비보호좌회전 확대에 따른 주기감소가 도심연동체계에 미치는 영향 연구

정진형*, 권용석**, 최기준***

A Study of Traffic Signal Progression on a CBD for Reducing Traffic Signal Cycle as Expansion of Permissive Left-Turn

Jin-Hyoung Jung*, Young-Suk Kwon**, Ki-Joon Choi***

요 약 본 교차로에 각 방향별 이동류의 상충해소를 위한 목적으로 도입된 교통신호제어는 차량증가에 따라 여러 교차로를 연계하여 정지와 지체시간을 최소화하는 간선도로 제어 목적으로 바뀌었고 이를 위해 교통신호운영 효율화를 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 본 연구는 도심 가로축 연동체계를 교통운영체계 선진화 방안에서 제시하고 있는 비보호좌회전확대로 운영되는 선직진 후좌회전 체계와 기존 실시간 대응제어 신호운영체계를 비교·분석하였으며, 비교·분석을 위해 4개시 5개 지역을 선정 평균 교차로 간격, 연동 가로축 거리 등을 구분하였다. 그 결과 교통운영체계 선진화 방안 신호운영체계의 교통처리용량은 실시간 대응제어 신호운영체계의 교통처리용량 보다 주기 160초 때 차로당 286대, 140초 경우 308대, 120초 경우 264대가 증가하여 1차로 도로확장을 한 만큼의 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 가로축 연동에 대해서도 가로축 길이 2.0~3.0km, 2.0km미만에서 분석 주기(160초, 140초, 120초) 모두에서 연동밴드 폭이나 정지횟수에서 효과가 있는 것으로 나타났다.

Abstract For the purpose of the research, it is analyze the influence traffic Signal Progression on a CBD by expansion of Permissive Left-Turn on the advanced traffic management system program compared with traffic response control For this, divided a average distance between intersections, a traffic network on five district in four city. As the result, Volume of the traffic management system on a advanced traffic management system program compared with traffic response control is effective in traffic signal cycle 160sec 286car per lane, in 140sec 308car, 120sec 264car. As well, for a traffic network as the length of a traffic network 2.0~3.0km, under 2.0km, all of traffic signal cycle(160sec, 140sec, 120sec) a passing band and stop is more effective. But the traffic management system on traffic response control compared with the traffic management system on a advanced traffic management system program is effective in the length of a traffic network over 5.0km. For the efficiency of traffic signal system manage, it should be runned the traffic management system on traffic response control in addition to the traffic management system on a advanced traffic management system program on CBD. As the result of simulation the business in chungju-si, the travel speed of the traffic management system on a advanced traffic management system program is 41.2km/h and the travel speed of traffic response control is 37.5km/h. Therefore, it should be runned per length of a traffic network the traffic management system on traffic response control in addition to the traffic management system on a advanced traffic management system program on CBD.

Key Words : Permissive Left-Turn, Research,, Traffic Signal Cycle, Traffic Signal Progression, Traffic Signal System

*Department of Construction Engineering, JeonJu National University (jungjin0347@hanmail.net)
**Corresponding Author : Department of Construction Engineering, JeonJu National University (jisankys@jj.ac.kr)
***Department of Construction Engineering, JeonJu National University (satan3@korea.kr)
Received November 25, 2016 Revised December 14, 2016 Accepted December 27, 2016

1. 서론

1.1 분석결과

인구가 밀집된 도시는 더 많은 교통수요와 맞물려 다양한 형태의 교통문제를 유발하고 있다.

이러한 여러 가지 교통문제의 해결을 위한 도로확장 및 신설 등 교통시설의 공급에 대한 한계에 이러면서 도심 내 신호체계 개선을 통한 도로용량 과포화를 해결하기 위해 방안들이 다양하게 실시되고 있고 그 중 가장 최근에 도입된 방식이 좌회전 교통량이 적은 교차로에서 직진녹색시간을 확보하기 위한 비보호좌회전 확대이다[1-7].

