

디지털 교통신호제어기 통신체계 개발

Development of a Communication Protocol for a Digital Traffic Signal Controller

김민성*	고광용**	이철기***	정준하****	허낙원*****
(Min-Sung Kim)	(Kwang-Yong Ko)	(Choul-Ki Lee)	(Jun-Ha Jeong)	(Nak-Won Heo)

요약

지금 사용되는 제어기의 제어방식은 220V 고전압을 일대 일로 직접 신호등에 전달하는 스위치방식이다. 이 방식은 감전위험, 누설전류, 보행공간 침해, 미관 저하 등 많은 단점이 있다. 이에 따라 교통신호기의 제어방식이 디지털로 전환되는 노력이 이루어지고 있으며, 신호등과 신호기와의 디지털 통신 체계가 그 핵심으로 부상하고 있다.

본 논문은 이러한 디지털방식의 신호제어를 위해 필요한 통신체계를 개발하고자 하였다. 이를 위해 먼저 신호등을 포함한 다양한 신호기 주변장치와 특별한 메시지에 대하여 CAN 식별자(ID)를 할당하였다. 또한 이 할당된 식별자(ID)기반으로 신호등에 대한 제어정보를 전달하고 제어상태 피드백을 수집하는 CAN 기반 신호제어 프로토콜을 구성하였다. 이 통신체계의 검증을 위해 소프트웨어 모의실험시스템을 제작하여 신호제어에 활용 가능성을 검증하였다.

핵심어 : 디지털 신호제어기, 통신체계, SAN, 모의실험 시스템, 검증

Abstract

Most of the current traffic signal controller use load switches to transmit high voltage power to the signal lamps. The direct transmission of high voltage power may cause a lot of problems like leakages of electric power, obstructions of pedestrian, environmental disfigurements. To overcome these problems, the development of digital type signal controller has been trying in the various methods. Digital communication between a master controller and signal lamps is the most important part to improve control performance in the digital type controller.

A communication system for the digital signal controller was developed in this study. The system bases on CAN specification, includes ID structure for most peripheral devices like loops, signal lamps, push buttons, police switches. The operability of this system verified with a software based CAN simulation tool.

Key words : Digital Traffic Signal Controller, Communication Protocol, SAN(Signal Are Network), Emulator, Verification

† 본 논문은 도로교통공단 기본과제 “디지털 신호제어기 개발을 위한 통신체계 개발”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

* 주저자 : 도로교통공단 교통공학연구실 연구원

** 공저자 및 교신저자 : 도로교통공단 교통공학연구실 선임연구원

*** 공저자 : 아주대학교 건설교통학부 교수

**** 공저자 : 도로교통공단 교통공학연구실 실장

***** 공저자 : 도로교통공단 교통공학연구실 연구원

† 논문접수일 : 2013년 1월 31일

† 논문심사일 : 2013년 5월 29일

† 게재확정일 : 2013년 5월 29일

I. 서론

현재 대부분의 신호교차로에 설치된 신호기 내부는 신호등등과 일대일로 연결된 케이블 뭉치로 인해 전류 누설에 의한 화재가능성과 높은 신호선 관리 및 보수비용을 초래한다. 만약 모든 신호등이 하나의 저전압 케이블을 공통으로 사용하는 디지털 제어 방식으로 전환된다면 설치비와 관리비용을 절감할 수 있다. 또한 신호등 표시를 위해 저전압 전원을 공급함으로써 감전사고 위험을 방지할 수 있으며, 전력 누설 예방과 보행 공간 개선, 미관 개선 등 다양한 장점이 있다.

본 연구에서는 단일 케이블 형태의 디지털 신호제어기를 구현하기 위한 통신체계 개발을 수행하였다. 이를 위해 현재 실용화된 다양한 통신방식의 기술 특성을 파악하고, 교통신호제어에 대한 적합성을 검토하여 통신방식을 선정하였다. 그리고 디지털 신호제어기 통신에 적합한 응용프로토콜을 구현하기 위한 통신 요소를 정의하여 디지털 신호제어용 통신체계로 개발하였다. 개발된 통신체계의 검증을 위해 소프트웨어 모의실험시스템을 제작하여 교통신호등 제어에 활용 가능함을 검증하였다.

II. 기존문헌조사

현재 교통신호제어기 내부는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 장치 간 일대일로 연결된 케이블 뭉치로 인해 전류누설, 감전사고위험이 있고, 과도한 토목굴착 작업으로 인한 유지관리 및 설치비용 발생한다. 또한, 교통신호제어기가 큰 합체를 이루어져 있어, 도시미관과 보행권익을 저해한다.



<그림 1> 교통신호제어기의 운영상태
<Fig. 1> Operating status of the traffic signal controller

서울시는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 <그림 2>에서 보는 바와 같이 교통신호제어기의 합체를 소형화하여 신호등 지주에 부착하는 방식을 도입한 바 있다. 이 방안은 설치가 간편하고 제조원가 및 시공비가 대당 약 390만 원 가량이 줄어 시내 약 3,466대 모드를 교체할 경우 약 135억 원의 예산을 절감할 수 있는 장점이 있는 것으로 검토되었다. 그러나 합체의 크기만 소형화 되었을 뿐, 여전히 일대일 케이블 연결로 인한 전류누설 및 감전사고의 위험이 존재하고, 발열로 인한 문제로 인해 시범설치 후 더 이상 사용되지 않고 있다[1].



