

논문 2008-6-18

인터넷 기반 교차로시스템 제어에 관한 연구

A Study on the Internet based Traffic Intersection control

진현수*

Hyun-Soo Jin*

요 약 교차로 교통시스템은 도로상에 깔린 루프검지기를 통해서 통과차량과 지체차량의 수를 누적하여 차량 통행 주기를 결정하는 웹스터방정식의 방법을 따른다. 그러나 웹스터방정식은 현장 교차로상의 통데이터를 주로 사용하는 방법이라 할 수 있으므로 이웃 교차로의 교통상황을 데이터로 받아서 교차로 연동제어를 할 수 없는 문제점을 갖고 있다. 따라서 교차로 원격지 제어를 시행 할경우에 마땅한 제어 방법이 없고, 있어도 지역네트워크 단위인 고비용 시스템을 사용하여야 하므로 경제성이 없다. 따라서 인터넷을 사용하여 이웃및 먼거리에서 떨어져 있는 교차로의 교통 상황을 참조하여 교차로 교통제어를 할 경우에는 저비용의 전문성 있는 교차로 교통제어를 할수 있다.

Abstract Traffic intersection control is implemented by the data which is acquired to vehicle loop detector. Traffic intersection control equation is Webster equation, which use passing and delayed vehicle number. But Webster equation is applied to the spot traffic intersection, it is not used to related traffic intersection network system. There is not the appropriate remote traffic intersection control, even if there is, it is high cost local network system. Therefore low cost and expert traffic intersection control is realized by internet referencing next and distant intersection traffic information.

Key Words : Traffic network system control, Internet, Loop detector, Remote control

1. 서 론

교차로 교통 시스템제어는' 교차로 상황에서 통과차량, 지체차량의 수를 검지하여 차량의 주기를 계산하는 시스템제어이다. 시스템제어를 할 경우는 단일교차로에서 제어를 하는경우도 있지만 교차로의 특성상 이웃교차로와의 연동 시스템을 시행하는 경우가 교차로 교통제어의 원활한 제어를 할수 있는 경우가 되므로 연동 시스템을 어떻게 시행하는가가 교차로 차량시스템 제어의 근본이라 할 수 있다. 본 논문에서는 원격제어 시스템을 인터넷시스템을 이용해 원격지에서 루프디텍터가 인터넷을 통해 교통제어시스템을 제어할 수 있다. 인터넷 원격제어시스템은 크게 서버 시스템, 클라이언트 시스템 그

리고 교통제어시스템으로 구성된다. 서버 시스템에서는 클라이언트 시스템을 통하여 교통시스템에 명령을 하달한다. 클라이언트 시스템은 서버 시스템으로부터 받은 명령을 가지고 교통시스템을 제어하고, 이를 다시 교통제어 시스템의 루프디텍터의 교통 차량 제어 상황을 모니터링 한다. 차량수를 모니터링 하였으면 그 차량수를 가지고 현시순서와 주기시간을 측정하는 웹스터 방정식을 사용, 사거리 차량제어를 실시한다 [1]. 사거리 차량제어는 이웃교차로와의 통신문제로 단일 교차로 통신 시스템 체계로 구현되고 있으나 거리가 한정되는 단점이 있어인터넷을 사용하면 이와 같은 문제를 해결할수 있게 되므로 교차로 네트워크시스템 제어를 실시하는데 잇점을 가지고 있다. 본 논문에서는 서버와 클라이언트 시스템을 연결해주는 네트워크 프로그램으로 윈도우프로그램 언어인 MFC(Microsoft Foundation Class)를 사용하

*정회원, 백석대학교 정보통신학부
접수일자 2008.10.15, 수정완료 2008.11.29

여 윈 소켓 (win socket)을 구현하였다.