그러나 단순히 교차내 신호체계에 비보호좌회전을 도입하여 주도로 직진시간을 증가시키는 경우 교차로내 직진차량처리에는 도움이 되나 도심 가로축 연동에 미치는 영향에 대해서는 발표된 자료가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도심의 신호운영체계를 기존 선좌회전 후 직진체계와 교통체계선진화 방안에서 제시하고 있는 비보호좌회전 신호체계를 가로축 거리유형별로 나누어 실시간 대응제

어시스템 내에서 각 교통상황의 지체를 최소화시킬 수 있는 신호운영체계 적용에 관한 기준을 정립하고자 한다.

1.2 연구방법

기존의 운영되고 있는 실시간 대응제어 시스템과 교통체계선진화 방안에서 제시하고 있는 신호운영체계를 비교·분석하기 위해 실시간 대응제어 방식으로 운영 중인 전주시1), 군산시2), 순천시3), 충주시4), 충주시 기업도시5) 등 4개 도시, 5개 지역을 중심으로 평균 교차로 간 거리, 연동 가로축 거리, 주 사용 주기별로 세분화 하여 시공도를 활용 가로축 거리별로 비교·분석하고 동일 조건에서의 가로축을 선별 현장조사 결과와 시뮬레이터 VISSIM을 통해 기준의 타당성에 대한 효과분석을 실시한다.

2. 관련이론

2.1 실시간대응제어

실시간 대응제어란 교차로의 모든 방향에 대해 검지기를 설치하고 이전주기의 검지기에서 검지되는 각 이동류의 교통량에 따라 실시간으로 녹색현시길이가 계산되어 다음 주기에 적용됨으로써, 실시간 교통상황에 맞는 최적 주기와 현시가 결정되어 주어진 시간을 최대한 효율적으로 사용할 수 있는 교통 제어 시스템을 말한다. 이 시스템에서는 주기, 녹색시간과 같은 신호제어변수가 교통상황에 맞게 계산되어 적용된다. 기본적인 현시순서는 NEMA방식에 의해 선행 좌회전 체계로 이루어져 있다.

2.2 비보호좌회전

좌회전 신호를 별도로 부여하지 않고 직진신호시간동안 대향직진 사이의 간격을 이용하여 좌회전하는 방법으로 직진교통량과 회전교통량이 적은 교차로에서 사용 가능하다. 좌회전을 위한 별도의 차로가 설치가 꼭 필요하지는 않지만 비보호좌회전을 더욱 효율적으로 운영하기 위해서는 좌회전 전용차로를 설치할 수도 있다. 이 전용차로는 좌회전 교통량이 많거나 또는 대향직진 교통량이 많아 좌회전 대기행렬이 크게 발생하는 곳에 설치해 줌으로서 같은 접근로의 직진교통이 방해를 받지 않게 된다.

2.3 교통체계선진화방안

2009년 국가경쟁력강화위원회와 경찰청 주관으로 수립된 교통운영체계 선진화 방안의 7대 핵심과제는 진진우선 신호원칙확립, 비호호좌회전확대, 회전교차로 활성화, 점멸신호 확대운영, 무신호교차로 통행우선권 정립, 지정차로제 개선, 우측보행 확립이며 12개 일반과제로는 신호기 위치 조정(전방신호기), 보행자작동 신호기 확대 설치, 공휴일 시내 도로주차 허용, 교통섬 확대, 생활도로 일방통행 운영, 좌회전 신호보완, 자전거 신호등 설치, 신호연동시스템 개발, 우회전 신호등 운영, 우회전 전용차로 설치, 도심 주요도로 일방통행 확대이다.