<그림 2> 서울시 소형신호제어기 설치 모습
<Fig. 2> Operating status of the traffic signal controller

다른 대안으로는 무선통신(Wireless)을 이용한 교통신호제어시스템이 있다. 이는 무선통신기기를 이용하여 교통신호를 제어하는 것으로써 장차 간 통신을 위해 설치되는 배선이 따로 필요 없어, 비용적인 측면뿐만 아니라 신호제어기의 크기가 획기적으로 작아져 눈에 띄지 않게 설치가 가능하다. 그러나 본 방식의 경우에는 신호 감쇄, 통신 불안정 등의 단점이 발생한다. 신호교차로의 경우에는 일시적인 통신 불안정으로 인해 인명사고 및 대형사고가 발생할 위험요소가 크므로 신호교차로의 무선통신시스템으로 적용하기에는 어려움이 있다[2].

현재까지는 단일 케이블 형태의 디지털 제어방식의 교통신호제어기에 대한 연구문헌 및 개발된 사례는 찾아볼 수 없으나, 이와 유사한 통신기술사례로 LED 이중 사용, CAN(Controller Area Network), 전력선 통신(PLC) 등이 있다.

LED(Light Emitting Diode) 이중 사용은 LED신호등에 의해 방출되는 가시광선에 데이터를 변조하여

전송하는 것으로, 이 기술은 데이터 전송의 질을 높이기 위해서 송신부와 수신부가 직선으로 연결되어야 하고 기상에 민감하며 전문적인 설치기술이 필요한 어려움이 있다[3].

전력선 통신(PLC: Power Line Communication)은 전원공급과 데이터 전송이 동시에 가능한 통신방식이다.

이 방식은 별도의 통신 선로가 불필요하여 설치가 매우 용이하다는 장점을 가진다. 그러나 제한된 전송전력과 높은 부하에 따른 잡음이 심해 안정적인 통신이 어려운 단점이 있다[4].

<표 1> PLC 장점 및 단점
<Table 1> PLC Advantages and Disadvantages

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> - No separate communication lines - Installation easy - Easily accessible outlet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limited transmission power - Noise interference and high load - Absence of a standardized

최근에는 제어용 통신망으로서 CAN(Controller Area Network)기술이 대두되고 있다. CAN은 차량내 네트워크나 공장자동화와 같은 실시간 분산제어를 필요로 하는 제어용 통신기술로서 현재 가장 널리 사용되고 있다.

실시간 디지털 교통신호제어기는 신호등과 각종 검지장치, 감응형 보행버튼, 수동스위치, 점멸출력장치, 무선 차량식별정보의 처리 등 다양한 실시간 분산제어가 요구되는 분야로서 CAN의 실시간 분산 제어 특성을 잘 발휘할 수 있는 분야이다. 그러나 CAN의 기술적 특징인 강력한 우선순위 제어개념에 의해 연속적인 메시지 전송 수요가 발생할 경우 우선순위가 낮은 메시지가 전혀 전송기회를 잡을 수 없는 한계가 있어 교통신호기에 적용하기에 다소 어려운 점이 있었다.

백경훈(2006) 등은 ID를 동적으로 변화시킴에 따라 우선순위가 낮은 메시지에게도 일정한 전송기회를 부여하여 전체 네트워크 전송지연을 실시간 요구조건에 부합하도록 하는 방법을 제안하여 실시간 신호제어기에 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다[5].

III. 디지털 신호제어기 통신방식 선정

국내에서 사용되는 실시간 디지털 신호제어기 통신방식의 요구조건은 안정적인 통신, 장거리 통신, 단일모듈 구성, 저비용 설치 및 유지, 많은 양의 정보전달, 모순검지, 오류검지 등을 충족시켜야만 한다. 디지털 신호제어기 통신방식의 요구조건을 자세히 살펴보면 첫째, 신호제어기는 교차로의 상층을 제어하는 역할이 크므로, 언제 어디서든 안정적인 통신이 가능해야 한다. 둘째, 연등 설치 구간거리를 고려하면 최대 1km, 최소 500m 이내의 장거리에서 통신이 가능해야 한다. 셋째, 실시간 신호제어기는 신호점화의 기능뿐만 아니라, 실시간 제어를 위해 여러 출력 데이터를 필요로 하며, 이러한 많은 양의 정보가 전달되기 위해서는 빠른 전송속도를 보여야 한다. 넷째, 감전사고 방지 및 시공이 용이하기 위해서는 여러 개의 케이블로 통신하는 것이 아닌 단일 케이블 방식으로 통신이 구현되어야 한다. 마지막으로 설치비용 및 유지관리 비용이 저렴해야 한다.

현재 개발된 통신방식 중에는 RS-232, PLC, RS-485, CAN 등이 있다. 본 연구에서는 디지털 신호제어기의 요구조건에 가장 적합한 통신방식을 선정하기 위해 <표 2>에서 보는 바와 같이 각 통신방식 별로 장단점을 분석하였다.