II. 관련 연구

1. 주기 결정식

사지 교차로에서 현시순서를 결정하고 주기식을 결정하는 방식은 웹스터 방정식이라 할수 있다. 이식은 통과 차량수와 지체 차량수를 가지고 현재 현시순서의 주기량을 계산하는 방법으로 아래식과 같다 [2] .

$$T = \frac{\sum_{i=1}^k y_i - \sum_{i=1}^k y_k}{y_n} \quad (1)$$

T : 주기시간

y_i : 통과 차량수

y_k : 지체 차량수

y_n : 출발 선두차량수

윗식과 같이 정지선에서 출발하고 있는 통과차량수에 서 좌회전 차량으로 돌아서려는 지체 차량수를 뺀 값으로 출발 선두 차량으로 나눈 값이라 할수 있다. 이와 같이 단일 차선에서는 이웃교차로를 관련시키는 아무런 값도 갖고 있지않기 때문에 연동제어를 할 수 없는 상태이므로 이웃교차로의 상태를 인터넷으로 참조하는 연동 시스템을 관련시켜주면 다음식과 같을수 있다

$$T = \frac{\sum_{i=1}^k y_i - \sum_{i=1}^k y_k}{y_n} + y_m \quad (2)$$

y_m : 이웃교차로 지체차량수

즉 웹스터식에서 이웃교차로의 지체차량수를 더하여 줌으로서 교통주기를 다음 교차로의 차량통과 시간까지 고려하여 주어야 한다는 것이다 [3] .

2. 윈 소켓

통신 프로토콜에는 여러 종류가 있는데, 인터넷은 전송제어/인터넷 프로토콜 (TCP/IP:Transmission Control Protocol/Internet Protocol)을 사용한다. TCP/IP 프로토콜을 이용하는 네트워크 프로그램을 개발하기 위한 인터페이스를 소켓이라고 한다.

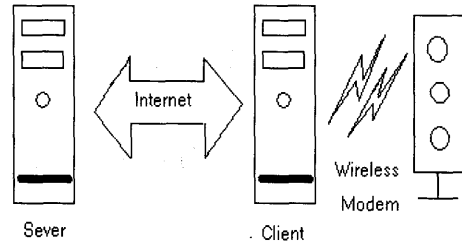


그림 1. 원격교통제어 시스템 구성도

Fig 1. Structure of remote traffic control system

네트워크 접속은 클라이언트 시스템에서 서버 시스템으로 접속을 요청하면 접속요청을 받아들임으로써 접속이 이루어진다. 클라이언트의 접속요청 시기는 루프 디텍터에서 차량감지가 이루어지면 접속요청이 이루어지게 된다. 루프디텍터의 차량 감지 신호는 그림 2와 같이 소형, 중형, 대형의 차량 감지모양이 다르게 체크된다 [4] .

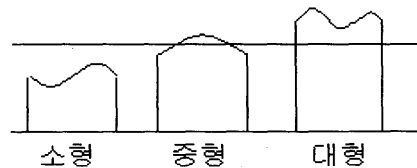


그림 2. 루프디텍터 차량 감지 신호

Fig 2. Vehicle detector signal of loop detector

클라이언트에서는 소형 중형 대형 차량의 감지 신호 전압레벨을 체크하여 신호주기마다 차량의 숫자를 파악하여 차량 주기 생성프로그램을 통하여 주기를 체크한후 교통시스템에 무선 모뎀을 통하여 교통시스템에 전달하게 된다. 클라이언트 시스템이 서버 시스템에 접속하려면 IP주소와 포트번호를 명시해 주어야 한다. 인터넷을 사용하는 컴퓨터는 고유의 IP주소를 가지고 있고 IP주소를 이용하여 네트워크에 접속을 한다. 하나의 컴퓨터에서 여러 개의 인터넷 애플리케이션 프로그램이 수행될 수 있으므로, 특정 프로그램에 데이터를 전송하기 위해서 포트번호를 사용하여 특정 프로그램을 지정하여 데이터를 전송한다. 표1.1은 본 논문에서 사용된 IP주소와 포트번호를 보여준다.