3. 교통신호체계연동화

3.1 도로상황과 신호교차로간 거리

연동화를 위해서는 일방통행으로 운영하는 것이 연속 진행을 하기가 쉬우며, 최상의 연동효과를 얻기 위해서는 구간내에 신호기가 없는 횡단보도 등이 없도록 조치해야 한다. 특히 구간내 신호가 없는 횡단보도나 교차로가 있을시에는 연동이 이루어지기 힘들며, 신호기로 제어시 차량군을 제어하는데 횡단보도 중에서 차량이 언제 정지할지를 알 수가 없으므로 이에 맞는 연동값 설정이 불가능하게 된다. 또는 간선도로 신호교차로 간의 거리는 50m에서 길게는 500m가 넘는 경우도 있으므로, 신호 교차로 간 거리가 짧을수록 신호등을 시스템화하여 운영할 필요성이 커진다. 특히 신호교차로 간 거리가 길면 차량이 분산되므로 연동효과는 감소하게 된다.

3.2 신호현시값 및 체계 설정

연동화를 위한 최적 연동값은 시스템 구간의 교통상황에 따라 다르나 통상 동일시스템 구간이더라도 동일 시간대에 방향별 교통량 등의 교통상황은 다르게 나타난다.

일반적으로 하루에 적용되는 시간 계획은 보통 한산패턴, 평등패턴, 상행·하행 우선패턴, 양방향 혼잡패턴6) 등 4가지 패턴으로 운용되는데, 우선 한산패턴은 주로 점심시간 때나 야간 퇴근시간 이후 등 한산한 교통상황에 적용한다.

평등패턴은 한산할 때 및 첨두시를 제외한 주간에 통상 규모의 교통량에서 양방향의 교통상황이 거의 동등할 때 중간정도의 신호주기를 이용한 연동값 방식이 기본이 된다.

상행 또는 하행 우선패턴은 대규모 산업단지 부근 출·퇴근 시 한 방향의 혼잡상황이 다른 방향에 비해 현저하게 차이가 있을 상황에 적용하며, 중요 교차로를 중심으로 교통 용량이 최대를 유지하도록 연동값을 선정한다.

이와 같이 연동값 패턴이 구체적으로 설정되어 있을 때 교통상황에 대항하는 연동값 패턴을 산정하는 방법은 기존 통계를 이용한 자료 값을 이용하여 결정된 패턴에 의해 선택하는 방법과 각종 자료에서 수집되는 최신의 데이터로부터 교통상황을 판단하여 선택하는 방법이 있다.

이와 같이 연동화를 위한 신호제어 변수를 보면 일정하게 연동하기 쉽도록 그룹의 구성이 필요하고 공통신호 주기를 결정하여 상호 관련지어 제어를 해야 하며, 신호체계의 불합리로 정체하기 쉬운 부분을 없애기 위해서는 신호체계를 세밀히 검토해야 하며 기본 연동값을 잘 설정해야 한다.

일반적으로 도심구간에는 60km/h를 제한속도로 설정하고 있고 일반구간은 제한속도를 상이하게 설정하고 있는바 이러한 물리적인 제한속도도 연동속도를 제한하는데 기본적인 자료값이 될 수 있다.

연동화 대상 교차로에 대한 신호시간의 배분은 「도로용량편람」, 「교통안전시설물 운영지침, 경찰청」에 근거하여 배분하고 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 각 방향별 시간을 설정한다.

4. 교차로 교통량 처리 용량 분석

4.1 기존방식과 교통운영체계선진화 방안비교

기존방식과 교통운영체계선진화방안 방식을 비교하면 크게 편도 3차로 이상이 대로와 대로가 만나는 경우, 대로와 중로와 만나는 경우, 중로와 중로가 만나는 경우 등 3가지로 구분하여 분류 할 수 있다.