<표 2> 통신방식별 장점 및 단점
<Table 2> The advantages and disadvantages of communication method

Section	Advantages	Disadvantages
RS-232	- Transmit and receive	<ul style="list-style-type: none"> - Weak noise - Short-distance communication - 1:1 communication only.
PLC	<ul style="list-style-type: none"> - No separate communication lines - Installation easy - Easily accessible outlet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limited transmission power - Noise interference and high load - Absence of a standardized
RS-485	<ul style="list-style-type: none"> - Long-distance communication - Multi-communication 	<ul style="list-style-type: none"> - Impossible to transmit and receive - Specific protocol - High cost
CAN	<ul style="list-style-type: none"> - Excellent price performance - Error detection, handling - Rapid Transmission speed 	<ul style="list-style-type: none"> - Messages delay

본 연구에서는 통식방식별로 분석한 자료를 기반으로 디지털 신호제어기 통신방식의 요구조건에 얼마나 적합한지를 비교분석하였다. 현재 개발되어 운영 중인 LEDS, RS-485, PLC, Wireless, CAN 등의 통신방식에 대해서 적합 유/무를 분석하였으며, 적합 유/무 판단기준은 적합, 보통, 부적합으로 카테고리를 구분하였다. 분석 결과, CAN 통신이 6개의 항목에 모두 적합한 것으로 나타났다.

〈표 3〉 통신방식 적합 유/무 판단
 〈Table 3〉 Analysis of the applicability of the communication methods

Section	LEDs	RS-485	PLC	Wireless	CAN
Stable communication	×	△	×	×	◎
Rapid transmission speed	◎	◎	△	◎	◎
Long-range communication	×	◎	◎	△	◎
single cable	×	◎	◎	◎	◎
cost	◎	×	△	◎	◎
Error detection	×	△	×	◎	◎
Suitability	2	3	2	4	6

(◎ : Suitability, △ : Normal, × : invalid)

CAN 통신의 주요 특징은 극대화된 견고성, 최대 1km까지 가능한 통신거리, 신뢰성, 탁월한 오류처리, 오류제한 기능, 단일모듈 형태, 저비용, 빠른 데이터 전송 속도 등이 있다. 이러한 특징은 실시간 디지털 신호제어기 통신 체계 요구조건에 모두 충족되는 것을 보여준다. 본 연구에서는 CAN(Controller Area Network) 통신방식을 최종 통신 대안으로 결정하였다.

〈표 4〉 CAN 특징
 〈Table 4〉 Controller Area Network Features

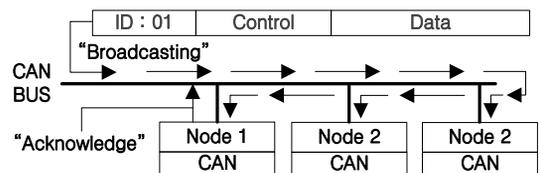
Requirements	CAN Features
Stable communication	Maximize the robustness
Rapid transmission speed	Rapid transmission speed
Long-range communication	Long-range communication
Single cable	Single cable communication
Cost	Low cost
Error detection	Error detection, handling

IV. CAN BUS 통신방식

디지털 신호제어기의 제어방식으로 선정된 CAN 통신은 액추에이터(Actuator)와 같은 비 프로세스형 제어 장치를 위한 통신망으로 개발되었다. 초기 자동차 제조업체들은 일대일 통신 시스템(Point to Point)을 사용하여 차량 내 전자장치들을 연결하였으나, 안전 및 편의를 위한 다양한 기능들이 추가되면서 자동차 내 네트워크를 위한 배선은 기하급수적으로 늘어났고, 이로 인한 공간 부족 및 무게 증가로 인한 제조비용 증가와 운행 상 비효율의 문제점이 나타났다. 이를 해결하기 위해 일대일 통신시스템이 아닌 단일케이블에 다중통신방식인 CAN 통신이 개발되어졌다.

이 통신방식의 주요특징은 모든 노드는 동일한 정보를 전송하거나, 정보를 공유하는 Multi-Master 방식이며, 주소가 아닌 ID를 통해 우선순위를 결정하게 된다[6].

CAN의 동작원리는 <그림 3>에서 보는 바와 같다. 첫째, 각각의 메시지는 ID+Data 형태를 가진다. 둘째, 모든 노드는 CAN BUS가 대기(Idle) 상태일 때 전송이 가능하며, 이때 송신메시지를 CAN BUS에 방송(Broadcasting)하게 된다. 셋째, CAN BUS의 연결된 모든 노드는 송신된 메시지를 공유하여, 자신의 메시지인지를 확인한다. 마지막으로, 자신의 메시지이면 저장 또는 무시하고 저장 후, 응답(Acknowledge) 신호를 생성하여 CAN BUS에 전송한다.

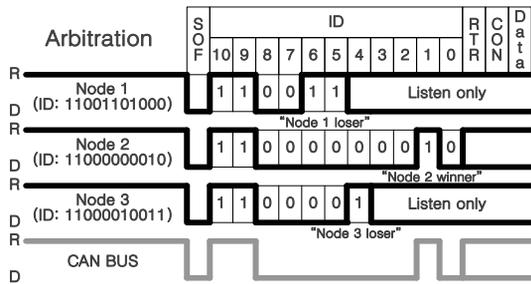


〈그림 3〉 CAN BUS 동작원리
 〈Fig. 3〉 Operation of CAN BUS

CAN의 충돌 중재(Arbitration)는 메시지의 전송이 동시에 일어나는 경우 더 낮은 값의 식별자가 우선권을 가지는 방식으로 메시지 우선순위를 결정하는 일련의 하드웨어적 절차이다. <그림 4>에서 보는 바와 같이 CAN BUS에서 출력이 이루어지게 되면, ID의 비트 6번째에서 노드 1은 R(Recessive, 1값을 의미)를 출력했지만,

나머지 노드는 D(Dominant, 0값을 의미)이므로 노드 1은 자신보다 더 높은 우선순위의 메시지가 버스를 액세스하고 있음을 판단하여 송신을 중단하고 바로 수신모드로 전환한다. 이 후 비트 4번째에서도 역시 노드 3은 R을 출력했는데, 버스의 상태는 D이므로 노드 3은 노드 2가 자신보다 더 높은 우선순위의 메시지가 버스를 액세스하고 있음을 판단하여 바로 수신모드로 전환하게 된다.