표 1. IP주소와 포트번호

Table 1. IP address and port number

시스템	IP주소
서버시스템	205.256.72.84
클라이언트시스템	205.256.72.84

포트번호	사용용도
0~2048	상용화된 인터넷 애플리케이션에서 사용
8000	서버, 클라이언트 프로그램

클라이언트가 서버에 데이터를 주고받기 위해서는 3개의 소켓이 필요하다. 서버와 클라이언트가 데이터를 주고받기 위한 소켓 2개와, 서버가 클라이언트의 접속요청을 받기위한 소켓이 별도로 필요하다

III. 서버의 구성

본 논문에서 서버 시스템은 크게 두 부분으로 구성된다. 접속요청을 받고 교통제어 시스템에 주기표시시간을 나타내고 현시의 표시를 나타내는 작업이 필요하다. 또한 클라이언트 시스템으로부터 전송되어온 데이터를 사용하여 루프디텍터의 자동차의 종류별, 차량수별을 모니터링하는 것이다 [5]. 서버 시스템은 접속요청이 들어오면 클라이언트 시스템으로 교통표시장치의 각 램프의 현시별 표시등제어와 주기별 시간을 전송한다. 또한 클라이언트 시스템으로부터 전송되어온 루프디텍터의 데이터 차량수와 현재 차량의 종류와 차량의 지체 정도의 정보를 사용하여 제어 프로그램 차량수와 차량의 종류, 지체 차량수를 알려준다

그림 3은 서버 시스템이 담당하는 작업에 대하여 보여준다. 또한 서버 시스템에는 교통상황을 모니터링하고, 응급 상황 발생시 교통경찰이 교통제어시스템을 정지하고 직접 제어작용을 하는 응급조치 장비를 만들었다.

그림 4는 인터넷 접속의 메인 화면을 보여준다. 현시 시간은 클라이언트에서 접속 요청을 받고 명령을 전송하는 일과 데이터를 받아서 각각의 데이터를 보는 일을 담당하고, 4주기 시간은 교통시스템의 자동차의 통과 차량수내지 지체차량수 구분 및 차량수 대소를 판단하여 모니터링하게 된다.

