

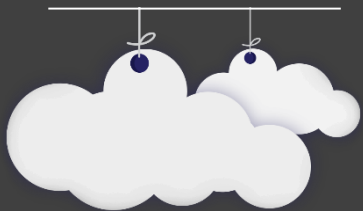
# 시뮬레이션을 사용한 서울대학교 후문 진입 버스의 노선 개선 연구

지도교수 문일경  
김수정 김택현 임형기

2018. 05. 25



# 목차



1 서론

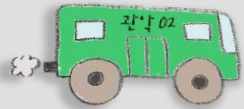
2 문제 정의

3 개선 방안

4 모델링

5 결과 분석

6 결론



## 1. 서론

### <1> 연구 동기

출·퇴근, 등·하교 시간대 심각한 버스 혼잡도 및 대기 시간

관련 언론보도

“문이라도 열어주요” 시내버스 출근 전쟁

피로에 눈칫밥까지...‘통학러’의 비애를 아십니까  
다중고(多重苦)에 시달리는 서울·수도권 통학생

‘콩나물시루’ 617번 버스...승객들 ‘전쟁같은 출근길’

출근 전쟁 한국 “아침은 사치”

승객 불만 증가

안전 문제 발생

승객 피로도 증가

→ 많은 언론에서 꾸준히 다룰 만큼 심각하며  
관련 문제가 만연하나 해결되지 않고 있음

특히 문제의 심각성이 높은 낙성대역 마을버스, 관악02

관련 언론보도

늦게 와도 먼저 타는 ‘서서 가는 줄’ 골머리...

총학 “증차보다 한 줄 서기가 우선”

새치기 만연 낙성대역 버스 정류장,  
서울대 총학이 발벗고 나섰다

통학 불편 대학생들 ‘공유 버스’ 자구책

연간 승차량 약 3,700,000명

평일 혼잡 시간대 일평균 승차량 약 1,200명

서울시 버스 승차량 상위 10%\*

200m에 이르는 지나치게 긴 대기 줄

\*서울 및 경기도 광역 버스 중 관악02보다 많은 승차량을 보유한 버스는 단 3대  
(수원 7770, 고양 1000, 고양 1082)

## ☉ 서론

연구 동기

연구 목적

연구 대상

데이터 수집 및  
정의

## ☉ 문제 정의

## ☉ 개선 방안

## ☉ 모델링

## ☉ 결과 분석

## ☉ 결론



# 1. 서론



문제의

본도

가는데

서기가

버스

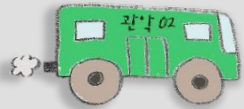
벗고 나



공익 물권 내역생결 공유 버스 사T책

◎ 결론





## 1. 서론

### <2> 연구 목적

## 추가적인 자원 없이 기존 버스의 운행 방법 변경을 통한 평균 출근시간 감소 및 승객의 이용 만족도 향상

“매일 타는 버스, 슈퍼카보다 비싸다고?”\*

...국민의 발, 버스 얘기다. 간선버스, 지선버스, 광역버스, 공항버스, 관광버스, 전세버스 등에 걸쳐진 '돈' 얘기를 꺼내 보자. 대략적인 탑승 요금은 널리 알려져 있지만, 이 커다란 사각형 운송수단의 가격은 널리 알려지지 않았다. 커다란 덩치만큼이나 비싸다는 건 알고 있는데, 누구는 "수입차보다 비싸다" 하고, 누구는 "슈퍼카보다 비싸다"고 말한다. 우리가 매일 타는 버스, 과연 얼마일까?...**(중략)**... 그렇다면 우리가 가장 많이 타는 '버스'는 과연 얼마일까? 현재 서울 시내에는 현대자동차 '슈퍼에어시티'가 가장 많이 달리고 있다고 한다. 가격은 **1억 805만원**이고 총 62명이 탑승할 수 있다.

“충남도, 2억씩 하는 저상버스 4년간 200대 증차가 가능한 말?”\*\*

충남도가 교통약자 이동편의 개선을 위한 저상버스 도입과 관련해 목표치를 세웠지만 **비용상의 문제로 현실적으로 가능할 지 의문**이 제기되고 있다. ...**(중략)**... 저상버스 도입을 저조의 가장 큰 원인은 **비용 문제**다. 실제 저상버스 가격(지난해 압축천연가스 연료 방식 기준)은 **2억 원 정도**로 일반 버스보다 두 배 가량 비싸다. 일반 버스보다 수용 인원이 10명 정도 적어 수익률이 낮은 점도 기피 원인 중의 하나다.

→ 추가적인 자원(버스)의 투입은 막대한 비용 문제로 인해 비현실적, 실제 적용 불가능

\*출처: 카미디어, 2016-03-09

\*\*출처: 충남일보, 2018-02-22

## ◎ 서론

연구 동기

연구 목적

연구 대상

데이터 수집 및  
정의

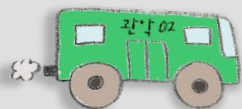
## ◎ 문제 정의

## ◎ 개선 방안

## ◎ 모델링

## ◎ 결과 분석

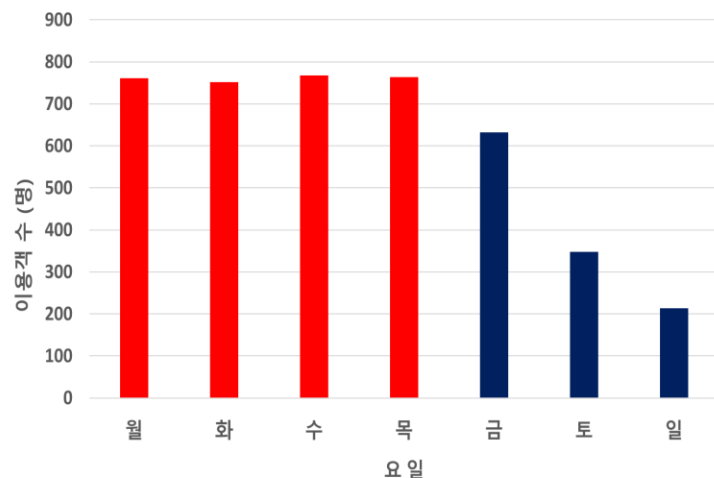
## ◎ 결론



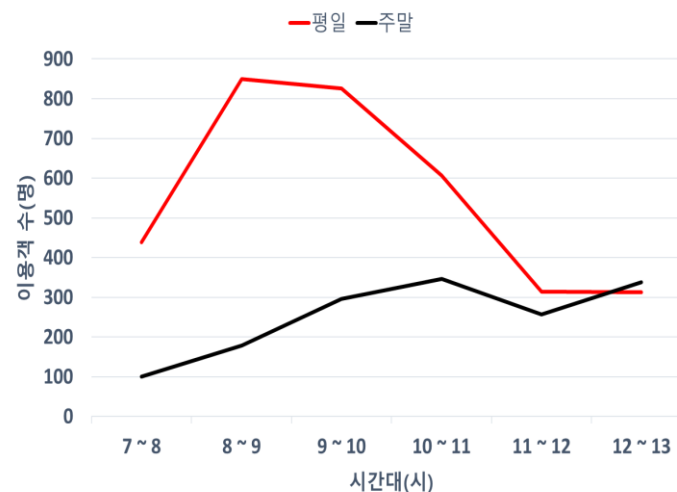
## 1. 서론

### <3> 연구 대상

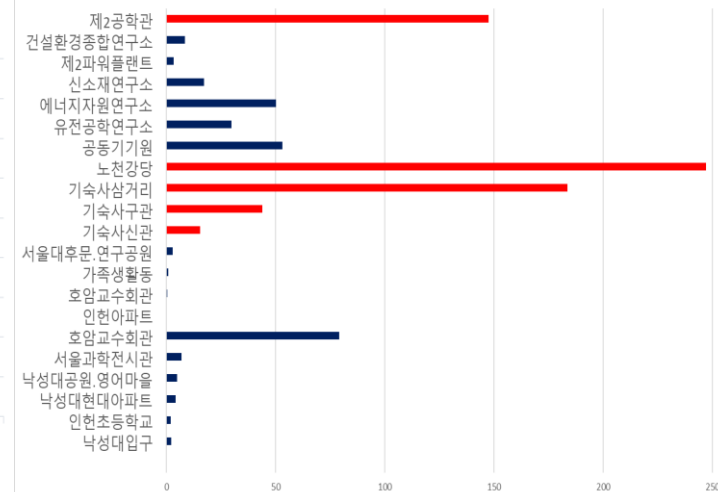
요일별 관악02 이용객 수



시간대별 일평균 관악02 이용객 수



8시 - 11시 관악02 정류장별 평균 승객 하차 수



다른 요일 및 시간대와 비교하여 승·하차 승객수가 월등히 많은 요일과 시간대를 연구 대상으로 선정

- 개강 초(3월, 9월) 평일(월~목)
- 등교 시간(8시~11시)
- 주요 승·하차 정류장\* : 낙성대역, 낙성대입구, 기숙사, 기숙사 삼거리, 노천강당, 제2공학관