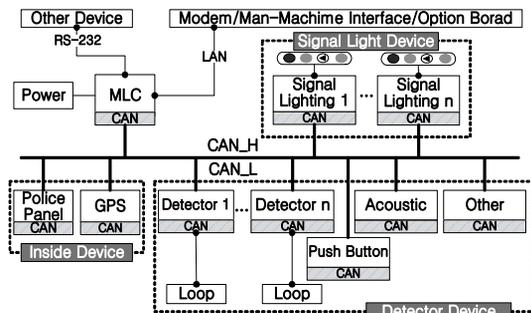
이러한 과정은 하드웨어 논리회로에 의해 매회 비트 발생시점마다 이루어지므로 우선순위를 결정하기 위한 지연시간이 발생하지 않는다.



〈그림 4〉 충돌중재 예시
 〈Fig. 4〉 Examples of Arbitration

V. 디지털 신호제어기 통신체계 개발

본 연구에서는 CAN(Controller Area Network)방식을 디지털 신호제어기 통신체계에 적용시켜 통신체계를 개발하였다. 설계 구성은 크게 신호 등화 디바이스, 내부 디바이스, 검지기 디바이스로 구성되어진다. 하나의 모듈로 장치가 연결된 구조이며, 장치 간 통신이 가능하게 구현하였다.



〈그림 5〉 디지털 신호제어기 통신체계 설계도
 〈Fig. 5〉 Communication System of Digital signal controller

노드별 식별자 체계는 표준(CAN 2.0A)방식으로 11비트를 가진다. <그림 6>에서 보는 바와 같이 "Op-Code"의 동적 식별자 형태로 구성하여 상대적으로 낮은 우선 메시지들의 전송 지연이 증가하는 문제를 보완하였으며, 기존 교통신호제어기 메시지 형태를 그대로 적용할 수 있도록 구현하였다. 가장 우선순위가 높은 식별자는 긴급메시지(OOB Data)가 가장 우선되어지며, 다음 순으로는 신호 등화 제어 메시지, 디바이스 제어 메시지, 신호 등화 상태, 수동제어 등으로 우선순위를 설계하였다.

SOF	10	9	8	7	6	5	ID 04~00	Control	Data(8bytes)	
									Device Function Node	
								1	OP-CODE MSG - OOB Data	MSG
								1 0	OP-CODE MSG - Signal Control Data	
								1 1	OP-CODE MSG - Device Control Data	
								1 X X	OP-CODE MSG - Reserved Data	MLC
								1 0 0 0	OP-CODE MLC - Master Local Controller	
								1 0 0 1	OP-CODE P.P - Police Panel	
								1 X X X	OP-CODE GPS	SLC
								1	LSU INDEX CH INDEX of Wiring SLC - Signal Lighting Controller	
								1 0 0 0 1	Loop Channel Index Loop - CAN ID Communication	
								1 0 0 1 0	DIR INDEX PED - PUSH BUTTON	ETC
								1 X X X X	SUB INDEX ETC - Miscellaneous External Devices	

〈그림 6〉 디지털 신호제어기 통신방식의 식별자 체계
 〈Fig. 6〉 System Identifier of the digital signal controller communication

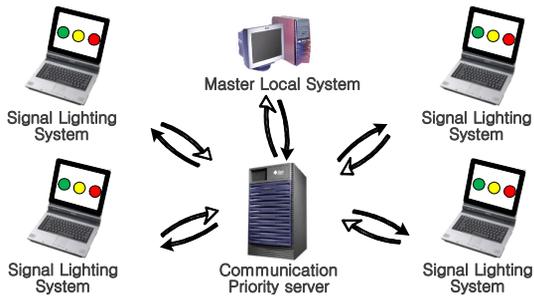
CAN 통신의 데이터의 크기는 총 8바이트(64비트)의 크기를 가지고 있다. 기존 교통신호제어기 표준(2004년 규격)인 4색 신호등은 기존의 데이터와 동일하게 구성하였고, 개정 표준(2010년식)은 <표 5>에서 보는 바와 같이 00: 소등(off), 01: 적색(R), 10: 황색(Y), 11: 녹색(G)으로 구성하였다[7].