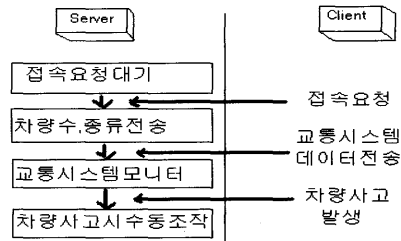


그림 3. 서버시스템 담당 작업
Fig 3. Server system working role

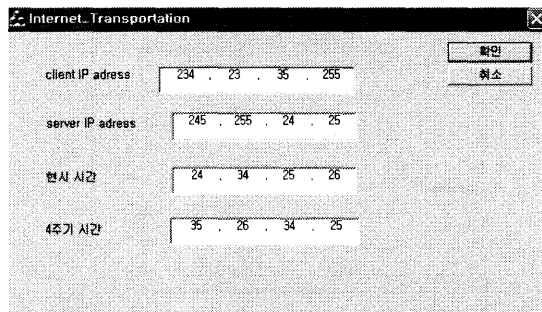


그림 4. 인터넷 접속 메인 화면
Fig 4. Internet connecting main display

IV. 클라이언트의 구성

클라이언트 시스템은 크게 두 부분으로 구성된다. 첫 번째는 서버 시스템에 이동차량의 데이터를 전송하는 부분이고, 두 번째는 교통시스템을 제어하는 부분이다. 클라이언트 시스템은 전장에서 설명한 교통제어 알고리즘을 사용하여 교통시스템을 실제로 제어하는 일을 담당한다 [6]. 서버 시스템으로 루프디텍터의 데이터를 전송하기 위해 클라이언트 시스템은 루프디텍터, 초음파센서를 이용해서 구한 자동차의 위치 데이터, 통과 차량수의 데이터, 루프디텍터를 2개사용해서 구한 속도 데이터를 가지고 데이터 패킷 (data packet)으로 만든다. 그림 5는 데이터 패킷의 구성을 그림 6은 클라이언트 시스템이 담당하는 작업에 대하여 보여준다. 클라이언트 시스템은 2개의 내부 타이머를 사용한다. 첫번째 타이머는 40msec마다 한번씩 루프디텍터로부터 데이터를 획득하고, 서버 시스템으로 데이터를 전송하는 일하고, 두 번째 타이머는 60msec마다 통과차량수, 지체 차량수, 현재 구기의 길이등을 계산하여 교통시스템의

4 주기 현시의 순서, 주기 시간의 길이, 현시의 길이등을 계산하는 일을 담당한다.

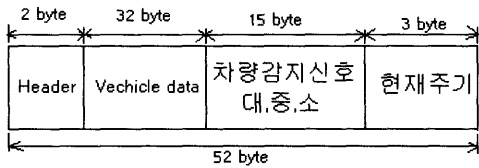


그림 5. 데이터 패킷 구성도
Fig 5. Structure of data packet

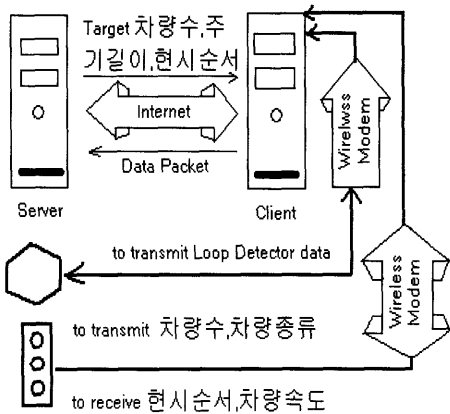


그림 6. 전체시스템 구성도
Fig 6. All System Structure

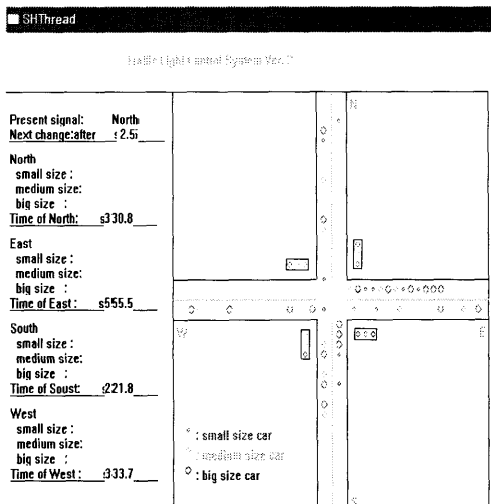


그림 7. 4거리 자동차제어 현황
Fig 7. Enviroment of 4 way intersection vehicle control system

V. 실험

본 장에서는 웹스터식, 지체차량 누적시간산출식, 현시 순서결정알고리즘을 사용하여 실제 교통제어시스템이 주어진 교통상황에서 차량을 안전하게 유도하는 실험을 수행하였다. 교통제어 시스템에 필요한 구성은 다음과 같다.

윈도우즈 XP 운영체제를 탑재한 서버와 클라이언트 컴퓨터 2 대에는 비주얼 C++를 사용하여 교통제어 프로그램과 네트워크 프로그램을 구현하였다. 실험에 사용한 센서로는 원형 루프디텍터 2 개와 속도감지용 다이얼몬드 루프디텍터 2 개를 사용하였다. 실험에 사용된 교통제어 시스템은 감지용 신호 모듈의 콘트롤러를 가지고 있고 제어용 알고리즘 구동모듈을 가지고 있다. 그림 6 은 전체 시스템 구성도를 보여준다.