\*유의미한 승·하차량을 보유하고 등·하교 관련 주요 시설이 위치한 정류장

## ☉ 서론

연구 동기

연구 목적

연구 대상

데이터 수집 및 정의

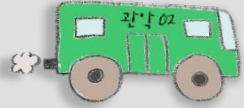
## ☉ 문제 정의

## ☉ 개선 방안

## ☉ 모델링

## ☉ 결과 분석

## ☉ 결론



## 1. 서론

### <4> 데이터 수집 및 정의\*

2016, 2017년 3월, 9월 평일 오전 08~11시 버스 운행 데이터 수집

- 버스 운행시간 데이터
- 버스 한 대의 수용능력 : 65명
- 버스 배차 간격: 6분
- 버스 기사 휴식시간 : 1시간에 10분 휴식
- 총 버스 운용 대수 : 12대
- 승, 하차 시 승객 1명 당 소요 시간 : 2초
- 시간 당 정류장 별 탑승객 수

정류장 별 탑승객 수(명)	8~9시	9~10시	10~11시
낙성대역	850	826	606
낙성대입구	104	114	44
기숙사신관	4	8	6
기숙사구관	3	3	3
기숙사삼거리	8	16	9
노천강당	1	2	3
제2공학관	4	6	14

- 정류장 별 하차 승객 비율

정류장 별 하차 승객 비율	8~9시	9~10시	10~11시
기숙사	0.091	0.066	0.070
기숙사삼거리	0.210	0.240	0.235
노천강당	0.318	0.306	0.305
제2공학관	0.382	0.389	0.390

- 정류장 별 승, 하차 인원

정류장별 승하차 인원(명)	08시	08시	09시	09시	10시	10시	11시	11시
	승차승객수	하차승객수	승차승객수	하차승객수	승차승객수	하차승객수	승차승객수	하차승객수
낙성대역	850	122	826	97	606	74	314	100
낙성대입구	104	3	114	2	44	2	20	2
인현초등학교	25	2	23	2	11	2	11	2
낙성대현대아파트	7	6	7	3	4	3	2	2
낙성대공원.영어마을	8	7	6	4	3	4	3	3
서울과학전시관	0	10	0	6	0	4	0	4
호암교수회관	56	125	45	83	23	29	1	8
인현아파트	0	0	0	0	2	0	6	1
호암교수회관	0	0	0	0	1	1	3	4
가족생활동	0	0	0	0	1	2	4	9
서울대후문.연구공원	0	3	0	2	1	4	2	11
기숙사신관	4	18	8	15	6	13	2	15
기숙사구관	3	48	3	51	3	33	2	30
기숙사삼거리	8	151	16	244	9	155	5	82
노천강당	1	229	2	311	3	201	1	97
공동기원	0	60	1	66	1	33	1	17
유전공학연구소.반도체공동연구소	1	40	1	30	1	18	1	9
에너지자원연구소	0	52	1	65	1	34	0	18
신소재연구소	0	22	0	21	0	9	0	5
제2파워플랜트	0	2	0	3	0	5	0	3
건설환경종합연구소	0	3	0	9	0	14	0	10
제2공학관	4	95	6	201	14	146	23	75

\*출처: 인현운수 및 서울시 교통관리부 직접 문의

## ☉ 서론

연구 동기

연구 목적

연구 대상

데이터 수집 및  
정의

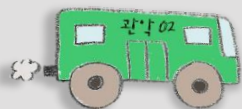
## ☉ 문제 정의

## ☉ 개선 방안

## ☉ 모델링

## ☉ 결과 분석

## ☉ 결론



## 2. 문제 정의

### <1> 기존 버스 노선

- 편도 길이 약 2km
- 낙성대역 - 서울대학교 제2공학관 연결 노선
- 매번 지나치게 긴 대기 줄(약 200m)이 형성되어 주변 상권 및 탑승을 위해 대기하는 승객들의 불만 속출
- 전체 정류장 21개 중 대부분의 승차는 낙성대역에서, 하차는 노천강당과 제2공학관 정류장에서 이루어짐

서론

문제 정의

기존 버스 노선

기존 버스 노선 문제점

개선 방안

모델링

결과 분석

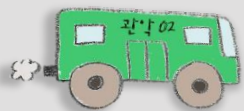
결론

### 관악02 전체 노선

낙성대역- 낙성대입구- 인현초등학교- 낙성대현대아파트- 낙성대공원- 서울과학전시관- 호암교수회관- 인현아파트- 호암교수회관- 가족생활동- 서울대후문- 기숙사- 기숙사삼거리- **노천강당**- 공동기기원- 유전공학연구- 에너지자원연구소- 신소재- 제2파워플랜트- 건설환경종합연구소- **제2공학관**(중점)- 이후 역순







## 2. 문제 정의

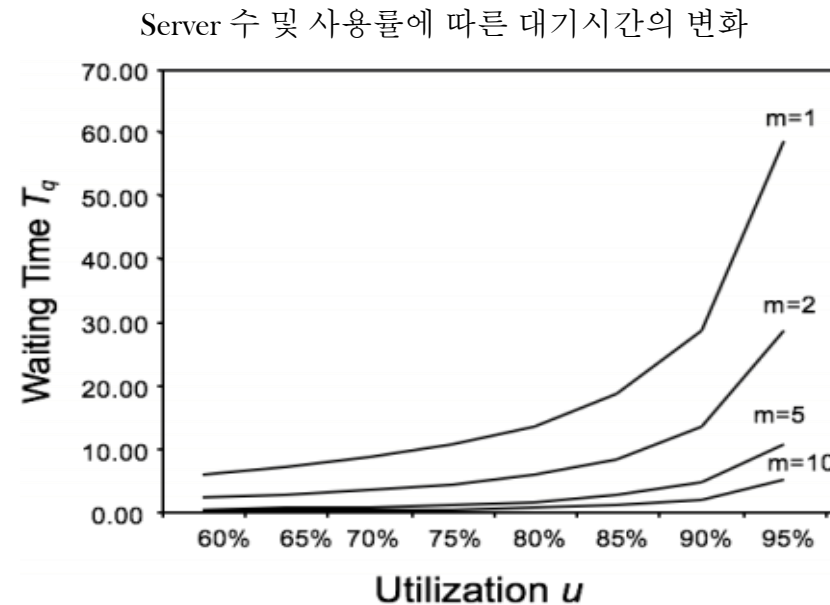
### <2> 기존 버스 노선 문제점

#### (1) 서울대학교 후문으로 들어오는 유일한 교통 수단

기존 노선의 목적지 별 평균 대기시간(08~11시)\*

주요 하차 정류장	평균 대기시간(분)
기숙사	15.1
기숙사삼거리	15.24
노천강당	15.24
제2공학관	15.2

각 목적지 별 queue에서의 대기시간이 평균 15분 이상으로,  
짧은 배차 간격에도 불구하고 매우 긴 상황



- Multiple Server 의 중요성

- 관악02는 서울대학교 후문으로 들어오는 유일한 대중교통수단이기에 모든 등교생들이 하나의 대기 행렬로 모임
- 위의 그래프에서 볼 수 있듯이 기존의 대기 행렬을 Multiple Server에서 처리 할 수 있게 된다면 관악02 승객들의 대기시간 및 등교 시간은 크게 단축 될 것

서론

문제 정의

기존 버스 노선

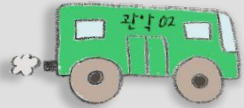
기존 버스 노선 문제점

개선 방안

모델링

결과 분석

결론



## 2. 문제 정의

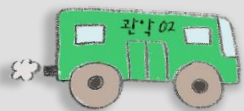
### <2> 기존 버스 노선 문제점

#### (2) 비효율적인 버스 이동 동선

- 이동 동선 개선의 필요성
  - 기존 노선의 버스 이동 경로를 살펴보면,  
기숙사 삼거리 → 노천강당 →  
기숙사삼거리(검정색 화살표)라는  
비효율적인 이동 동선을 가지고 있음
  - 노천강당과 기숙사삼거리 정류장 모두  
하차하는 승객이 많은 주요 정류장이기에,  
승객들의 수요를 만족시키며 비효율적인  
이동 동선을 개선 할 수 있는 방안이 필요함



- 서론
- 문제 정의  
기존 버스 노선  
기존 버스 노선 문제점
- 개선 방안
- 모델링
- 결과 분석
- 결론

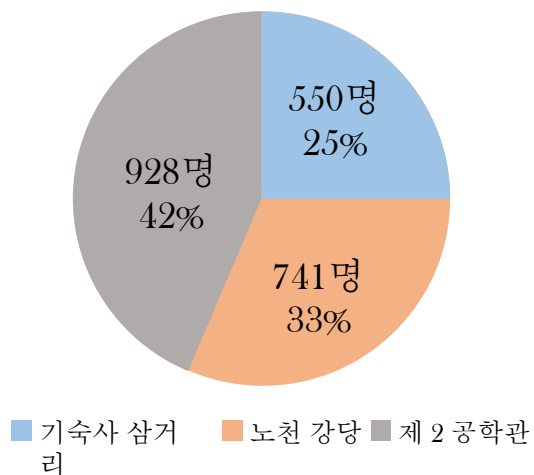


## 2. 문제 정의

### <2> 기존 버스 노선 문제점

#### (3) 주요 목적지에 따른 하차 승객 수 미고려

출근 시간 하차 정류장 별 이용객 수\*



정류장 간 이동 소요 시간

이동 시간	시간(sec)
낙성대역 - 낙성대입구	60
낙성대입구 - 기숙사	480
기숙사 - 기숙사삼거리	60
기숙사삼거리 - 노천강당	60
노천강당 - 제2공학관	480
제2공학관 - 낙성대역	1080