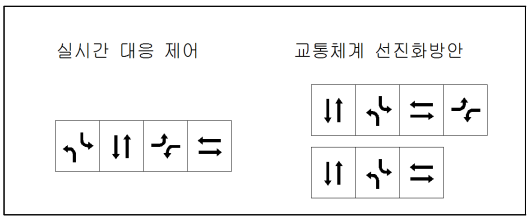

Fig. 1. In case cross a main streets

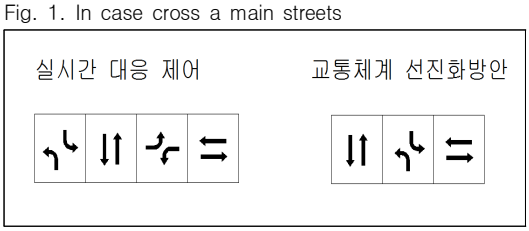

Fig 2. In case cross a main street to a middle street

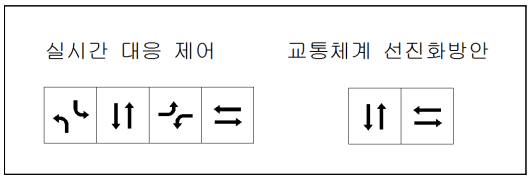

Fig 3. In case cross a middle streetst

4.2 처리용량비교

4지 교차로 기준 실시간 대응제어와 교통운영체계 선진화 방안 신호현시체계를 비교한 결과 교통체계선진화 방안 운영체계가 실시간 대응제어 방식보다 주도로 녹색시간은 최소 15초에서 최대 20초 증가하는 것으로 나타났으며, 주도로 유효녹색시간비는 최소 0.12에서 최대 0.14증가한 것으로 나타났고, 차로 당 처리교통량도 최소 264대에서 최대 308대 늘어난 것으로 분석되었다.

Table 1. A Comparison of the volume of traffic

cycle	main street green time		main street effective greentime ratic		the volume of traffic a lane	
	Traffic Response Control	Traffic System Advanced	Traffic Response Control	Traffic System Advanced	Traffic Response Control	Traffic System Advanced
160sec	80sec	100sec	0.50	0.63	1,100	1,386
140sec	60sec	80sec	0.43	0.57	946	1,254
120sed	45sec	60sec	0.38	0.50	836	1,100

1차로 도로 확장시 차로당 처리교통량과 교통운영체계 선진화 방안 처리 교통량을 비교한 결과 160초 주기시 1차로 확장시는 902대, 교통운영체계 선진화 방안 시는 1,386대로 교통운영체계 선진화 방안 시 484대가 더 처리되는 것으로 나타났으며, 140초 주기에는 1차로 확장 시는 726대, 교통운영체계 선진화 방안 시는 1,254대, 120초 주기에는 1차로 확장 시는 572대, 교통운영체계 선진화 방안 시는 1,100대로 교통운영체계 선진화 방안 시에 528대를 더 처리 할 수 있는 것으로 나타나 교통량 처리에서는 1차로 도로 확장하는 것만큼 교통운영체계 선진화 방안이 효과가 있는 것으로 분석되었다.

Table 2. A Comparison of the volume of traffic Expansion of Lane

cycle	main street green time		main street effective greentime ratic		the volume of traffic a lane	
	A Expansion of A Lane	Traffic System Advanced	A Expansion of A Lane	Traffic System Advanced	A Expansion of A Lane	Traffic System Advanced
160sec	66초	100초	0.41	0.63	902	1,386
140sec	46초	80초	0.33	0.57	726	1,254
120sed	31초	60초	0.26	0.50	572	1,100

5. 가로연동분석

가로 연동에 있는 중요한 요소는 교차로간 간격과 가로축 시·종점 거리, 가로축 주행속도(km/h)이다. 가로축 주행속도의 경우 대부분의 도심권 내에서는 60km/h이므로 이를 적용하였고 시공도는 CAD프로그램을 사용하였으며, 교차로간 간격과 가로축 시·종점의 거리는 전주시, 군산시, 충주시, 순천시의 ITS보고서 등의 문헌을 토대로 조사하여 산정하였다.