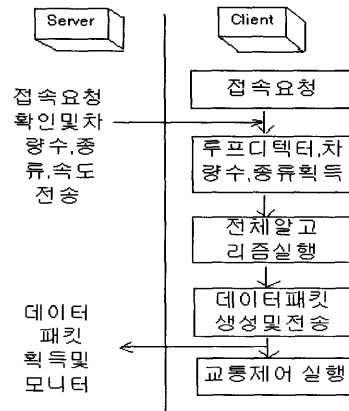


그림 8. 클라이언트 시스템담당작업
Fig 8. Client System working role

1. 교차로 실험

본장에서는 교통시스템의 주기 및 현시 산출 근거인 자동차의 차량수와 종류별 형태를 주고 차량을 제어하는 사거리 제어현상을 그림 7 에 나타내었다. 그림에서 지체시간 계산은 모의실험으로 차량의 대수를 난수로 발생하여 $\sum_{i=1}^n (q_i + d)s$ 로서 계산을 하는데 q_i 차량의 유무 상태, d 는 현재까지의 지체차량수, s 는 차량의 지체차량시간으로 계산되어질수 있다. q_i 는 차량이 있을 경우 1, 없을 경우 0를 나타낸다. s 는 소형차량일 경우 1 초, 중대형차량일 경우 1.5초를 나타낸다.

2. 실험과정

제한된 알고리즘의 실용성을 보이기 위해 교통제어시스템의 차량통과 실험을 하였다.

그림 9에서와 같이 안산로타리 실외환경에서 기존의 루프디텍터를 사용하여 인터넷으로 교통하는 실험을 실시하였다. 실험시 사용한 루프디텍터의 설정치는 표 6과 같다.

표 6. 실험에 사용된 루프검지기 설정치
Table 6. Loop detector setup value of vehicle experiment

최대이동 속도	5~10[m/sec]
초음파센서 거리 측정범위	10[m]~15[m]
센서 데이터 획득주기	40[msec]
전체알고리즘 계산주기	60[msec]

그림 7은 4거리상황을 그림으로 나타낸 결과이다

4지 현시 순서는 우방향 좌회전 신호를 먼저 시행하고 좌방향 좌회전 신호를 두 번째로 시행하였다. 우회전 신호는 신호를 받지않고 실험을 하였다.



그림 9. 안산로타리 야외실험
Fig 9. Ansan intersection field experiment

3. 실험결과

전장에서 그림 9와 같은 로타리에서 실험한데이터를 수집하여 그림 7과 같은 모의실험 결과 데이터를 응용하였다. 네 분류의 실험은 단일교차로의 지체차량이고 두번째는 이웃교차로의 데이터를 인터넷으로 수집한 지

체차량의 시간을 계산하는 것이고 세 번째는 일반 연동 교차로이고 마지막은 웹스터식적용 교차로를 나타내는 데 시간이 갈수록 즉 현시단계가 올라 갈 수록 인터넷을 이용한 지체시간이 누적 차량의 시간수에서 차차 줄어듬을 알수 있다.

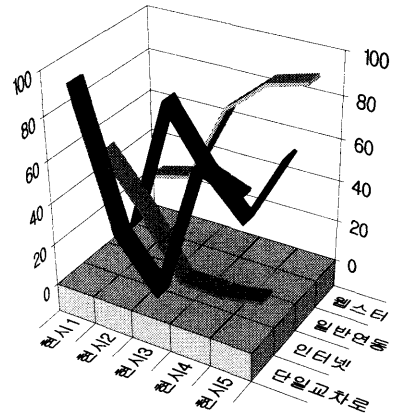


그림 10. 교차로별 누적지체시간 비교
Fig 10. Compare of delayed vehicle time of each intersection

VI. 결론

교통상황시스템은 사람의 조작없이 불확실한 환경에서 차량의 소통을 스스로 인식하고 제어하면서 제어목표인 차량원활소통까지 도달할 수 있어야 한다. 이러한 지역교통제어시스템에 대한 많은 연구들이 수행되어왔다. 본 논문은 웹스터식에 의한 방법을 기본으로하여 교통제어알고리즘을 설계하였고 인터넷 연결 교차로사용을 위하여 인터넷활성창 1개와 웹스터속도제어기를 사용한 주행 알고리즘에 관한 연구 내용을 제시하였다. 또한 원격제어시스템을 구성하여 원격지에서도 교통제어시스템을 제어할 수 있도록 설계하였다.