- 주요 하차 정류장 사이의 거리가 멀어 비효율적인 버스 운행
- 왼쪽의 하차 정류장 비율 그래프를 보면 약 60%의 승객들이 기숙사삼거리와 노천강당에서 내림을 알 수 있음
- 나머지 40%의 승객들이 제2공학관까지 버스를 이용하게 되는데, 왼쪽의 정류장 간 이동 소요 시간 표를 보면 알 수 있듯이 노천강당에서 제2공학관까지는 8분이라는 큰 시간이 소요되어 버스의 평균 utilization을 크게 감소시키는 결과로 이어짐
- 제2공학관 목적지 승객들만 따로 분류한 버스를 운행한다면, 버스의 평균 utilization은 크게 상승할 것

\*2016, 2017년 3월 9월 평일 오전 08-11시 데이터 기반

서론

문제 정의

기존 버스 노선

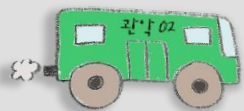
기존 버스 노선 문제점

개선 방안

모델링

결과 분석

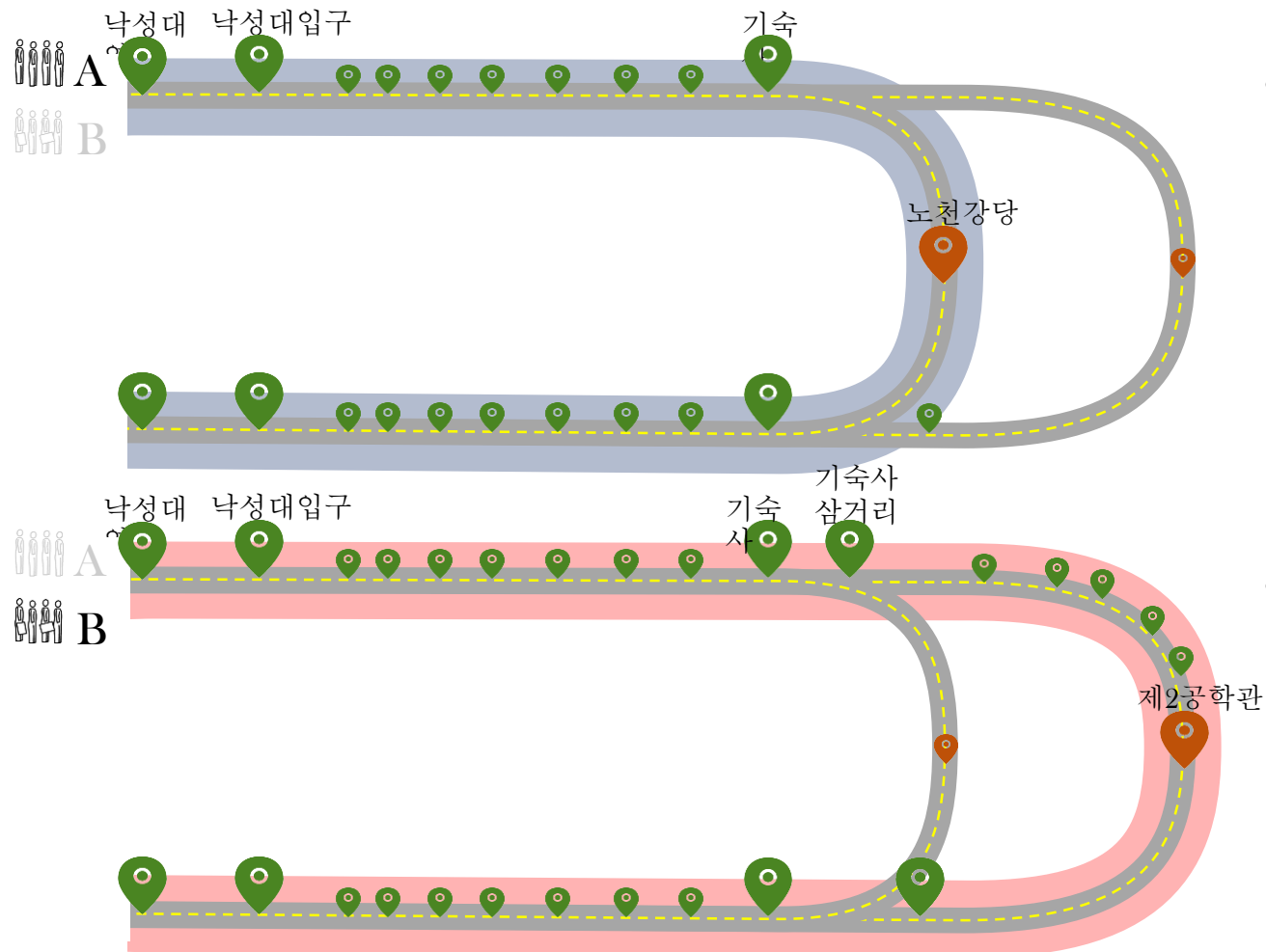
결론



### 3. 개선 방안

#### <1> 개선 방안: 노선 분리 방식

- 하차가 많이 이루어지는 주요 정류장인 노천강당과 제2공학관을 기준으로 노선을 분리하여 운행
- 낙성대역(기점) 정류장에 노천강당行, 제2공학관行의 2개 대기 줄 형성



#### • 관악02A(노천강당行)

- 낙성대역(기점) → 노천강당(종점)
- 노천강당 정류장까지 운행하고 다시 낙성대역으로 회차
- 기숙사삼거리를 경유하지 않음

#### • 관악02B(제2공학관行)

- 낙성대역(기점) → 제2공학관(종점)
- 노천강당 정류장만 경유하지 않고 그 외에는 기존 관악02 노선과 동일하게 운행

서론

문제 정의

개선 방안

노선 분리 방식

선택 이유

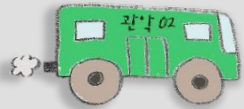
줄 선택 기준

모델링

결과 분석

결론





### 3. 개선 방안

#### <2> 노선 분리 방식 선택 이유

##### Multiple Server:

기존 관악02 노선을 관악02A, 관악02B로 분리함으로써 대기 인원을 Multiple Server에서 처리 가능하도록 하여 **관악02 승객들의 대기 시간 및 등교 시간이 단축될 것**

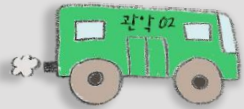
##### 비효율적 이동 동선 개선:

기존 관악02 노선의 경우 모든 버스가 비효율적인 이동 동선을 경유했다면, 개선안의 경우 일부 버스는 경유하지 않음으로써 **평균 이동 시간이 감소될 것**

##### 주요 목적지에 따른 하차 승객 수 고려:

관악02A의 경우 기존 노선의 약 33%에 해당하는 노천강당 승객의 수요를 만족하고, 관악02B의 경우 기존 노선보다 높은 제2공학관 승객 비율을 가지므로 **관악02 전체 버스의 평균 utilization이 상승할 것**

- ④ 서론
- ④ 문제 정의
- ④ 개선 방안
  - 노선 분리 방식
  - 선택 이유
  - 줄 선택 기준
- ④ 모델링
- ④ 결과 분석
- ④ 결론



### 3. 개선 방안

#### <3> 줄 선택 기준

- 줄 선택 기준의 필요성

: 개선 방안에서는 2개의 노선을 이용하기에,

(1) 두 노선이 공통적으로 가지고 있는 정류장이 목적지인 경우와

(2) 목적지와 도착 정류장 간의 이동시간이 짧아 목적지 변경이 자유로운 승객들의 경우에는  
어느 노선을 탈지에 대한 기준이 필요함

- 줄 선택 기준에 대한 3가지 가정

(1) 사람들은 대기 줄을 보고 다음 버스에 자신이 탈 수 있을지 없을지 판단이 가능함

(2) 두 대기 줄에 모두 설 수 있는 사람은 더 짧은 줄을 선택함

(3) 모든 사람들은 최대한 빨리 등교하기를 원함

- 위의 3가지 가정을 기반으로 모델을 구성하여 여러가지 줄 선택 기준에 대해 모델을 돌려본 후,  
가정에 의해 **목적지 별로 평균 등교 시간이 가장 작은 선택 기준**에 따라 줄을 설 것이라고 가정

