

도시교통 브레인 기반 최적 신호 현장 실증 보고서

대전광역시 SA101 신호그룹 대상 최적 신호 현장 적용
실증 및 결과 분석 보고서

2022. 12

스마트데이터연구실
블록체인·빅데이터연구단
인공지능연구소

1. 도시교통 브레인 기반 최적 신호 실증 개요

‘클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 핵심기술 개발’ 과제의 3차년도 결과물인 도시교통 브레인 (UNIQ) V2.0을 기반으로, 대전광역시 지역 내 신호그룹인 SA 101 지역에 대해서 신호 학습을 통해 최적 신호를 도출하고, 도출된 최적 신호를 해당 지역 신호 시스템 적용하여, 실제 대전광역시 지역 및 세종특별자치시 지역에 대한 교통 환경 및 교통 상황 데이터를 입력데이터로 활용하여 시뮬레이션 실험을 수행하고, 그 결과를 분석하고자 한다.

2. SA 101 지역 최적 신호 실증 방법

2.1. UNIQ-V2.0 기반 최적 신호 현장 적용 방법

UNIQ-V2.0을 기반으로 학습 완료된 최적 신호 모델을 이용해, UNIQ-SALT 기반 실시간 제어 결과를 도출하고, 이를 시간대별 TOD로 변환하여 실증 현장인 대전광역시 도안지역 내 SA 1010 신호그룹 교차로에 다음과 같이 적용한다.

- 현장 적용 기간: 2022년 12월 6일 (17:00 이후) ~ 2022년 12월 9일
- 현장 적용 시간대 구간: 오전 시간대 07:00~09:00 / 오후 시간대 17:00~19:00

현장 적용할 지역은 그림 1과 같으며, 해당 SA 101 신호그룹 내 신호 교차로 정보는 오전 시간대는 그림 2, 오후 시간대는 그림 3과 같다.



그림 1 현장 적용 신호 지역 (대전광역시 도안 SA 101)

교차로 이름			기존신호 연동값 (초)	현시	기존신호 녹색시간 (초)
			적용신호 연동값 (초)		적용신호 녹색시간 (초)
1 구암 119안전센터 삼거리 (→)		구암119안전센터 유성대영교로	0		50, 130
			0		52, 128
2 인삼골 네거리 (→)		구암119안전센터 유성대영교로 도안북로4	140		46, 84, 30, 20
			136		46, 82, 32, 20
3 유성고교후문 (단) (→)		인삼골4 상대초교(단)	130		48, 132
			128		48, 132
4 상대초교 (단) (→)		유성고후문(단) 진터4	130		51, 129
			131		51, 129
5 도안 1단지(단) (↑)		도안1단지 농후마을로 도안1단지	103		51, 129
			104		51, 129
6 도안 1단지 네거리 (↑)		유성4 도안1단지4	133		18, 56, 30, 19, 38, 19
			128		20, 52, 30, 19, 38, 21
7 진터 네거리 (↑)		상대초교(단) 도안5단지4	144		22, 76, 22, 32, 28
			142		22, 72, 24, 32, 30
8 도안 5단지 네거리 (↑)		진터4 도안5단지4	146		29, 33, 30, 29, 29, 30
			146		29, 29, 35, 29, 28, 30
9 원골 네거리 (↑)		도안5단지4 원골4 원골(단)	144		30, 75, 20, 55
			147		30, 71, 22, 57
10 원골 (단) (↑)		원골4 상대4	139		60, 53, 67
			146		58, 53, 69

그림 2 SA 101 내 신호 교차로 신호 (07:00~09:00)