5.1 평균 교차로 및 가로축 거리

교차로간 평균 거리는 조사대상 지역 총 5개 지역이 총 거리가 다르므로 산출평균이 아니 총 거리에 대한 비례를 산정하여 평균을 구한 결과 교차로간 평균 거리는 307m로 조사 되었다.

Table 3. Average Distance of Two Cross section[7)]

Spec	Distance Two Cross Scetion	Distance	Number Cross section
Average	307		
Jeon Ju	270	104.8	385
Gun San	395	55.7	141
Sun Cheon	312	37.2	119
Chung Ju	282	25.4	90
Gi Yun in Chung Ju	248	7.95	32

조사대상 지역 가로축 시·종점 거리는 총 55개 축 중 5.0이상이 18개축으로 가장 많았으며, 그 다음으로 2.0km미만 14개축, 2.0~3.0km가 13개 축 순으로 나타났다.

Table 4. Distance of The Street

Spec	Total	2.0km below	2.0~3.0km	3.0~4.0km	4.0~5.0km	5.0km over
Total	55	14	13	6	4	18
Average	18	0	4	4	1	9
Jeon Ju	13	3	2	2	0	6
Gun San	10	4	3	0	1	2
Sun Cheon	7	1	3	0	2	1
Chung Ju	7	6	1			

5.2 가로축 거리·거리 주기별 연동밴드폭 비교

가로축 거리 5.0km이상일 경우 160초 주기에서는 연동 밴드폭은 북측→남측 하행방향으로 실시간 대응제어 방식이 48초로 교통운영체계 선진화 방안 방식 31초 보다 17초 더 통과 가능한 것으로 나타났으며, 실시간 대응제어 방식이 정지횟수도 하행 방면은 0회, 상행 방면은 1회로 교통운영체계 선진화 방안 방식의 상·하행 방식 각각 1회보다 1회가 덜 정지하는 것으로 나타났고, 140초주기에서는 연동 밴드폭은 북측→남측 하행방향으로 실시간 대응제어 방식이 27초로 교통운영체계 선진화 방안 방식 30초 보다 4초 덜 통과 가능한 것으로 나타났으나, 정지횟수는 실시간 대응제어 방식이 하행 방면은 0회, 상행 방면은 0회로 교통운영체계 선진화 방안의 방식 상·하행 방식 각각 1회보다 2회가 덜 정지하는 것으로 나타났다.

각 주기별 신호체계를 비교한 결과 실시간 대응제어가 130초를 제외하고는 연동 밴드폭이나 정지횟수에서 유리한 것으로 나타났으며, 130초 주기에서도 정지횟수는 교통운영체계 선진화 방안보다 유리한 것으로 나타났다.

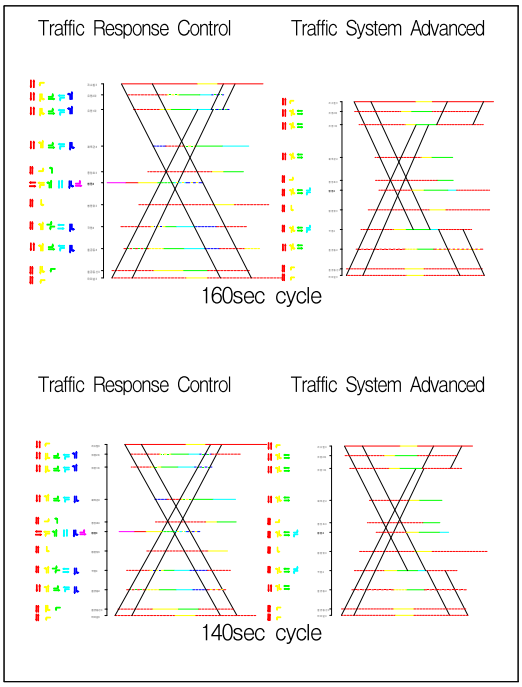

Fig 4. In case Over 5.0km Distance Two main street

Table 5. In case Over 5.0km Distance Two main street

Spec	Traffic Response Control		Traffic System Advanced	
	A Width of engtth	Num Of Stop	A Width of engtth	Num Of Stop
160sec	79sec	0	66sec	2
150sec	59sec	0	55sec	2
140sec	50sec	0	50sec	2
130sec	34sec	0	38sec	2