㉠ 서론

㉡ 문제 정의

㉢ 개선 방안

노선 분리 방식

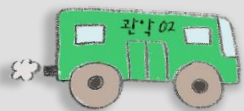
선택 이유

줄 선택 기준

㉣ 모델링

㉤ 결과 분석

㉥ 결론



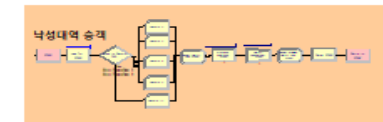
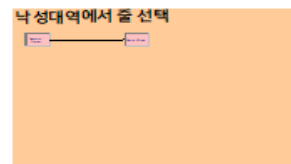
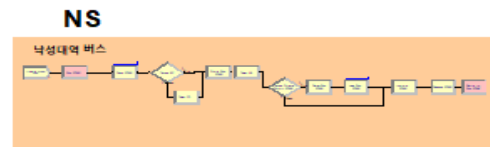
## 4. 모델링

Arena Simulation Software(Rockwell Automation)

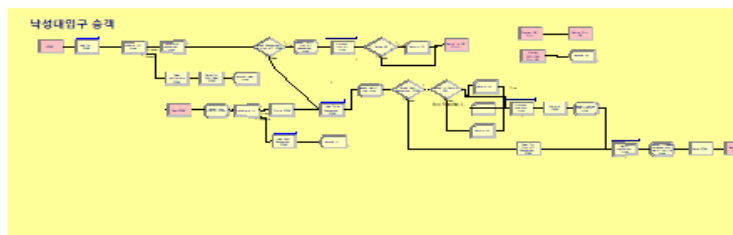
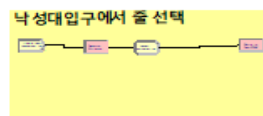
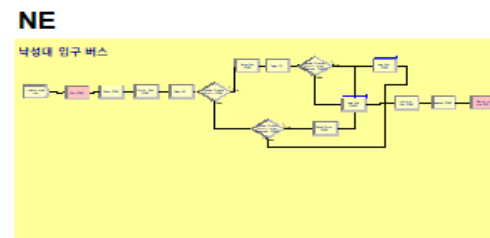
Version 15.00.00001 사용

### <1> 기존 노선 Arena 모델링 (1)

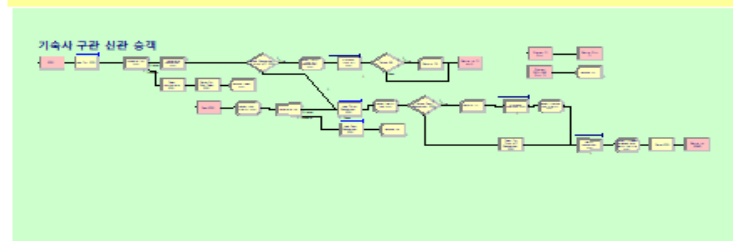
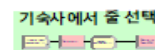
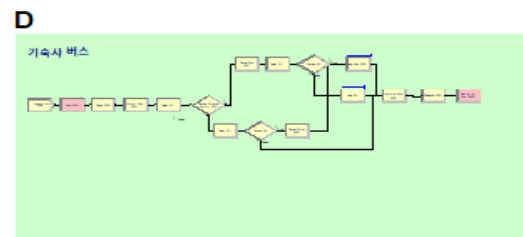
낙성대역



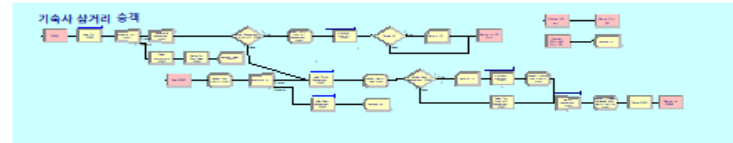
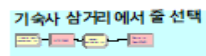
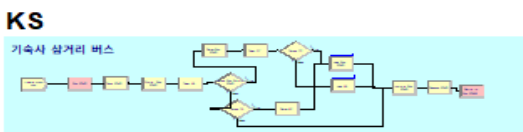
낙성대입구



기숙사



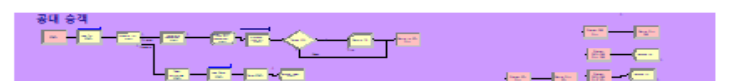
기숙사삼거리



노천강당



제2공학관



- ① 서론
- ② 문제 정의
- ③ 개선 방안
- ④ 모델링

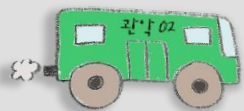
기존 노선 Arena

개선 방안 Arena

개선 방안 애니메이션

- ⑤ 결과 분석

- ⑥ 결론



## 4. 모델링

Arena Simulation Software(Rockwell Automation)

Version 15.00.00001 사용

### <1> 기존 노선 Arena 모델링 (2)

- 각 정류장마다 버스를 움직이는 버스 module set과 승객을 움직이는 승객 module set이 존재
- 두 module set 간의 상호작용을 통해 모델이 작동

낙성대역

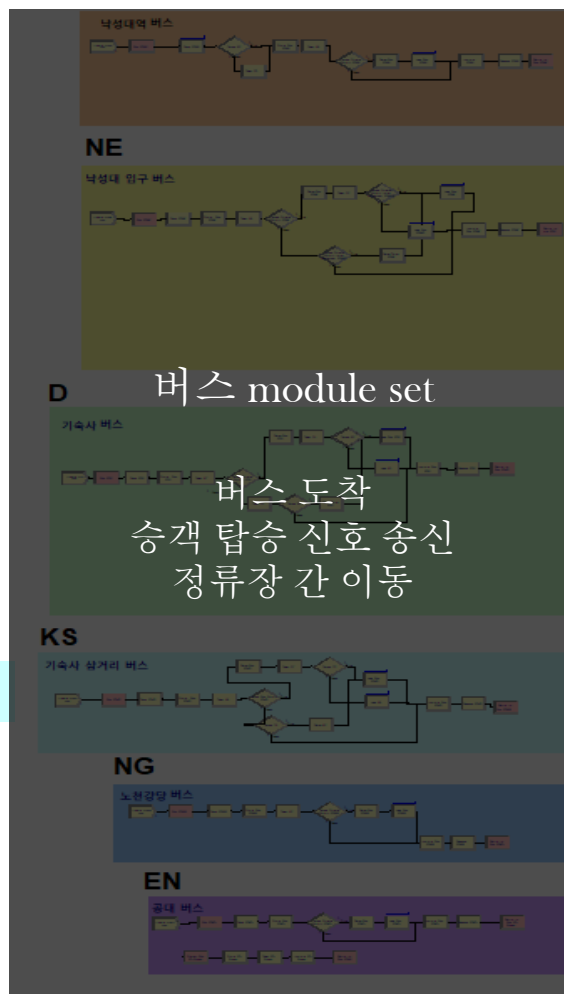
낙성대입구

기숙사

기숙사삼거리

노천강당

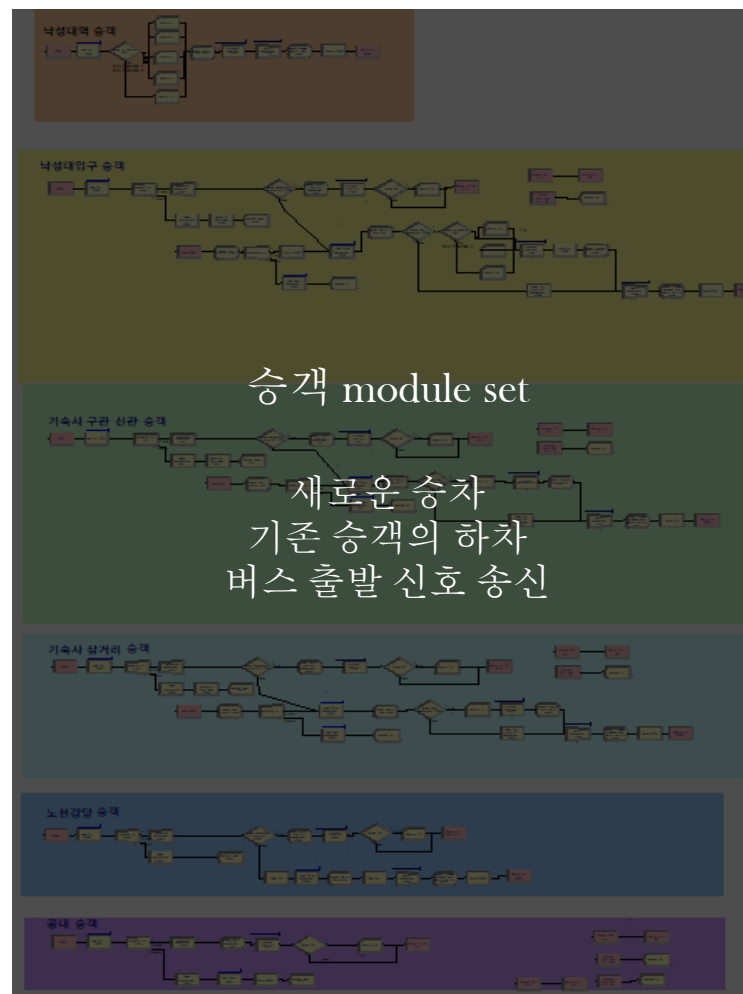
제2공학관



낙성대입구에서 줄 선택

기숙사에서 줄 선택

기숙사삼거리에서 줄 선택



- 서론
- 문제 정의
- 개선 방안
- 모델링

기존 노선 Arena

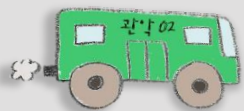
개선 방안 Arena

개선 방안 애니메이션

- 결과 분석

- 결론





## 4. 모델링

Arena Simulation Software(Rockwell Automation)