〈표 5〉 CAN 통신의 데이터 형식
 〈Table 5〉 The Data type of the CAN communication

Bit	8bytes(1bytes=8bit(0~7))						
	7	6	5	4	3	2	1 0
Signal light (Three colors)	-	-	PR	PG	R	Y	A G
Signal light (Four colors)	LSU 2-2	LSU 2-1	LSU 1-2	LSU 1-1			
	00: off	00: off	00: off	00: off			
	01: R	01: R	01: R	01: R			
	10: Y	10: Y	10: Y	10: Y			
	11: G	11: G	11: G	11: G			

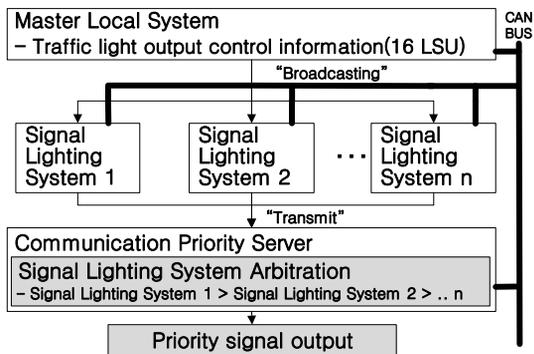
VI. 모의실험시스템 개발

CAN 통신체계를 기반으로 한 디지털 신호제어기 모의실험시스템을 개발하였다. 시스템의 구성은 <그림 7>에서 보는 바와 같이 통신우선권 처리서버(CPS), 주 신호제어시스템(MLS), 신호등화시스템(SLS)으로 설계하였다.



<그림 7> 모의실험시스템 구성도
<Fig. 7> Simulation System Diagram

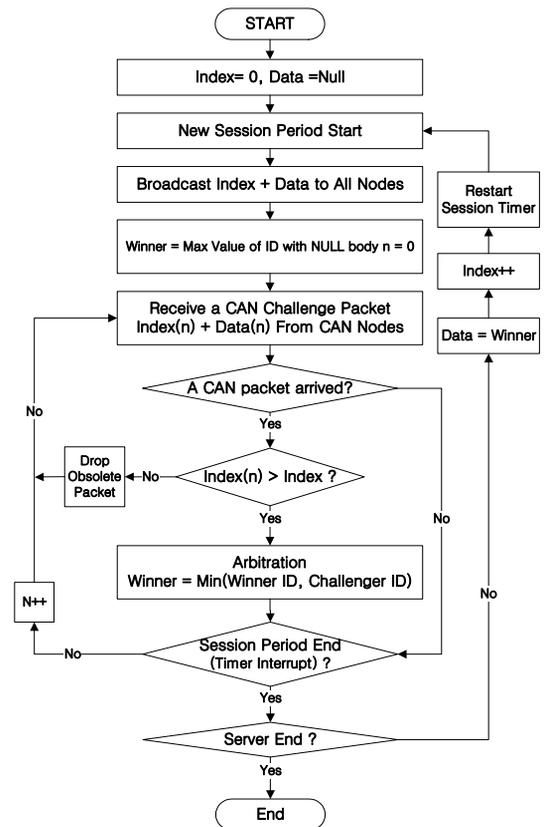
각각의 기능을 살펴보면, 주신호제어시스템(MLS)에서는 64비트의 16개 신호등두에 대한 신호등 출력 제어 정보를 통신우선권 서버(CPS)에 전송한다. 통신우선권 서버는 각 노드에서 온 메시지들을 충돌 중재(Arbitration)에 따라 최우선 메시지를 결정하여 각 노드에 전송한다. 신호등화시스템(SLS)은 신호등 제어정보를 수신하여 등화상태에 적용 후 상태 피드백(Feedback)을 우선권서버에 전송한다.



<그림 8> CAN 모의실험시스템 기능
<Fig. 8> Function of CAN Simulation

모의실험시스템의 알고리즘은 통신우선권 서버 알고리즘과 노드용 통신 알고리즘을 바탕으로 설계되었다. CAN BUS 에플리케이션 서버 알고리즘은 모든 세션이 유지되는 동안 모든 도전(Challenger) 패킷을 수신하여 우선권 조정과정을 거쳐 최후의 승리자(Winner) 패킷을 결정하게 되고, 세션이 끝났을 때 승리자(Winner) 패킷을 모든 노드에 방송(Broadcasting)한다.

각각의 노드는 통신우선권 서버에서 CAN BUS를 통하여 방송되는 Winner 패킷을 수신하면 이 시점에서 패킷 전송이 가능한 세션이 시작되었다는 것을 인식하게 되고, 즉시 입력 큐에 저장된 전송 패킷을 꺼내어 CAN BUS로 전송하게 된다. 통신우선권 서버 알고리즘의 구성은 <그림 9>에서 보는 바와 같다.