교차로 이름			기존신호 연동값 (초)	현시	기존신호 녹색시간 (초)
			적용신호 연동값 (초)		적용신호 녹색시간 (초)
1 구암 119안전센터 삼거리 (→)		구암119안전센터 유성대영교로	0		50, 130
			179		52, 128
2 인삼골 네거리 (→)		구암119안전센터 유성대영교로 도안북로4	165		46, 76, 38, 20
			160		46, 82, 32, 20
3 유성고교후문 (단) (→)		인삼골4 상대초교(단)	155		48, 132
			172		48, 132
4 상대초교 (단) (→)		유성고후문(단) 진터4	155		51, 129
			134		51, 129
5 도안 1단지(단) (↑)		도안1단지 농후마을로 도안1단지	115		51, 129
			128		51, 129
6 도안 1단지 네거리 (↑)		유성4 도안1단지4	146		18, 56, 30, 19, 38, 19
			144		18, 52, 30, 21, 40, 19
7 진터 네거리 (↑)		상대초교(단) 도안5단지4	157		28, 70, 22, 32, 28
			151		27, 67, 24, 32, 30
8 도안 5단지 네거리 (↑)		진터4 도안5단지4	157		29, 35, 32, 29, 29, 26
			159		29, 39, 33, 27, 26, 26
9 원골 네거리 (↑)		도안5단지4 원골4 원골(단)	157		20, 85, 20, 55
			167		16, 97, 16, 51
10 원골 (단) (↑)		원골4 상대4	151		60, 53, 67
			149		62, 53, 65

그림 3 SA 101 내 신호 교차로 신호 (17:00~19:00)

2.2. 현장 적용 신호 실증 결과 분석 방법

현장 적용된 최적 신호에 대한 실증 결과 분석 방법으로 본 문서에서는 다음의 2가지 방법을 사용한다.

- 차량 주행 테스트 방법

- 현장 적용된 기간과 기존 신호 운영되는 기간에 영상 촬영 장치를 부착한 테스트 차량 운영을 통해 주행 영상 데이터 수집하여 분석함
- 분석 대상 기간
 - ✓ 현장 적용 기간: 2022년 12월 6일 (오후 이후) ~ 2022년 12월 9일, 오전/오후 시간대
 - ✓ 기존 신호 운영 기간: 2022년 12월 13일 (오후 이후) ~ 2022년 12월 16일, 오전/오후 시간대
- 테스트 방법
 - ✓ 현장 적용 지역의 도로망 형상에 따라 구분된 가로축별로 테스트 시간 동안 (e.g. 오전/오후 각 2시간) 테스트 차량 반복 운행 (그림 4 참고)
- 분석 대상 데이터
 - ✓ 수집된 영상 데이터로부터 추출된 가로축별 차량 통과시간
- 분석 방법
 - ✓ 현장 적용 지역의 도로망 형상에 따라, 1) 도안대로 측, 2) 월드컵대로 측, 3) 진터네거리 기준 좌회전에 따른 좌회전 측 으로 구분해서 집계
 - ✓ 최적 신호 운영 시 차량 통과 시간 ($tt_{updated}$)과 기존 신호 운영 시 차량 통과 시간($tt_{original}$)의 평균값 비교