Version 15.00.00001 사용

### <2> 개선 방안 Arena 모델링 (1)

낙성대역

NS

낙성대역 버스



NE

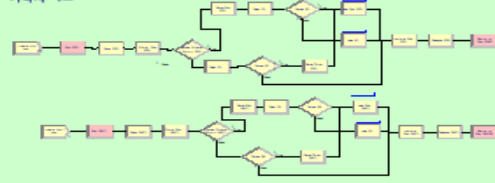
낙성대입구 버스



낙성대입구

D

기숙사 버스



기숙사

KS

기숙사 삼거리 버스



기숙사삼거리

NG

노원강당 버스



노원강당

EN

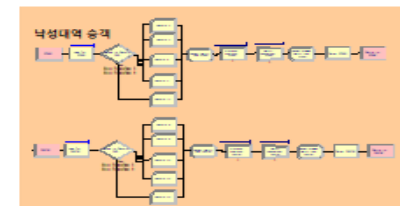
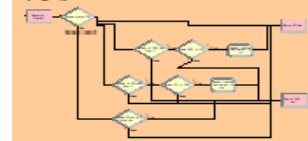
공대 버스



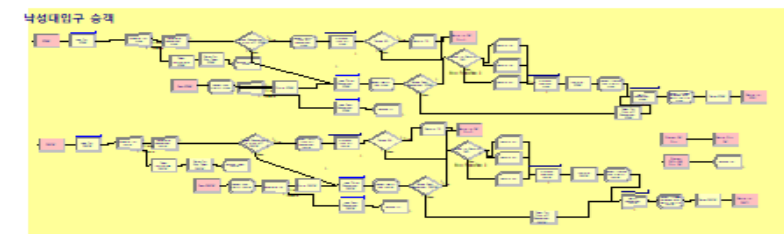
제2공학관



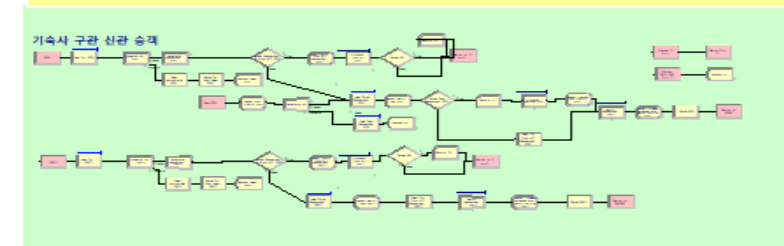
낙성대역에서 줄선택



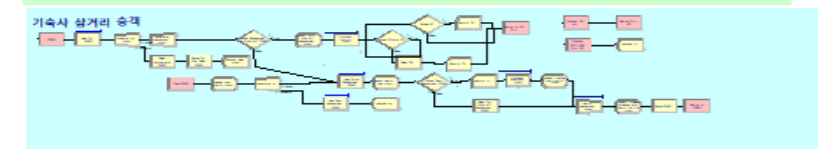
낙성대입구에서 줄선택



기숙사에서 줄선택



기숙사 삼거리에서 줄선택



- ② 서론
- ② 문제 정의
- ② 개선 방안
- ② 모델링

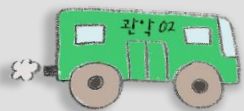
기존 노선 Arena

개선 방안 Arena

개선 방안 애니메이션

- ② 결과 분석

- ② 결론



## 4. 모델링

Arena Simulation Software(Rockwell Automation)

Version 15.00.00001 사용

### <2> 개선 방안 Arena 모델링 (2)

- 기존 노선 모델이랑 유사하나, 기존 모델에는 없는 줄 선택 module set, 노선 분리로 인한 승객, 버스 module set의 추가 및 노선의 이동경로 수정이 이루어짐

낙성대역

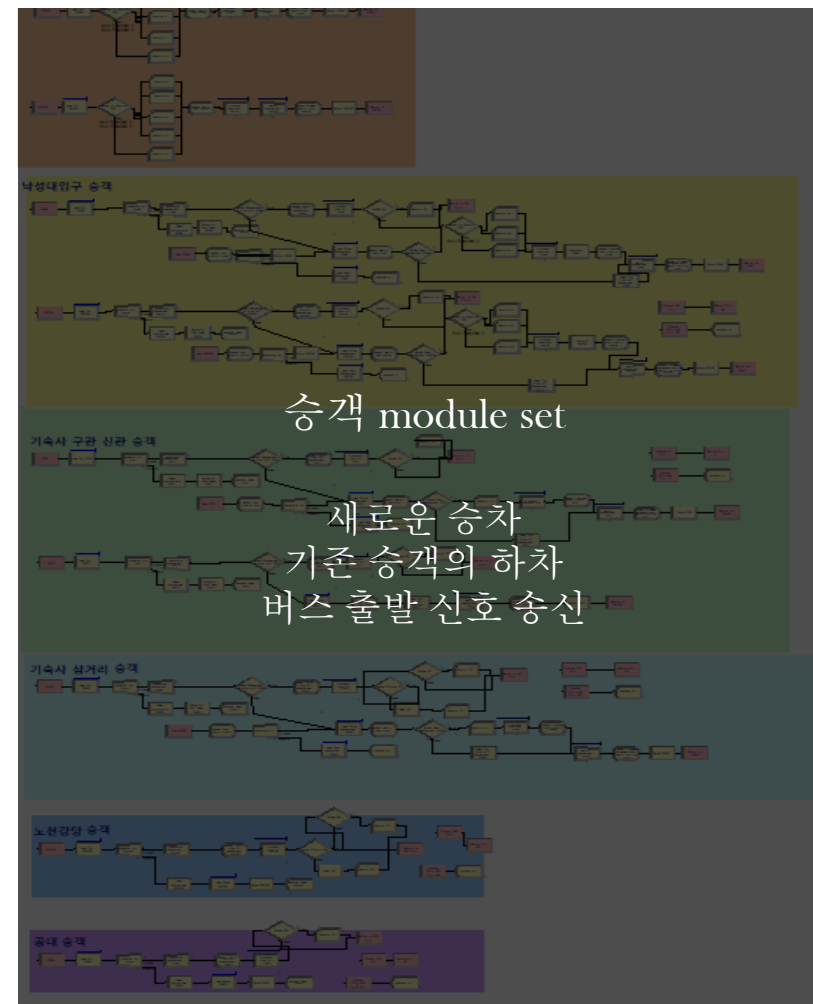
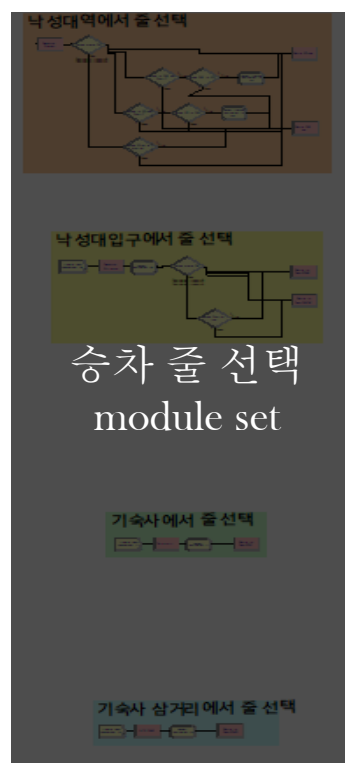
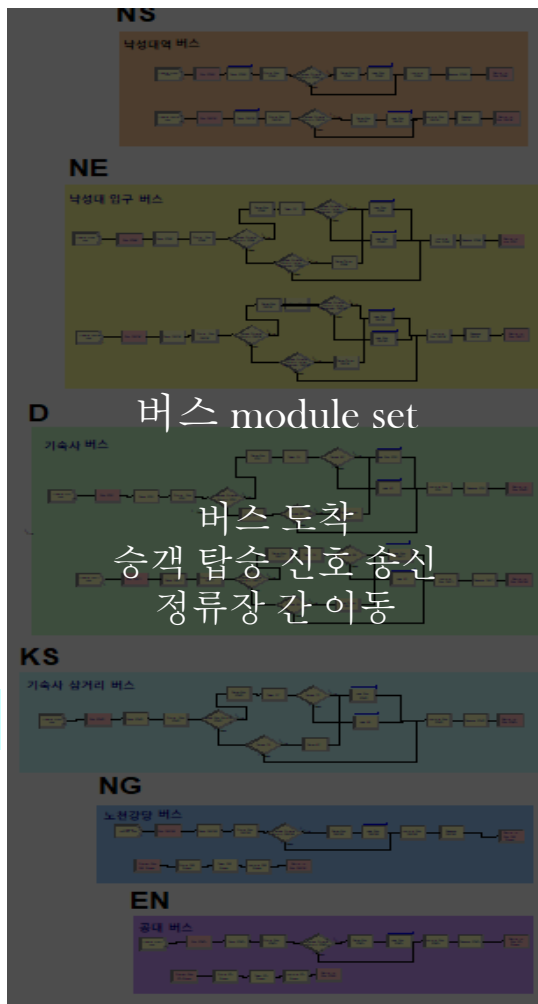
낙성대입구

