

수도권 대중교통 통행배정 결과 진단

2014. 12. 11



경기개발연구원
Gyeonggi Research Institute

휴먼교통연구실 김채만 연구위원

Contents

I. 대중교통 DB의 구성

II. Assignment Software

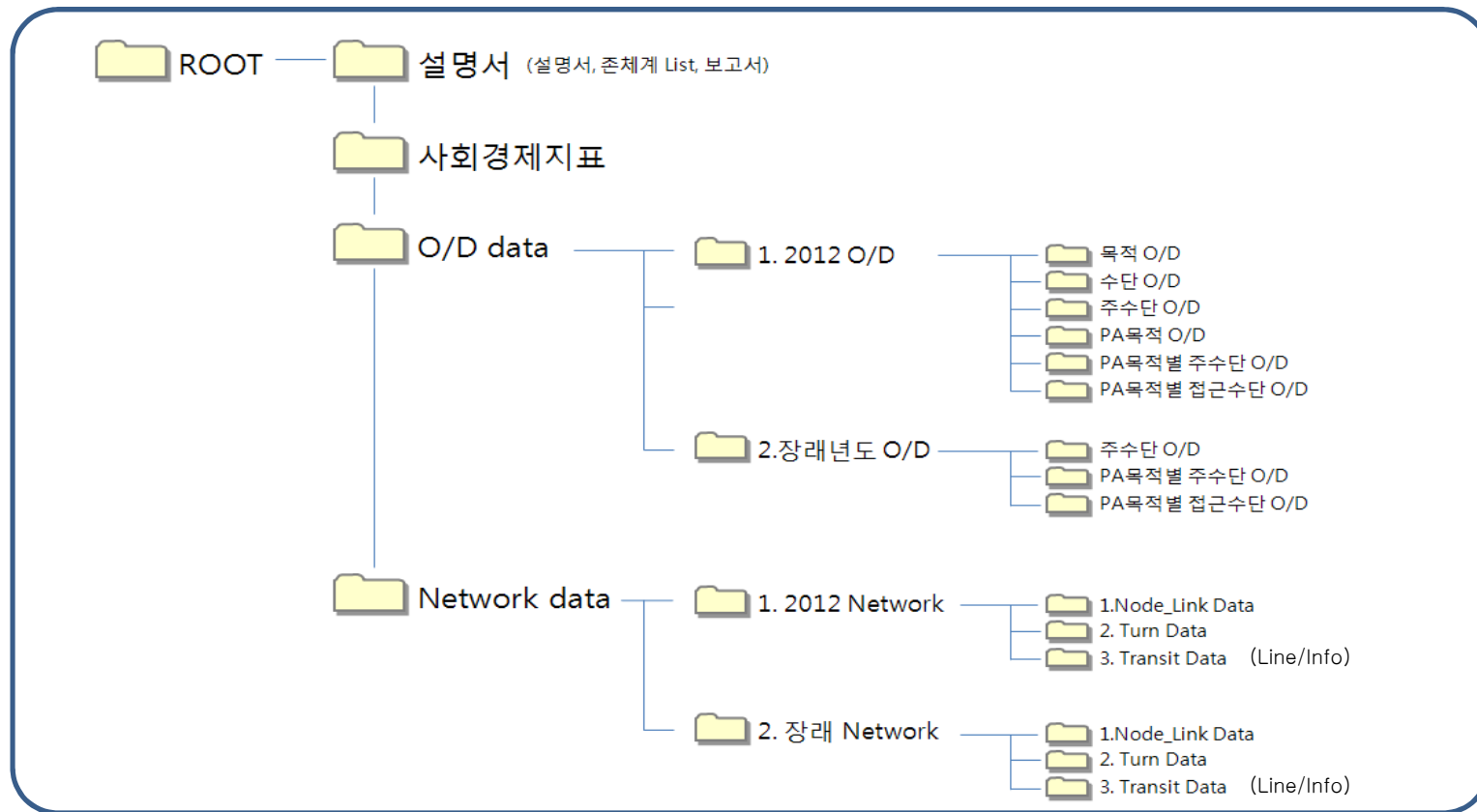
III. 배정방법 및 Setting

IV. 대중교통 배정결과

V. 결론

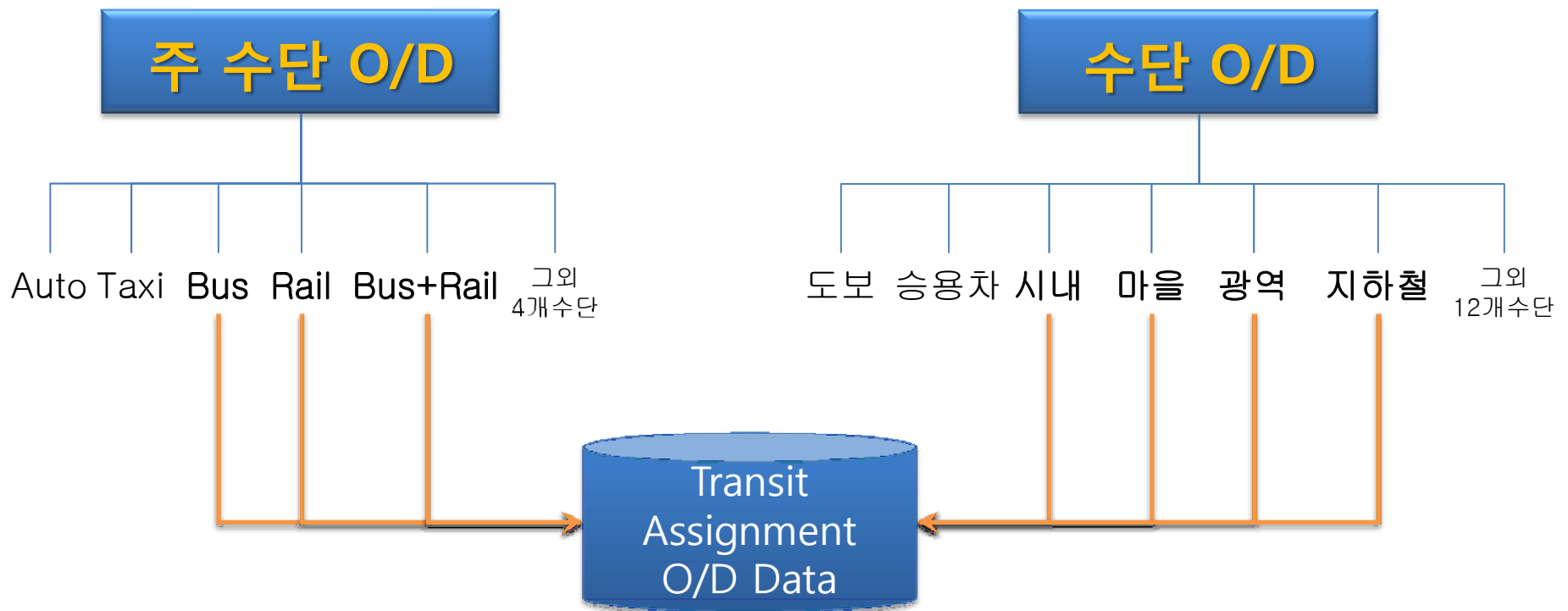
I. 대중교통 DB의 구성 - 자료의 구성