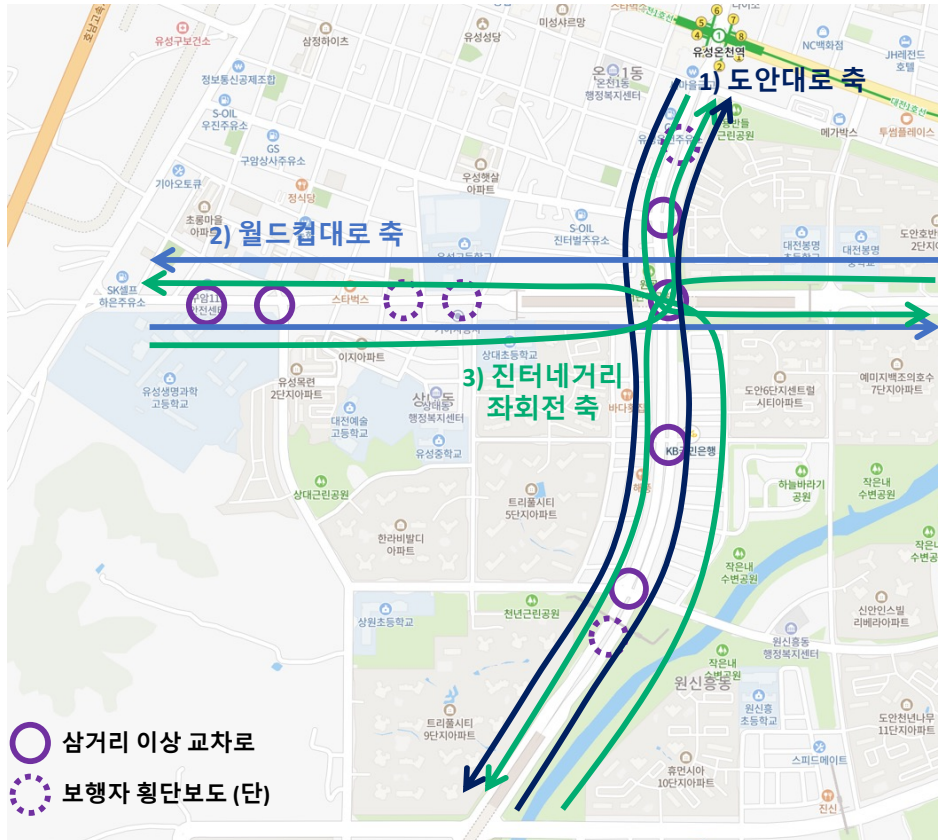


그림 4 실증 현장 내 차량 주행 테스트 축 구분

● RSE-DSRC¹ 데이터 기반 분석 방법

- 현장 적용된 기간과 기존 신호 운영되는 기간에 수집된 RSE-DSRC 데이터를 수집하여 분석함
- 분석 대상 기간
 - ✓ 현장 적용 기간: 2022년 12월 6일 (오후 이후) ~ 2022년 12월 9일, 오전/오후 시간대
 - ✓ 기존 신호 운영 기간: 2022년 12월 13일 (오후 이후) ~ 2022년 12월 16일, 오전/오후 시간대
- 분석 대상 데이터
 - ✓ RSE-DSRC 데이터로부터 추출된 RSE-DSRC 구간별 차량 통과시간
- 분석 방법
 - ✓ 주행 테스트와 비슷하게, SA 101 지역 도로망 형상에 따라, 1)도안대로 축, 2) 월드컵대로 축 으로 구분해서 집계 (그림 5 참조)

¹ RSE(노변기지국)을 통해 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 방식으로 수집한 데이터를 이용함

- 도안대로 측: <유성네거리->상대네거리> 방향은 3개 구간, <상대네거리->유성네거리> 방향은 2개 구간으로 구성
 - 월드컵대로 측: <유성생명고교삼거리->계룡대교네거리> 방향과 <계룡대교네거리->유성생명고교삼거리> 방향은 각 3개 구간으로 구성
- ✓ 최적 신호 운영 시간과 동일한 시간에 수집된 구간 정보에 대해, 최적 신호 운영 시 차량 통과 시간 ($tt_{updated}$)과 기존 신호 운영 시 차량 통과 시간($tt_{original}$)의 평균값 및 중간값을 비교



그림 5 실증 현장 내 위치한 RSE-DSRC 지점 정보

3. SA 101 지역 최적 신호 실증 결과

3.1. 차량 주행 테스트 결과 분석

2.2절에서 명시된, 차량 주행 테스트를 통해 수집된 영상 데이터 분석을 통해 얻은 결과이며, 그림 4에서 나타난 가로축별 차량 통과 시간을 요약하면 표 1과 같다.