<그림 9> 통신우선권 서버 알고리즘
<Fig. 9> Communication Priority Server Algorithm

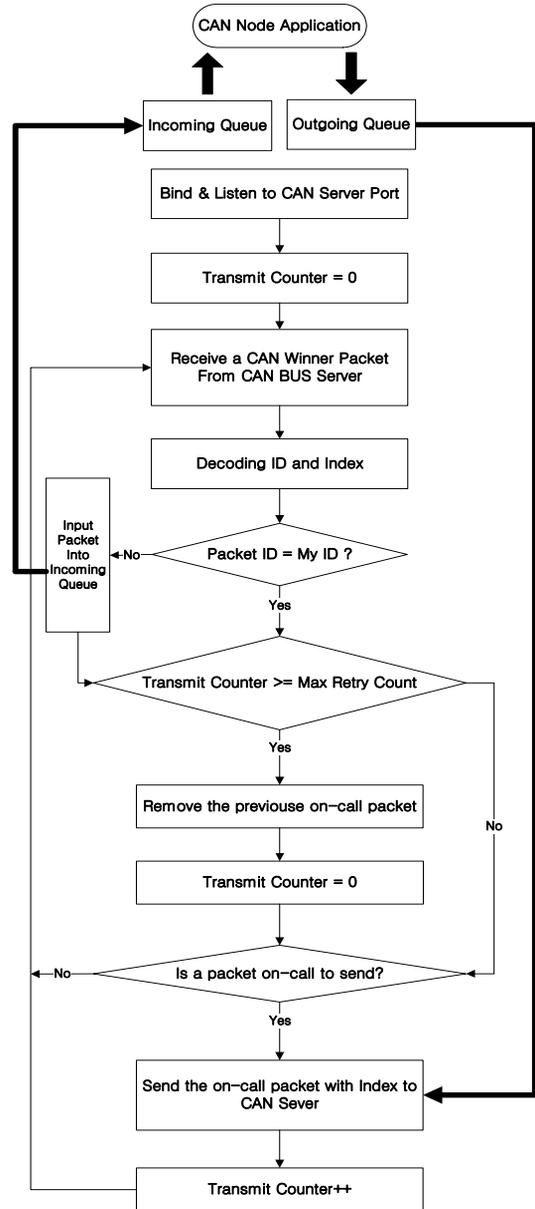
노드용 통신 알고리즘은 노드 응용프로그램과 입출력 Queue를 통하여, 정보를 교환하는 구조로 서로의 일정에 독립적으로 동작할 수 있도록 하였다. <그림 10>에서와 같이 응용프로그램에서 Outgoing Queue에 정보를 입력하면, CAN 통신 드라이버에서는 다음 유효한 세션이 되면 이 패킷을 전송한다. 전송이 완료되었는지는 즉시 알 수 없으므로 이번 세션이 종료되고 테스트서버로부터 Winner 패킷이 도착하는 다음 세션이 되면 Winner 패킷과 자신이 전송한 패킷을 비교하여 CAN 버스에서 Winner가 되었다는 것이 확인되면 전송이 완료된 것으로 한다. CAN 식별자는 이전 세션에서 자신이 전송했던 패킷인지를 판단하는 고유의 값으로써 이 식별자가 자신의 노드 식별자와 같다면, 이전 세션에서 자기가 전송했던 패킷이 CAN BUS 상에서 우선권을 차지하여 다른 모든 노드에 도달하였다는 것을 확인하게 된다. 만약 이 식별자가 자신의 노드 식별자와 다르다면 이 패킷은 다른 노드에서 발생한 정보이므로 응용프로그램에 전달되어 처리되도록 Incoming Queue에 입력한다. 수신 Winner 패킷에 대한 처리가 끝나면 CAN 버스 서버로 전송할 기회를 갖게 된다.

충돌중재(Arbitration) 외에 CAN BUS의 재전송 요구 처리를 구현하기 위해 모든 노드는 Transmit Counter를 둔다. Transmit Counter값이 0이 아니라면 이전 세션에서 전송된 패킷이 아직 Winner 패킷이 된 적이 없었다는 결과이므로 Outgoing Queue에 아직 대기 중인 패킷을 재전송한 후 Transmit Counter를 1만큼 증가시킨다. Transmit Counter 값이 0이라면, Outgoing Queue에 대기 중인 전송 요구 패킷이 있는지 확인하여 전송한 후 Transmit Counter를 1로 설정한다. 전송 요구 패킷이 Outgoing Queue에 없다면 세션을 종료하고 다시 수신대기모드로 진입한다.

여기서, Transmit Counter는 CAN BUS 상에서 전송 우선순위가 낮아 전송기회를 놓친 패킷을 다음 전송 기회에 다시 전송하도록 할 때 몇 번까지 재전송을 허용할 것인가의 제약이다.

통신우선권 서버에서는 이상과 같은 알고리즘에 의해 CAN BUS의 하드웨어적 충돌중재(Arbitration) 절차를 시뮬레이션하게 되고, 디지털 신호제어용 제어

데이터와 신호등 상태 피드백(Feedback)등을 교환하는 과정을 CAN 방식으로 구동함으로써 Operability(Operability: 의도대로 동작하는 능력)를 검증할 수 있다. 노드용 통신 알고리즘 구성은 <그림 10>에서 보는 바와 같다.