기숙사

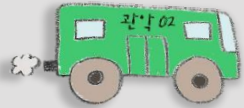
기숙사삼거리

노천강당

제2공학관



- 서론
- 문제 정의
- 개선 방안
- 모델링
- 기존 노선 Arena
- 개선 방안 Arena
- 개선 방안 애니메이션
- 결과 분석
- 결론



#### 4. 모델링

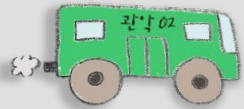
Arena Simulation Software(Rockwell Automation)

Version 15.00.00001 사용

### <3> 개선 방안 Arena 모델링 애니메이션



- ⊙ 서론
- ⊙ 문제 정의
- ⊙ 개선 방안
- ⊙ 모델링
- 기존 노선 Arena
- 개선 방안 Arena
- 개선 방안 애니메이션
- ⊙ 결과 분석
- ⊙ 결론

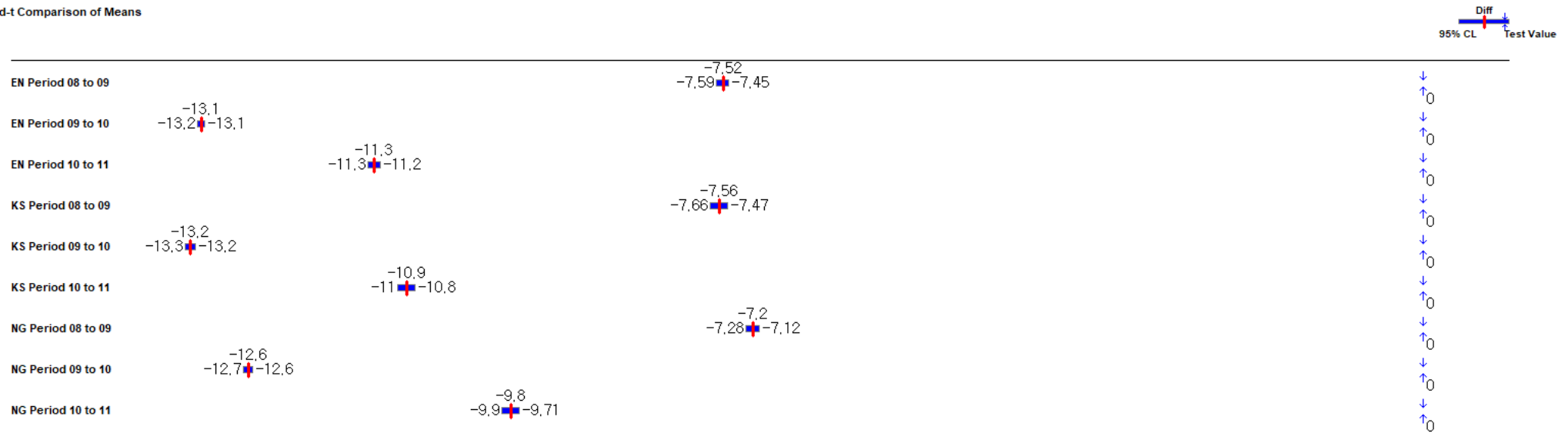


## 5. 결과 분석

### <1> 최적 버스 분배

- 총 12대의 관악02 버스를 노선 분리하는 과정에서, 관악02A와 관악02B 버스의 최적 분배 대수를 찾기 위해 (9대/3대), (8대/4대), (7대/5대)로 모델 반복 실행

Paired-t Comparison of Means



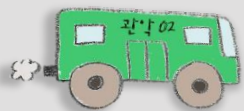
- 관악02A 8대, 관악02B 4대로 버스를 분배했을 때, t-test를 통해 유의수준 0.025 하에서 기존 노선과 개선 방안의 승객 평균 대기 시간의 차이가 가장 크게 나타남

- 서론
- 문제 정의
- 개선 방안
- 모델링
- 결과 분석

최적 버스 분배  
대기시간 비교  
등교시간 비교  
버스 utilization 비교

- 결론





## 5. 결과 분석

### <2> 대기시간 비교

시간대(시)	하차 정류장	기존 노선 대기시간(분)*	개선 방안 대기시간(분)	차이(분)
08-09	기숙사	11.3504	4.2005	7.1499
09-10	기숙사	17.8403	5.5327	12.3076
10-11	기숙사	16.3591	6.6082	9.7509
08-09	기숙사삼거리	11.3439	3.7804	7.5635
09-10	기숙사삼거리	18.0128	4.7552	13.2576
10-11	기숙사삼거리	16.4239	5.4989	10.925
08-09	노천강당	11.3826	4.1642	7.2184
09-10	노천강당	17.9533	5.3506	12.6027
10-11	노천강당	16.4670	6.6978	9.7692
08-09	제2공학관	11.3105	3.7935	7.517
09-10	제2공학관	17.9598	4.7870	13.1728
10-11	제2공학관	16.4203	5.2501	11.1702

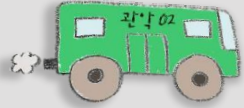
• 기존 노선 평균 대기시간: 15.6분

• 개선 방안 평균 대기시간: 5.1분

평균 대기시간 67.2% 감소

\*실제 대기시간과의 유의미한 차이가 없음이 확인됨

- ☐ 서론
- ☐ 문제 정의
- ☐ 개선 방안
- ☐ 모델링
- 결과 분석
- 최적 버스 분배
- 대기시간 비교
- 등교시간 비교
- 버스 utilization 비교
- ☐ 결론



## 5. 결과 분석

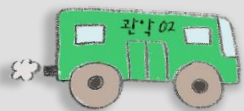
### <3> 등교시간 비교

시간대(시)	하차 정류장	기존 노선 등교시간(분) *	개선 방안 등교시간(분)	차이(분)
08-09	기숙사	25.36	18.897	6.463
09-10	기숙사	30.63	20.57	10.06
10-11	기숙사	29.7	19.59	10.11
08-09	기숙사삼거리	26.72	24.97	1.75
09-10	기숙사삼거리	31.97	25.17	6.8
10-11	기숙사삼거리	31.66	23.123	8.537
08-09	노천강당	28.3	21.63	6.67
09-10	노천강당	33.57	23.375	10.195
10-11	노천강당	33.28	22.304	10.976
08-09	제2공학관	36.7	33.6	3.1
09-10	제2공학관	42.3	34.437	7.863
10-11	제2공학관	42.2	31.62	10.58

하차 정류장까지의 평균 등교시간 7.7분 감소

- 서론
  - 문제 정의
  - 개선 방안
  - 모델링
  - 결과 분석
  - 결론
- 최적 버스 분배  
대기시간 비교  
등교시간 비교  
버스 utilization 비교

\*실제 등교시간과의 유의미한 차이가 없음이 확인됨



## 5. 결과 분석

### <4> 버스 utilization 비교 (1)

- 노천 강당을 지난 후 각 노선 버스 1대당 평균 탑승 비율 비교

시간대(시)	노선명 및 측정 구간	버스 1대당 탑승객 수(명)	Utilization(탑승객 수/버스 정원)
08-09	관악02A (기숙사삼거리~ 제2공학관)	30.88	0.475
09-10		30.90	0.475
10-11		31.11	0.478
08-09	기존 관악02 노선 (노천강당~제2공학관)	24.013	0.369
09-10		24.04	0.369
10-11		24.5	0.376

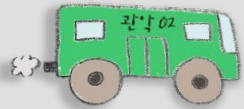
- 기존 관악02 노선의 경우, 노천강당 정류장 이후 승객은 모두 제2공학관 승객이므로 초기 설정한 목적지 비율(0.36~0.37)만큼의 승객만 탑승해 있는 것을 확인
- 개선 방안의 경우, Utilization이 약 0.475로 기존 노선에 비해 약 28%가 상승
- 약 6~7명 정도의 승객이 더 탑승 가능

노천강당 이후 버스의 평균 utilization 약 28% 상승

- 서론
- 문제 정의
- 개선 방안
- 모델링
- 결과 분석

최적 버스 분배  
대기시간 비교  
등교시간 비교  
버스 utilization 비교

- 결론



## 5. 결과 분석

### <4> 버스 utilization 비교 (2)

- 노천강당에서 하차하는 승객들의 버스 1대당 탑승 비율(노천강당행 탑승객 수/버스 정원)를 비교

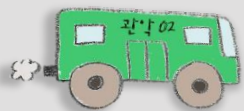
시간대(시)	노선명 및 측정 구간	버스 1대당 탑승객 수(명)	Utilization (노천강당행 탑승객 수/버스 정원)
08-09	관악02B (낙성대역~노천강당)	32.35	0.497
09-10		37.60	0.578
10-11		23.7	0.364
08-09	기존 관악02 노선 (낙성대역~노천강당)	20.8	0.32
09-10		20.2	0.31
10-11		19.6	0.301