표 1 차량 주행을 통한 가로축 통과시간 평균값 비교

방향	구간통과시간[07:00~09:00] (단위:초)				구간통과시간[17:00~19:00] (단위:초)			
	tt _{update}	tt _{original}	방향별 개선율 (%)	축별 개선율 (%)	tt _{update} (11/24)	tt _{original} (11/30)	구간별 개선율 (%)	방향별 개선율 (%)
유성네거리->상대네거리	141.67	197	28.09	15.07	199	208.75	4.67	3.74
상대네거리->유성네거리	240.33	245.33	2.04		216	222.25	2.81	
유성생명고교삼거리->계룡대교네거리	186.33	200.67	7.14	-1.62	191.25	197.25	3.04	-7.04
유성생명고교삼거리->계룡대교네거리	184.33	167	-10.38		213.75	182.5	-17.12	
상대네거리->(좌)->유성생명고교삼거리	297	317	6.31	-0.65	275	276.75	0.63	5.26
계룡대교네거리->(좌)->상대네거리	204	229.33	11.05		320.25	304	-5.35	
유성네거리->(좌)->계룡대교네거리	225.33	197.33	-14.19		192.75	215.75	10.66	
유성생명고교삼거리->(좌)->유성네거리	329.33	311.33	-5.78		263.25	310	15.08	

- ① 구간통과시간 = 정해진 가로축을 따라 차량의 반복 운행 시 걸리는 시간의 평균값
- ② 개선율 = 기존 신호 운영 기간에 측정된 구간통과시간 대비 최적 신호 운영 기간에 측정된 구간통과시간의 단축 개선율

$$\text{※ 개선율} := ((t_{\text{original}} - t_{\text{update}}) / (t_{\text{original}})) * 100$$

- 동서대로 측의 경우, 오전 시간대는 평균 15.07%, 오후 시간대는 평균 3.74% 단축 개선
- 월드컵대로 측의 경우, 오전 시간대는 평균 -1.62%, 오후 시간대는 평균 -7.04%로 개선되지 못함
- 진터네거리 기준 좌회전 측의 경우, 오전 시간대는 평균 -0.65%로 개선되지 못했으나, 오후 시간대는 평균 5.26% 단축 개선

※ 차량 주행 테스트는 요일별로 차량 1대를 운행하여 수집된 데이터이므로, 참고 데이터로만 활용

3.2. RSE-DSRC 구간 데이터 분석 결과

2.2절에서 명시된, 수집된 RSE-DSRC 구간 데이터를 기반으로 분석한 결과이며, 그림 5에서 나타난 가로축별 차량 통과 시간을 요약하면 표 2 및 표 3과 같다.

- 오전 시간대 (07:00~09:00) 의 경우, 평균 11.45% 단축 개선 (표 2 참조)
 - <유성네거리->상대네거리> 방향의 경우, 평균 9.41% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <원골네거리->상대네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임
 - <상대네거리->유성네거리> 방향의 경우, 평균 19.02% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <상대네거리->원골네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임
 - <유성생명고교삼거리->계룡대교네거리> 방향의 경우, 평균 10.95% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <인삼골네거리->진터네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임
 - <계룡대교네거리->유성생명고교삼거리> 방향의 경우, 평균 6.43% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <진터네거리->인삼골네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임

표 2 RSE-DSRC 데이터 기반 구간통과시간 평균값/중간값 비교 (07:00~09:00)

방향	RSE구간	구간통과시간[평균값] (단위:초)				구간통과시간[중간값] (단위:초)			
		tt _{update}	tt _{original}	구간별 개선율 (%)	방향별 개선율 (%)	tt _{update}	tt _{original}	구간별 개선율 (%)	방향별 개선율 (%)
유성네거리- >상대네거리	RSE8102RSE1504	112.58	119.32	5.65	9.41	55.33	63.67	13.1	12.65
	RSE1504RSE1507	103.26	115.1	10.29		50	53.67	6.84	
	RSE1507RSE1509	79.86	92	13.2		49	59.33	17.41	
상대네거리- >진터네거리	RSE1509RSE1507	86.94	112.24	22.54	19.02	74.17	88	15.72	19.21
	RSE1507RSE1504	109.63	130.48	15.98		82.17	105.5	22.11	
유성생명고교삼거리- >계룡대교네거리	RSE1502RSE1503	63.74	62.62	-1.79	10.95	41.5	40.33	-2.9	15.8
	RSE1503RSE1504	173.78	213.97	18.78		126	163.33	22.86	
	RSE1504RSE1505	130.42	136.56	4.5		76.67	86.33	11.19	
계룡대교네거리- >유성생명고교삼거리	RSE1505RSE1504	103.2	95.58	-7.97	6.43	61.67	60.33	-2.22	3
	RSE1504RSE1503	177.16	207.19	14.49		160.33	165.33	3.02	
	RSE1503RSE1502	81.23	83.67	2.92		47	51.67	9.04	

