통신 제한 시간에 여유가 있는 경우에는 하드웨어적으로 간단하고 구현이 쉬운 알고

리즘을 채택하는 것이 바람직하며 통신 제한 시간이 짧은 경우에는 시뮬레이션 결과에 미루어 볼 때 지연 송신 방식에 의한 랜덤 지연 계수법이 통신 성공률 측면에서 가장 우수함을 알 수 있다. 다만 앞서 언급하였듯이 지연 송신 방식의 랜덤 지연 계수법의 경우 통신 제한 시간이 짧을수록 교통량과 최대 계수값의 변화에 따른 성능의 정도에 변이가 생기는 수가 많으므로 적용하기 전에 충분한 시뮬레이션 과정을 거쳐야 한다.

V. 제안 알고리즘의 성능 분석

표 1에 나타난 최적 파라미터 값을 앞에서 제안된 동적 중재 알고리즘에 적용할 수 있으며 시뮬레이션 결과로부터 동적 중재 방법을 사용하였을 때와 그렇지 않고 고정 파라미터 값을 사용하였을 경우의 성능 비교가 가능하다.

표 2. 제안된 중재 알고리즘과 정적 중재 방법의 통신 신뢰도 비교 (a)지연 송신 방식 랜덤 지연 계수법 사용시 (b)즉시 송신 방식 랜덤 지연 계수법 사용시 (c)퍼시스트 기법 사용시

Table 2. Comparison of the communication reliability of suggested algorithm with that of static methods (a) Random delay counter method (delayed transmission) (b) Random delay counter method(immediate transmission) (c) Persist mechanism.

(a)

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%

(b)

차량 도착율	통신 실패율 ()안은 최대 계수값		개선도
	정적 방법	동적 방법	
0.02	0(7)	0(3)	-
0.04	1.00E-4(7)	1.00E-4(4)	0%
0.06	5.66E-4(7)	4.34E-4(5)	23%
0.08	2.10E-3(7)	2.10E-3(7)	0%
0.10	4.85E-3(7)	4.85E-3(7)	0%
0.12	1.02E-2(7)	1.02E-2(7)	0%
0.14	3.63E-2(7)	2.59E-2(8)	39%
0.16	5.41E-2(7)	5.26E-2(10)	28%
0.18	1.19E-1(7)	8.06E-2(10)	32%
0.20	1.68E-1(7)	1.16E-1(14)	31%

(c)

차량 도착율	통신 실패율 ()안은 퍼시스트 값		개선도
	정적 방법	동적 방법	
0.02	9.80E-5(400)	0(500)	∞
0.04	5.43E-4(400)	4.94E-4(500)	9.0%
0.06	1.65E-3(400)	1.65E-3(400)	0%
0.08	5.37E-3(400)	5.37E-3(400)	0%
0.10	1.84E-2(400)	1.32E-2(300)	28%
0.12	4.63E-2(400)	2.63E-2(300)	43%
0.14	9.37E-2(400)	5.08E-2(300)	46%
0.16	1.82E-1(400)	8.34E-2(200)	54%
0.18	2.99E-1(400)	1.16E-1(200)	61%
0.20	4.44E-1(400)	1.63E-1(200)	63%

표 2에 동적 중재 알고리즘을 사용하여 적정 파라미터 값을 선택하는 경우 고정 파라미터 값을 사용하는 것에 비해 통신 성공률에서 향상되는 정도를 차량 도착율에 따라 나타내었다. 고정 파라미터 값으로는 표 2(a),(b)의 랜덤 지연 계수법의 경우 최대 계수값 7, 표 2(c)의 퍼시스트 기법의 경우 퍼시스트 값 400을 예로 들었다. 이 값들은 교통량의 변화에 대하여 전반적으로 양호한 통신 성공률을 나타내어 정적 중재 방법에서의 최적 파라미터라 할 수 있다. 표에 나타난 바와 같이 고정된 파라미터 값을 사용하는 정적 중재 알고리즘에 비해 동적 알고리즘을 사용할 경우 차량 도착율에 따라 통신 성공률이 개선됨을 알 수 있다.