가로축 거리 2.0km~3.0km일 경우 160초 주기에서는 연동 밴드폭은 북측→남측 하행방향으로 실시간 대응제어 방식이 17초 상행은 27초로 양방향 정지 없이 진행하는 것으로 나타났으며 교통운영체계 선진화방안의 방식은 하행 10초, 상행 67초로 양방향 정지 없는 것으로 나타났으며, 140초주기에서는 연동 밴드폭은 북측→남측 하행방향으로 실시간 대응제어 방식이 10초 하행은 6초로 양방향 정지 없이 진행하는 것으로 나타났으며 교통운영체계 선진화방안의 방식은 하행 19초, 상행 38초

로 양방향 정지 없는 것으로 나타났다.

각 주기별 신호체계를 비교한 결과 교통운영체계 선진화방안 방식이 모든 주기에서 밴드폭이 더 넓은 것으로 나타나 교통량 처리에 효율적으로 나타났다.

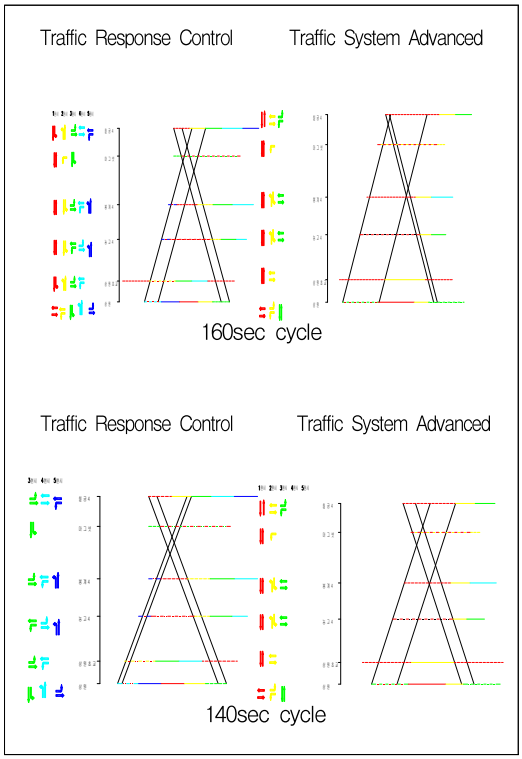

Fig 5. In case 2.0~3.0km Distance Two main street

Table 6. In case 2.0~3.0km Distance Two main street

Spec	Traffic Response Control		Traffic System Advanced	
	A Width of engtth	Num Of Stop	A Width of engtth	Num Of Stop
160sec	54sec	0	77sec	0
150sec	26sec	0	77sec	0
140sec	16sec	0	57sec	0
130sec	17sec	0	35sec	0

가로축 거리 2.0km미만일 경우 160초 주기에서는 연동 밴드폭은 북측→남측 하행방향으로 실시간 대응제어 방식이 17초 상행은 27초로 양방향 정지 없이 진행하는 것으로 나타났으며 교통운영체계 선진화방안의 방식은 하행 10초, 상행 67초로 양방향 정지 없는 것으로 나타났으며, 140초 주기에서는 연동 밴드폭은 북측→남측 하행방향으로 실시간 대응제어 방식이 10초 하행은 6초로 양방향 정지 없이 진행하는 것으로 나타났으며 교통운영체계 선진화방안의 방식은 하행 19초, 상행 38초로 양방향 정지 없는 것으로 나타났다.