- 기존 관악02 노선의 경우, 초기 설정한 목적지 비율(약 0.30)만큼의 승객이 탑승해 있는 것을 확인
- 기존의 경우는 평균 20명 정도의 노천강당 하차 승객이 버스에 탑승하는 반면, 개선 방안의 경우 30명 이상의 노천강당 하차 승객을 수용 가능 → 노천강당 승객 수요를 잘 만족시킴

따라서 개선 방안은 모든 승객들의 수요를 잘 만족시키고, 제2공학관 승객들의 수요 문제를 개선시킴

- 서론
- 문제 정의
- 개선 방안
- 모델링
- 결과 분석
- 최적 버스 분배
- 대기시간 비교
- 등교시간 비교
- 버스 utilization 비교
- 결론





## 6. 결론

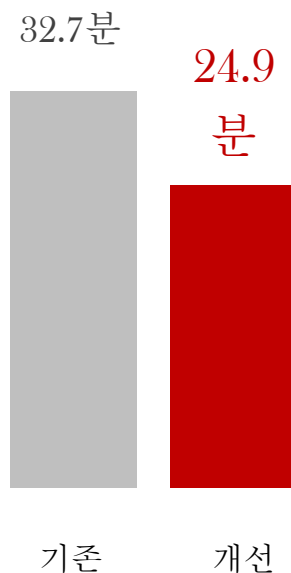
### <1> 기대 효과

- 추가적인 버스 resource는 필요로 하지 않고, 두 개의 노선이 서로 다른 정류장을 이용하기에 승객들의 노선 식별 또한 문제가 되지 않아 현실에 적용하기 쉬울 것으로 보임
- 관악02를 통한 연구 결과 다음과 같은 개선율을 보였으므로, 더 높은 이용률을 보이는 운송수단들에 있어서 또한 높은 개선율을 보일 것으로 기대함

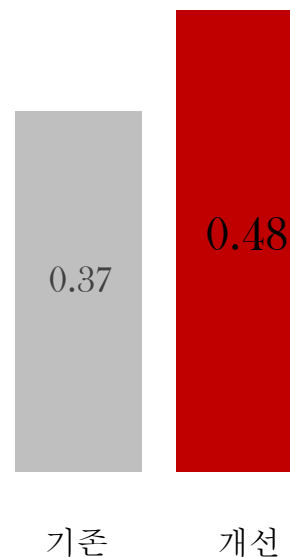
대기시간 비교



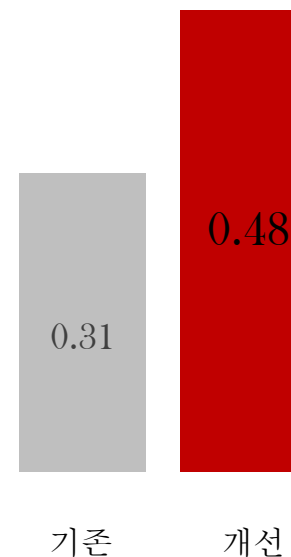
등교시간 비교



제2공학관 승객  
utilization 비교

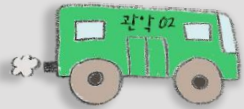


노천강당 승객  
utilization 비교



- ☐ 서론
- ☐ 문제 정의
- ☐ 개선 방안
- ☐ 모델링
- ☐ 결과 분석
- 결론

기대 효과  
적용 가능성 및  
향후 연구



## 6. 결론

### <2> 적용 가능성 및 향후 연구

- 제시한 개선 방안은 **추가적인 Resource 투입이 없는 효율적인 방안**으로, Resource 투입이 어렵지만 노선의 개선이 필요한 모든 운수업체들에 참고가 될 수 있음
- 그 예시로, 서울시에서는 출퇴근 시간 혼잡한 노선에 추가적으로 투입되는 버스인 ‘다람쥐 버스’를 운영하고 있는데, 운행에 별다른 어려움은 없었고 정체 해소에 효과적

#### “혼잡 구간 오가는 ‘다람쥐 버스’ 3개 노선 신설”\*

승객이 붐비는 특정 혼잡 구간을 반복해 오가는 ‘다람쥐버스’ 3개 노선이 늘어난다. 서울시는 이달 26일부터 장안·답십리, 세곡·수서, 신탄 지역에 다람쥐버스를 새로 투입해 운행한다고 밝혔다. ... (중략) ... 기존 혼잡 구간의 버스 이용객 수는 하루평균 110~180명 줄어든 것으로 나타났다. 시민 만족도는 100점 만점에 92.1점을 기록해 일반 시내버스 81점보다 11.1점 높았다.

- 특정 정류장과 특정 시간대에 승, 하차 인원이 집중되어 있고, 지나치게 긴 대기 줄이 형성되는 광역버스에 적용할 때 효과적일 것으로 예상

노선	시간대	주요 정류장	집중 인원 비율	노선	시간대	주요 정류장	집중 인원 비율
M4102	출근시간	기점	42.3%	M5609	출근시간	기점	67.8%
M7111	상시	운정2동 주민센터	73.5%	M7412	출근시간	중산마을 10단지	38.3%

- 노선에 대한 버스 혼잡도, 운행 대수 조절, 휴식 시간의 조절 등과 같은 다양한 관점의 분석 가능

☉ 서론

☉ 문제 정의

☉ 개선 방안

☉ 모델링

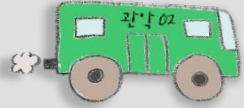
☉ 결과 분석

☉ 결론

기대 효과

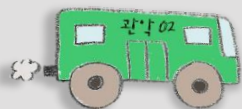
적용 가능성 및  
향후 연구

\*출처: 연합뉴스, 2018-03-11



## Appendix

- 문일경, 박양병, 조면식, 최원준 (2015). McGraw Hill. Arena를 이용한 시뮬레이션.
- 강대진, 기예슬, 이재훈, 이재국, 이정은, 김영운, 김주아. (2015). C관리도와 대기행렬을 이용한 순환버스 대기인원 분산을 통한 등교시간 단축. 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 31-46.
- 강호석, 노승민, 정진영. (2016). ARENA를 이용한 고속도로 교통흐름 개선을 위한 시뮬레이션 연구. 한국시뮬레이션학회 학술대회 논문집, 252-277.
- 경기도교통DB센터 광역급행버스 현황분석 (2017). 경기도교통정보센터.



## Appendix

- 시간 당 정류장 별 탑승객 수 Schedule 지정
- 정류장 별 하차 승객 비율 Expression 작성

**Schedule** ? X

Name:

Type:

Time Units:  Scale Factor:

Durations:

954, 1
940, 1
650, 1
334, 1
<End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel μμζδ,»

**Assignments** ? X

Type:  Attribute Name:

New Value:

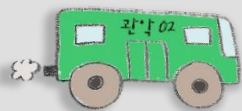
OK Cancel μμζδ,»

Expression Values

1	DISC(0.01,2,0.10,3,0.31,4,0.63,5,1.0,6)
2	DISC(0.01,2,0.08,3,0.32,4,0.63,5,1.0,6)
3	DISC(0.01,2,0.08,3,0.32,4,0.62,5,1.0,6)

- 대기 줄 선택 Expression 작성

Decide Is NG line Short?	2-way by Condition	Expression	$NQ(\text{Hold for NGNS.queue}) + NQ(\text{Process Boarding NGNS.queue}) \geq 60$
Decide NG to EN	2-way by Condition	Expression	$NQ(\text{Process Boarding NGNS.queue}) + NQ(\text{Hold for NGNS.queue}) > NQ(\text{Hold for ENNS.queue}) - NQ(\text{Process Boarding ENNS.queue})$
Decide Is EN line Short?	2-way by Condition	Expression	$NQ(\text{Hold for ENNS.queue}) + NQ(\text{Process Boarding ENNS.queue}) \geq 60$
Decide KS to NG	2-way by Condition	Expression	$NQ(\text{Process Boarding ENNS.queue}) + NQ(\text{Hold for ENNS.queue}) > NQ(\text{Hold for NGNS.queue}) - NQ(\text{Process Boarding NGNS.queue})$
Decide Which is shorter	2-way by Condition	Expression	$NQ(\text{Hold for ENNS.queue}) + NQ(\text{Process Boarding ENNS.queue}) \geq NQ(\text{Hold for NGNS.queue}) + NQ(\text{Process Boarding NGNS.queue})$