그러나 표 2(b)의 경우 차량 도착율이 0.08 이상, 표 2(c)의 경우 차량 도착율이 0.06 이상일 경우에는 시뮬레이션시 사용한 통신 환경 변수 범위에서 통신 실패율이 1E-3을 초과하여 실제의 경우 사용 가치가 떨어지며 이 정도의 교통량에서는 지연 송신 방식의 랜덤 지연 계수법을 이용하여야 한다. 만약, 통신 가능 시간에 여유가 확보된 경우에는 즉시 송신 방식의 랜덤 지연 계수법이나 퍼시스트 기법에 의한 중재 방법에도 제안된 알고리즘의 적용이 가능하다. 표 2에서 관찰할 수 있듯이 제안된 알고리즘을 기존의 세 중재 방법에 적용시 중재의 필요성이 가장 절실한 0.1/타입 슬롯 즉, 25/초 이상의 높은 도착율에서 통신 성공률의 개선도가 높아짐을 알 수 있다. 표 3은 0.1/타입 슬롯 이상 0.2/타입 슬롯 이하의 도착율에서 본 알고리즘에 의한 통신 성공률의 특정 교통량에서 기대되는 평균 개선도를 나타낸 것이다.

표 3. 고도착율에 제안된 알고리즘 적용시 기대 가능한 통신 성공률에서의 평균 개선도

Table 3. Average enhancement rate using suggested algorithm at high arrival rate.

알고리즘 적용 대상 중재 방법	평균 개선도
지연 송신 방식 랜덤 지연 계수법	44%
즉시 송신 방식 랜덤 지연 계수법	22%
퍼시스트 방법	49%

VI. 결 론

본 논문에서는 교통 정보 수집, 자동 요금 징수 시스템 등에 응용되는 차량-노출 제어기간 통신 시스템에서의 차량의 중재를 위해 기존에 소개된 방법들에 대한 분석을 바탕으로 그 개선 방법을 제안하였으며 그 방법으로써 교통량에 따라 해당 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 알고리즘 및 파라미터 값의 변화에 거의 상관없이 통신 성공률이 매우 높았으나 교통량이 많아짐에 따라 파라미터

값의 선택이 전체 알고리즘의 성능에 큰 영향을 준다는 것을 확인하였으며 하드웨어로의 구현을 고려하지 않을 경우 전체적으로 지연 송신에 방식에 의한 랜덤 지연 계수 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보임을 확인하였다. 또 추출된 최적 파라미터를 제안된 동적 알고리즘에 적용한 결과 차량 도착율이 25대/초 이상으로 높을 때 중재 방법별로 통신 성공률 면에서 44%, 22%, 49%의 향상이 있었다. 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 유지할 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 유닛간 통신으로 구성되는 다양한 시스템에 응용이 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] 김용득, 서재홍, "무선인식기법을 사용한 구간별교통정보수집장치 구현", 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집 제20권 제2호, pp.699-702, 1997.11
- [2] Carl-Herbert Rokitansky, "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 Com-
 munication System in RACS Project and

Its Performance Evaluation”, Control,
 Computers, Communications in Trans-
 portation, pp.19-26, 1990.12.

저 자 소 개



張明德(正會員)

1975년 7월 7일생. 1998년 2월 아주
 대학교 전자공학부(학사). 1998년 3
 월 ~ 현재 아주대학교 대학원 전자
 공학과(석사과정). 주 관심 분야는
 교통시스템, 영상신호처리, 운영 체
 제, 정보통신망, 인터넷, 멀티미디어,

디지털 방송 등

金容得(正會員) 第 35券 C編 第 5號 參照



兪世根(正會員)

1969년 9월 15일생. 1992년 2월 연
 세대학교 전자공학과(학사). 1994년
 2월 서울시립대학교 대학원 전자공
 학과(석사). 1998년 2월 서울시립대
 학교 대학원 전자공학과(박사 수료).

1996년 8월 ~ 현재 상명대학교 정
 보통신학부 시간강사. 1999년 1월 ~ 현재 상명대학교
 인공지능기술연구소 선임연구원, 서울시립대학교 전자공
 학과 제어 및 신호처리 연구실. 주 관심 분야는 디지털
 신호처리, 영상신호처리, 생체신호처리, 디지털 워터마킹,
 인공지능, 교통시스템 등