가로축 거리 2.0~3.0km일 경우 각 주기별 신호체계를 비교한 결과 교통운영체계 선진화방안 방식이 모든 주기에서 밴드폭이 더 넓은 것으로 나타나 교통량 처리에 효율적으로 나타났다.

6. 결 론

연구에서는 도심 내 신호네트워크 축 상에서 현재 적용 중인 실시간 대응제어와 교통운영체계 선진화방안에서 수립되어진 비보호좌회전 확대에 따른 좌회전 신호 생략으로 발생되는 주기감소 및 현시 수 감소 신호체계를 비교 분석하였다.

먼저 교통운영체계 선진화 방안 신호운영체계의 독립교차로 교통처리용량은 이상적인 조건 시 차로 당 포화교통량을 적용할 경우 기존 실시간 대응제어보다 차로 당 286대(주기 160초), 308대(주기 140초), 264대(주기 120초)가 증가하여 1차로 확장한 만큼의 효과가 있는 것으로 나타나 교차로 교통량 처리 용량 증가에는 탁월한 효과가 있는 것으로 분석되었다.

가로축 연동에 있어서 4개 도시 5개 지역을 조사하여 평균 교차로 간 거리와 도심 내 가로 연동축 거리를 산정하여 주기별(160초, 150초, 140초, 130초) 거리별(5.0km이상, 2.0~3.0km, 2.0km미만) 신호운영체계를 비교 분석한 결과, 가로축 연장 5.0km이상인 경우에 실시간 대응제어 방식보다 연동 밴드 폭이나 정지횟수에서 효과가 없는 것으로 나타났으며, 가로축 연장 2.0~3.0km인 경우와,

2.0km미만인 경우에서는 교통운영체계 선진화 방안의 교통체계방식이 실시간 대응제어보다 효과가 큰 것으로 나타났다.

그리고 교통운영체계 선진화 방안 교통운영체계로 충주시 기업도시를 시뮬레이션 한 결과 실시간 대응제어 교통신호체계 방식 때 조사된 여행속도 37.5km/h보다 3.7km/h 높은 41.2km/h로 나타났다.

다만 본 연구는 몇 가지의 한계점을 가지고 있으며, 이에 따른 향후 연구과제는 다음과 같다

첫째, 본 연구는 일반적인 신호교차로 대상으로만 분석한 결과이므로 가로축 상 무신호 교차로나 회전교차로 포함 시와 주도로 횡단보도 거리가 긴 광로의 경우 보행시간 단축을 위하여 횡단보도를 이중 도색한 펠리컨시스템 등을 고려한 세부적인 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구는 지체에 영향을 미치는 주도로 녹색시간, 교차로간 거리, 가로축 거리, 신호체계만을 가지고 분석하였기 때문에 외부적인 변수 버스정류장, 택시정류장, 불법 주·정차 등을 고려한 세부적인 연구가 필요하다.

REFERENCES

[1] JEONJU, "The Report Of ITS Effect Analysis, pp. 94-101, 2007.

[21] GUNSAN, "The Report Of ITS Effect Analysis, pp. 83-88, 2006.

[3] SUNCHEON "The Report Of ATMS Effect Analysis, pp. 111-125, 2012.

[4] CHUNGJU, "The Report Of Traffic Light System Result Analysis, pp. 53-58, 2008.

[5] CHUNGJU, "The Report Of Enterprise City Traffic System Result Analysis, pp. 73-84, 2012.

[6] JEONJU, "The Report Of JeonJu Traffic Signal System Effect Analysis, pp. 67-83, 2012.

[7] RTA, "The Report Of Region Traffic Signal System Effect Analysis, pp. 51-62, 2008.

저자약력

정 진 형(Jin-Hyoung Jung) **[종신회원]**

- 1998년 2월 : 전북대학교 토목공학과 (학사)
- 2013년 2월 : 전주대학교 일반대학원 건축학과 (교통석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : (주)포유 연구소 소장

<관심분야> ITS, 정보통신