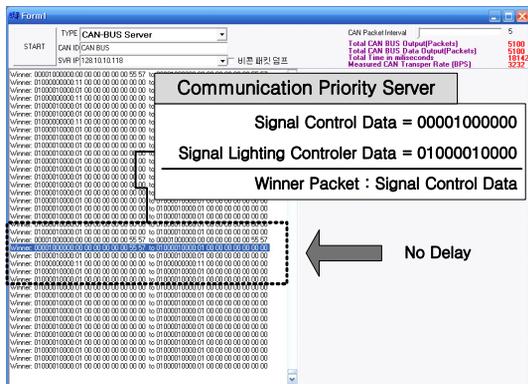


<그림 10> 노드용 통신 알고리즘
<Fig. 10> Node Communication algorithm

VII. 모의실험시스템을 통한 검증

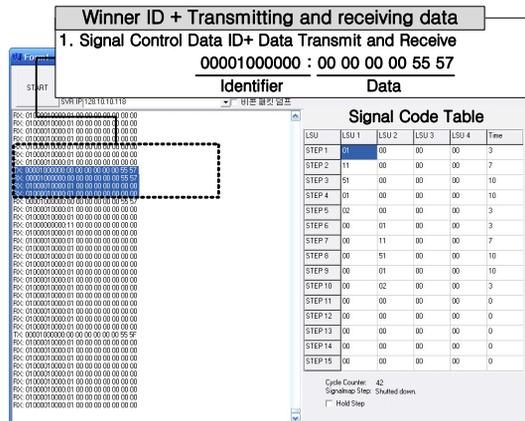
CAN을 기반으로 한 실시간 디지털 신호제어기 통신 체계 구현 시 가장 고려해야 할 것은 동시에 발생하는 전송요구를 하드웨어를 통해 지연시간 없이 우선순위를 판단하여 버스(BUS)에 최우선순위의 프레임만 전송되도록 하는 데 있다. 이 사항 이외에 일반 네트워크 환경과 달리 전송속도가 거리에 따라 달리 적용되어야 하는데 있다. 연등 설치 구간거리가 최대 500m 이상 설치되는 환경까지 포함할 수 있도록 하기 위해, CAN에서 지원 가능한 1km 전송거리에 적용되는 40kbps 전송속도를 대상으로 신호운영의 가능성을 확인하도록 하였다. 모의실험을 위해서는 이 두 가지의 요소, 즉 전송속도를 제한 할 수 있어야 하고, 한번의 트랜잭션에서 우선순위가 결정되어 모든 노드(Node)에 전달되는 통신체계를 흉내 낼 수 있어야 한다는 점이 가장 중요한 요구사항이라고 볼 수 있다. 이 두 요소보다는 덜하지만 CAN의 주요 특징 중 하나인 동시전송요구와 동시수신이 가능해야 한다는 요구조건이 있다. CAN 노드들은 각자 정보가 전송되었는지, 제어(Drop) 되었는지를 확인할 수 있어야 한다는 것이다.

본 연구에서 개발한 모의실험시스템이 이러한 요구 사항들을 정확하게 구현하는지를 파악하기 위해 기능 검증을 수행하였다. 통신우선권서버의 경우 <그림 11>에서 보는 바와 같이 노드 간 우선순위를 지연시간 없이 비교하여 Winner 패킷을 찾는 것을 확인 할 수 있다.



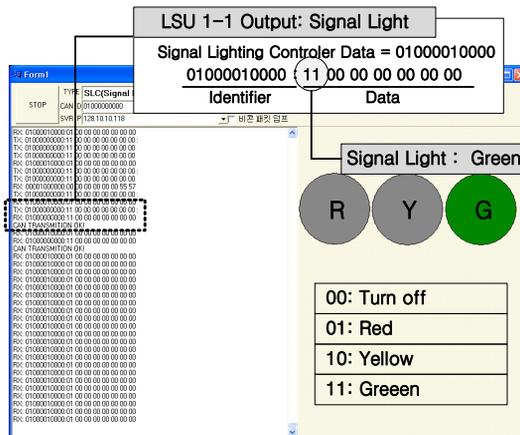
<그림 11> 통신우선권 서버 기능구현
<Fig. 11> Communication Priority Server

주신호제어시스템(MLS)은 <그림 12>에서 보는 바와 같이 Winner 패킷이 신호등 출력정보를 송수신하는 것을 볼 수 있다. 운영자가 신호 코드표(Signal Code Table)에 신호출력정보를 입력하면, 출력정보의 의해 식별자가 동적으로 변화되는 것을 볼 수 있다.



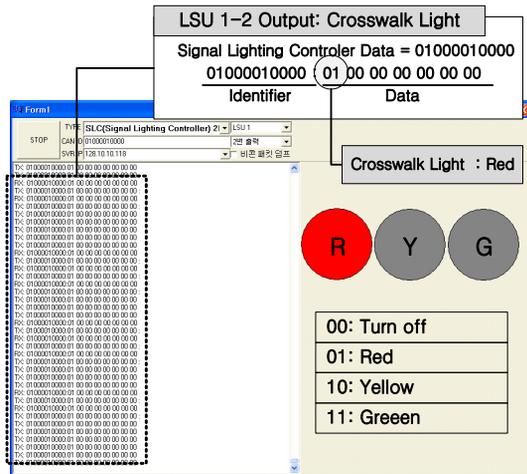
<그림 12> 신호제어 역할 시스템 기능구현
<Fig. 12> Master Local System

신호등화시스템(SLS)은 신호등 출력제어 정보에 따라 정확하게 신호를 표출하는 역할을 한다. <그림 13>의 LSU 1의 1번 출력은 차량신호등을 의미한다. 현재 출력제어정보가 11: 녹색(G)의 신호등 출력제어 정보를 받아 정확하게 점화되었다.



<그림 13> 신호등 역할 시스템 기능구현(차량등)
<Fig. 13> Signal Lighting System(Traffic Light)

LSU 1의 2번 출력은 보행신호등을 의미한다. 현재 LSU 1의 1번 출력제어정보가 녹색등(G)이 점화되고 있으면 당연히 보행등은 01: 적색(R)이 점화되어야 한다. <그림 14>에서 보는 바와 같이 LSU 1의 2번 출력은 01: 적색(R)이 점화되는 것을 확인 할 수 있다. 또한, LSU 1의 1번, 2번 출력이 동시전송요구와 동시수신이 가능하다는 것도 알 수 있다.