기존의 웹스터속도제어 방법은 미지의 교차로환경에 놓인 차량이 루프검지기가 획득한 차량정보를 이용하여 주어진 목표점까지 안정된 차량 통행을 기본으로 하나 본 논문에서 제안한 방법은 활성창을 사용하여 루프센서의 가장 중요한 단점인 거리값 측정오류 및 판단오류를

보완하고 좁은교차로 공간에서도 차량이 주행가능하도록 하였다. 또한 웹스터속도제어 방법에서 사용된 이동속도 제어방법은 선두차량밀도값과 출력진행방향을 사용하여 계산하므로 최대이동속도에 따라서 이동속도 제어가 정밀하지않는 단점이 있다. 이를 보완하여 이동차량의 주행실험에서 보였듯이 이동속도를 제어하며 장애물을 회피하고 목표점까지 안전하게 도달함으로써 본 논문에서 제시한 알고리즘이 이동차량에 실제 적용이 가능함을 보였다.

추후과제로는 이동 차량의 좌회전 시 회전속도에 영향을 받아 초음파센서 측정값의 오류가 발생하므로 정확한 환경정보를 얻는 동시에 최대이동속도를 높여주기 위해 초음파센서의 단점을 개선하는 방법이 필요하겠고, 주행차로의 타방향 목표차량과 같은 장애물은 초음파센서가 잘 인식하지 못하므로 이를 보완하는 연구도 필요하다. 또한 인터넷을 통한 이동차량교통제어를 위한 여러 기능들을 추가하여 교차로 블록의 연동화를 시행하는 것이 필요하겠다

참 고 문 헌

[1] 도철웅, 교통공학원론, 청문가, p448-598

[2] 진현수, 외“퍼지이론을 이용한 도시교통신호 등의 제어에 관한 연구” 대한전자공학회 제어계측 연구회 합동학술발표회 논문집, pp93-96,1991

[3] 진현수, 외“퍼지로직을 이용한 교통신호등의 최적주기및 현시제어” 대한전자공학회, 대한전기학회, 한국 통신 학회, 인공지능, 신경망및 퍼지시스템 종합합동 학술회의 논문집, 1991

[4] Borestein, J and Feng. L, "A New Method for Combinining Data from Gyro and Odometry in Mobile Robots," IEEE Conference on Robotics and Automation, wp6.pp63-68,1996

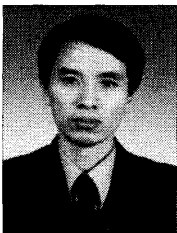
[5] Dirk Schulz, Wolfram Burgard, Dieter Fox, Sebastian Thrun, Armin B. Cremers, "Web Interfaces for Mobile Robots in Public Places", IEEE Robotics and Automation Magazine, pp48-56, 2000

[6] 김종환, 한국현, 김용재, 김신, 박귀홍, 이강희, 정준수, 김용덕, "인터넷 기반 퍼스널로봇", pp39-68

[7] 진현수, 이상훈, 송진호, 김성환, "AHP를 이용한 퍼지교통신호기 설계", 한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제 1 0 권 1 호, pp79-83, 2000.4

저자 소개

진 현 수(정회원)



- 1986년 서울시립대학교 전자과 학사 졸업.
- 1991년 서울시립대학교 전자과 석사 졸업.
- 2001년 서울시립대학교 전자과 박사 학위
- 2008년 현재 백석대학교 정보통신학

부 교수.

<주관심분야 : 인터넷, 인공지능, 웹메니지먼트>