- 오후 시간대 (17:00~19:00) 의 경우, 평균 4.15% 단축 개선 (표 3 참조)
 - <유성네거리->상대네거리> 방향의 경우, 평균 4.21% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <원골네거리->상대네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임
 - <상대네거리->유성네거리> 방향의 경우, 평균 5.86% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <상대네거리->원골네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임
 - <유성생명고교삼거리->계룡대교네거리> 방향의 경우, 평균 -0.26%로 개선 효과를 보지 못함
 - ✓ 구간별로는 <인삼골네거리->진터네거리> 구간에서 평균 2.02%로 가장 많은 개선 효과를 보임
 - ✓ 다만, <인삼골네거리->진터네거리> 구간을 제외하고 나머지 구간에서 개선 효과를 보지 못해 전체적으로 개선 효과가 없는 것으로 나타났으며, 이는 진터네거리 신호 적용 시, 현장 적용 제한 문제로 연동시간만 적용하고 현시의 녹색신호가 적용되지 않은 것과 관련이 있을 것으로 판단됨
 - <계룡대교네거리->유성생명고교삼거리> 방향의 경우, 평균 6.79% 단축 개선
 - ✓ 구간별로는 <진터네거리->인삼골네거리> 구간에서 가장 많은 개선 효과를 보임

표 3 RSE-DSRC 데이터 기반 구간통과시간 평균값/중간값 비교 (17:00~19:00)

방향	RSE구간	구간통과시간[평균값] (단위:초)				구간통과시간[중간값] (단위:초)			
		tt _{update}	tt _{original}	구간별 개선율 (%)	방향별 개선율 (%)	tt _{update}	tt _{original}	구간별 개선율 (%)	방향별 개선율 (%)
유성네거리- >상대네거리	RSE8102RSE1504	138.53	148.95	7	4.21	107.13	118.25	9.4	13.33
	RSE1504RSE1507	157.69	161.58	2.41		122.63	152.5	19.59	
	RSE1507RSE1509	83.32	85.72	2.8		49.75	51.75	3.86	
상대네거리- >진터네거리	RSE1509RSE1507	120.34	128.72	6.51	5.86	65.63	66.5	1.31	6.26
	RSE1507RSE1504	115.77	122.08	5.17		56	63.25	11.46	
유성생명고교삼거리- >계룡대교네거리	RSE1502RSE1503	78.91	78.78	-0.17	-0.26	53	53	0	1.08
	RSE1503RSE1504	186.14	189.97	2.02		111.13	110.75	-0.34	
	RSE1504RSE1505	186.11	181.23	-2.69		64.5	67.38	4.27	
계룡대교네거리- >유성생명고교삼거리	RSE1505RSE1504	139.76	155.3	10.01	6.79	120.25	137.88	12.79	6.18
	RSE1504RSE1503	194	202.97	4.42		168.25	168.25	0	
	RSE1503RSE1502	72.14	77.22	6.58		47.25	51.75	8.7	

4. 결론

UNIQ-V2.0 기반 최적 신호 현장 실증을 통해 시뮬레이션 환경에서 도출한 최적 신호가 현장 적용에서도 개선을 보임을 확인하였다. 다만, 현장 적용 신호의 경우, 시뮬레이션을 통한 실증의 경우보다 교통 법규 및 교통 안전상의 제약사항을 엄격하게 적용하게 되어 시뮬레이션 실증 결과와 다소 다른 결과가 도출된 것으로 판단된다. 또한 평일의 동일한 시간대라도 날씨에 따라 날씨나 교통 상황, 특히 교통 수요가 다를 경우, 동일한 신호 하에서도 평균 통과 시간의 변동이 발생하게 되어 시뮬레이션 실증 결과와 차이가 발생할 수 있는 것으로 판단된다.