<그림 14> 신호등 역할 시스템 기능구현(보행등)
<Fig. 14> Signal Lighting System(Crosswalk Light)

VIII. 결 론

본 연구에서는 단일 케이블 형태의 디지털 신호 제어기용 통신체계를 개발하였다. 이를 위해 현재 개발되어진 통신방식의 특징을 파악하고, 적합 유/무 분석을 실시하여 통신방식을 선정하였다. 선정된 통신방식은 디지털 신호제어기 통신체계 형태로 재설계하였다. 설계된 통신체계를 검증하기 위해서 소프트웨어적으로 다양한 옵션을 구사할 수 있는 모의실험시스템을 개발하였다. 모의실험시스템 구성은 우선권을 비교하여 가장 높은 우선권 메시지를 각 노드에 전송하는 역할을 하는 통신우선권 서버, 16개의 신호등스위치(LSU)에 대한 신호등 출력 제어정보를 통신우선권 서버에 전송하는 주신호제어시스템(MLS), 신호등 출력 제어정보를 수신하고,

메시지 충돌 중재(Arbitration)를 통해 우선권이 높은 순으로 신호등을 점화 또는 소등하는 신호등화시스템(SLS)으로 구현하였다.

통신체계 검증 결과 통신 우선권 처리 및 신호 출력제어정보, 신호등 점화 상태가 운영자 입력한 신호코드표대로 정확하게 구동되는 것을 확인하였으며 가장 중요한 신호등 상태의 피드백(Feedback)이 제대로 수집되는 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시한 디지털 신호제어기 통신체계는 그 동안 국내외적으로 처음 시도되는 것이며, 실험을 통해 실시간 디지털 신호제어 방식에 적용할 수 있음을 확인하였다.

내부 디바이스, 검지기 디바이스의 경우는 향후 하드웨어 개발을 병행한 실험을 통하여 구현하고자 하며, 그 외 단일망 구현이 아닌 그룹별로 구분하여 망을 CAN망을 설계하는 방안, CAN 통신설계 시 속도 설정, 패킷 운영의 효율성, 실시간 신호제어 등도 향후 연구과제로 남긴다.

참고문헌

- [1] NEWSIS, Traffic signal control in Seoul, change to a new design(2010), Retrieved Dec., 14, 2012, From <http://news.naver.com>.
- [2] W. Leavitt, LA uses wireless traffic control to cut congestion(2009), Retrieved Dec., 12, 2012, From <http://fleetowner.com>.
- [3] G. Pang, C. H. Chan, and H. Liu et al, "DUAL USE OF LEDs: Signaling and Communications in ITS", 5th World Congress on Intelligent Transport Systems., pp.1-8, Seoul, Korea, Oct 1998.
- [4] J.S. Yoon, J.C. Wee et al, "A Development Of Low Power PLC Modem for Monitoring of Power Consumption and Breaking of Abnormal Power", Institute of electrical engineers, vol 58, no. 11, pp.2281-2282, Oct 2009.
- [5] K.H. Back, W.S. Lee and K.N. Ha et al, "Improvement of CAN communication performance

using dynamic ID allocation”, KSAE Annual conference and exhibition(2006), Seoul, Korea, pp.107-109, Nov 2006.

[6] BOSCH, CAN Specification Ver 2.0, pp.6-10, 1991.

[7] POLICE AGENCY, Traffic signal controller Standard, pp.119-124, 2010

저자소개



김민성 (Kim, Min-Sung)

2012년 2월 ~ 현재 : 도로교통공단 교통공학연구실 연구원
 2008년 3월 ~ 2012년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과 박사수료
 2008년 3월 ~ 2010년 2월 : 서울시립대학교 교통공학석사
 2001년 3월 ~ 2006년 2월 : 관동대학교 교통공학과 졸업



고광용 (Ko, Kwang-Yong)

1996년 7월 ~ 현재 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원
 2002년 2월 ~ 2007년 8월 : 아주대학교 교통공학박사
 1996년 2월 ~ 1998년 2월 : 홍익대학교 교통공학석사
 1987년 3월 ~ 1994년 2월 : 홍익대학교 도시공학과 졸업



이철기 (Lee, Choul-Ki)

2004년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 건설교통공학부 교수
 2004년 : 서울지방경찰청 교통개선 기획실장 및 COSMOS 추진 기획단장
 2000년 : 미국 Texas A&M University TTI(Texas Transportation Institute) Visiting Scholar 과정
 1991년 3월 ~ 1998년 2월 : 아주대학교 교통공학박사
 1989년 3월 ~ 1991년 2월 : 아주대학교 교통공학석사



정준하 (Jeong, Jun-Ha)

2012년 7월 ~ 현재 : 도로교통공단 교통과학연구원 교통공학연구실장
 2007년 7월 ~ 2012년 6월 : 도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원
 2007년 2월 : 아주대학교 공과대학 건설교통학과 박사 졸업(공학박사)
 1995년 10월 ~ 2007년 6월 : 도로교통공단 교통과학연구원 책임연구원
 1993년 3월 ~ 1995년 2월 : 아주대학교 교통공학과 석사 졸업(공학석사)



허낙원 (Heo, Nak-Won)

2006년 4월 ~ 현재 : 도로교통공단 교통과학연구원 연구원
 2005년 4월 ~ 2006년 4월 : (주)비즈니스스 연구원
 2001년 4월 ~ 2005년 3월 : 도로교통공단 교통과학연구원 계약직연구원
 1999년 3월 ~ 2001년 2월 : 아주대학교 건설교통공학석사
 1992년 3월 ~ 1999년 2월 : 아주대학교 교통공학과 졸업