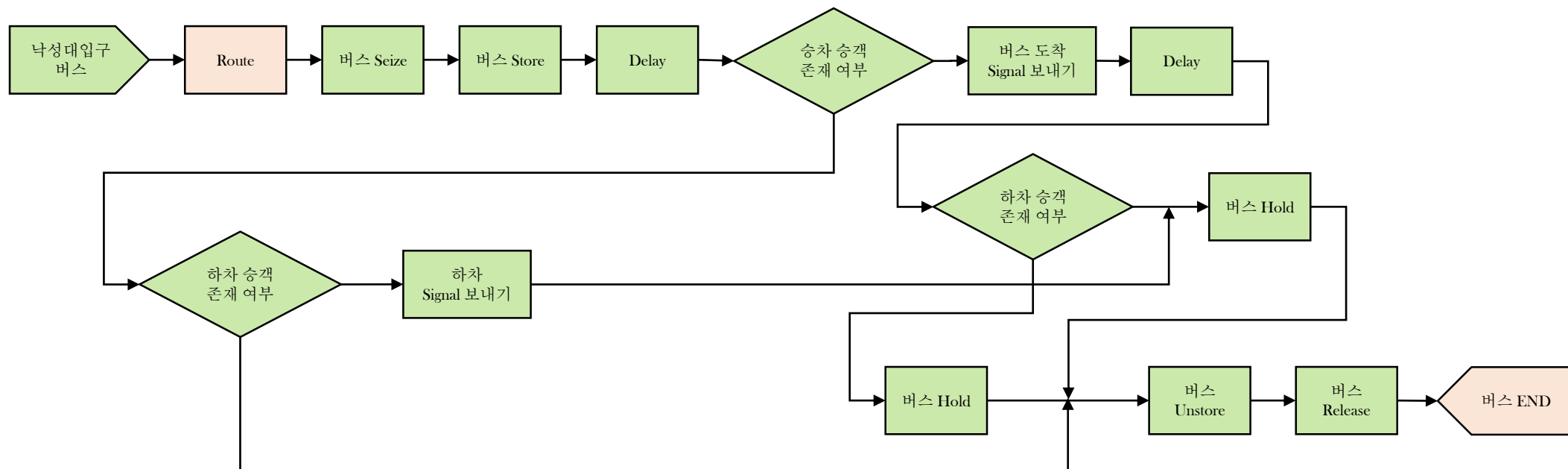


## Appendix

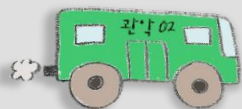
### 기존 노선 Arena 모델링 (1)

#### 낙성대입구(NE) 버스 module set

- Signal 보내기: 버스가 도착하거나 하차가 필요할 때 승객 module set에 signal을 보내어 승객 batch가 '버스 Hold' module를 통과
- 승객 존재 여부 Decide: 목적지 attribute 또는 queue 길이를 사용하여 승,하차를 하는 승객의 유무를 판단하고 정류장을 통과할지 정차할지 결정





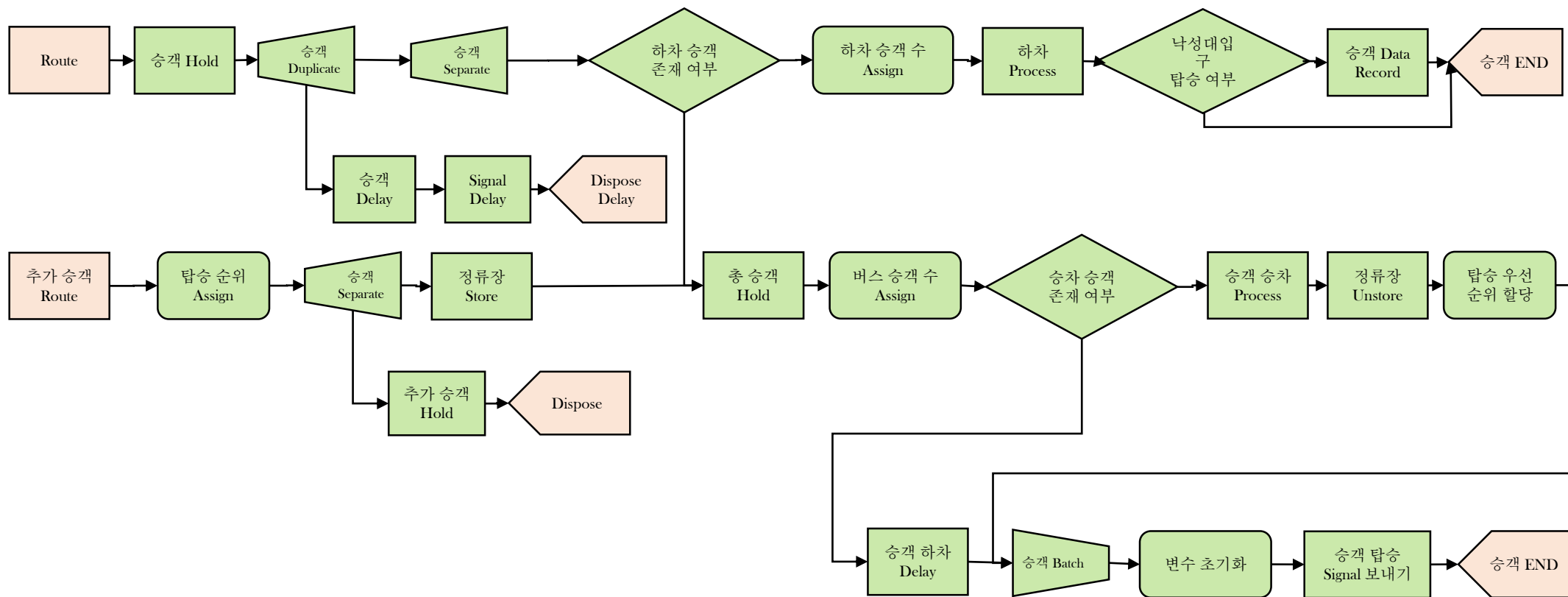


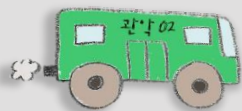
## Appendix

## 기존 노선 Arena 모델링 (2)

### 낙성대입구(NE) 승객 module set

- 승, 하차 승객 존재 여부 Decide: 승, 하차 승객이 있는 경우, 하차 과정과 동시에 탑승 과정이 진행
- 승객 탑승 Signal 보내기: 기존 승객의 하차, 새로운 승객의 승차 과정을 마치면 버스 module set에 signal을 보내 버스와 승객 batch가 같이 다음 정류장으로 출발

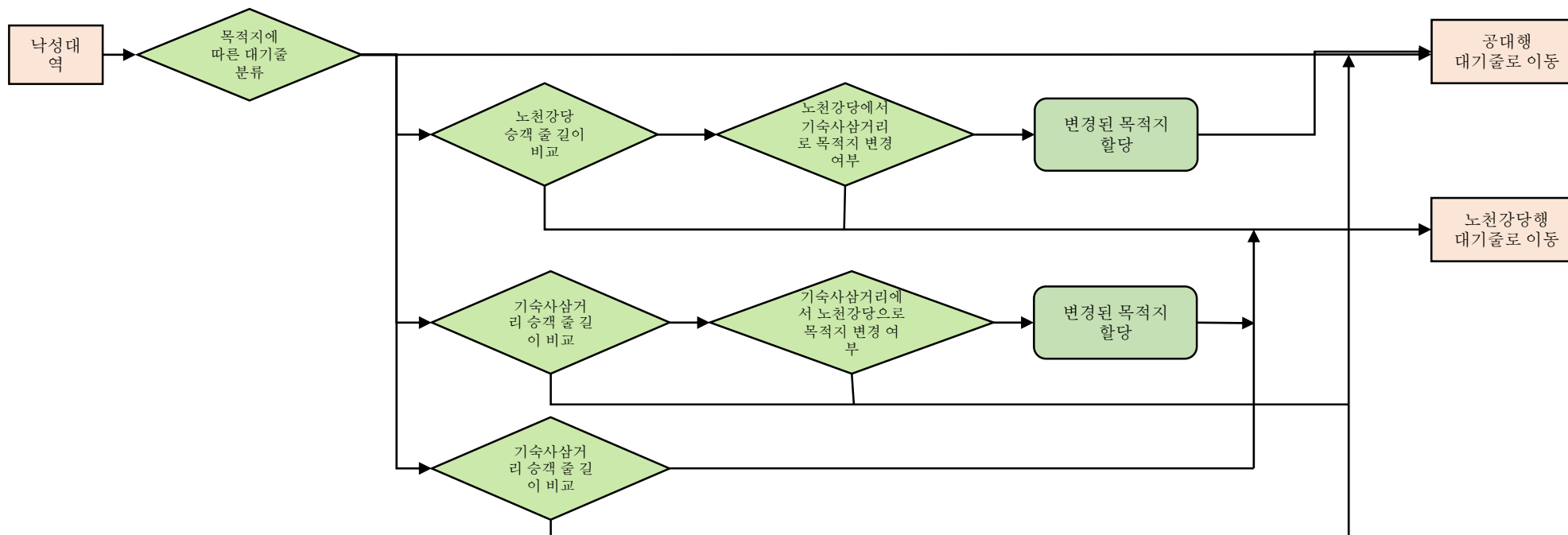




## Appendix

## 개선 방안 Arena 모델링

### 낙성대역(NS) 승차 줄 선택 module set



감사합니다

지도교수 문일경  
김수정 김탁현 임형기