- 사회경제지표, O/D통행량(목적/수단/주수단), Network Data로 구성
- 「현행화」를 통하여 매년 자료를 생성 (O/D 및 Network)



I. 대중교통 DB의 구성 - O/D 통행량 자료

- 주수단 O/D : 대중교통수단 O/D 3개 (Bus, Rail, Bus+Rail) – 기준년도, 장래년도
- 수 단 O/D : 대중교통수단 O/D 4개 (시내, 마을, 광역, 지하철) – 기준년도



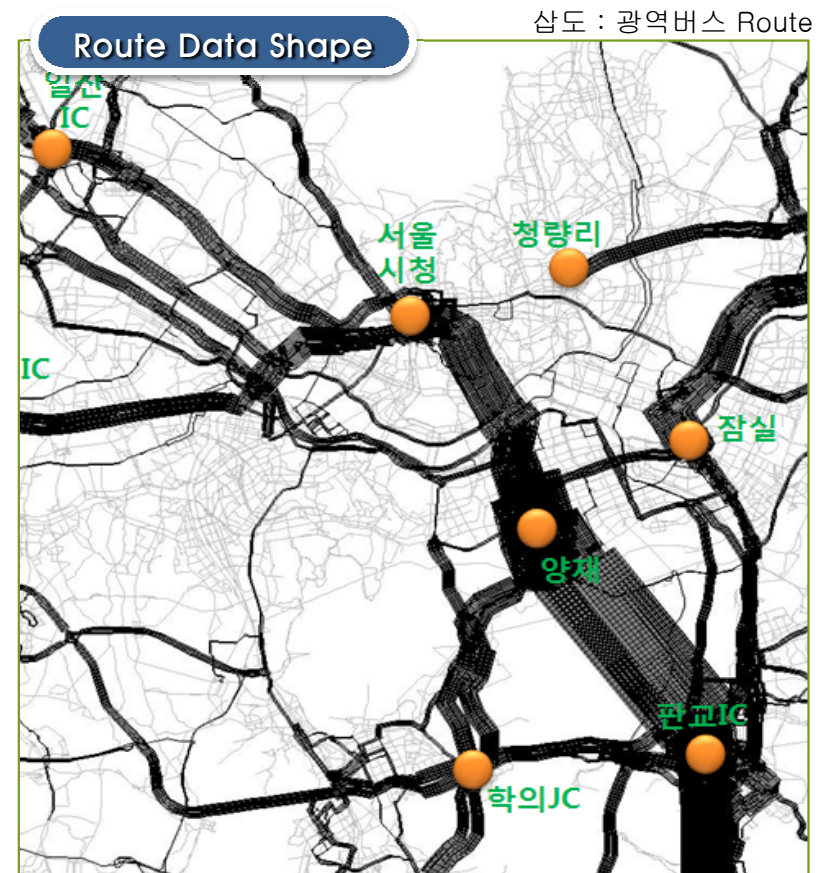
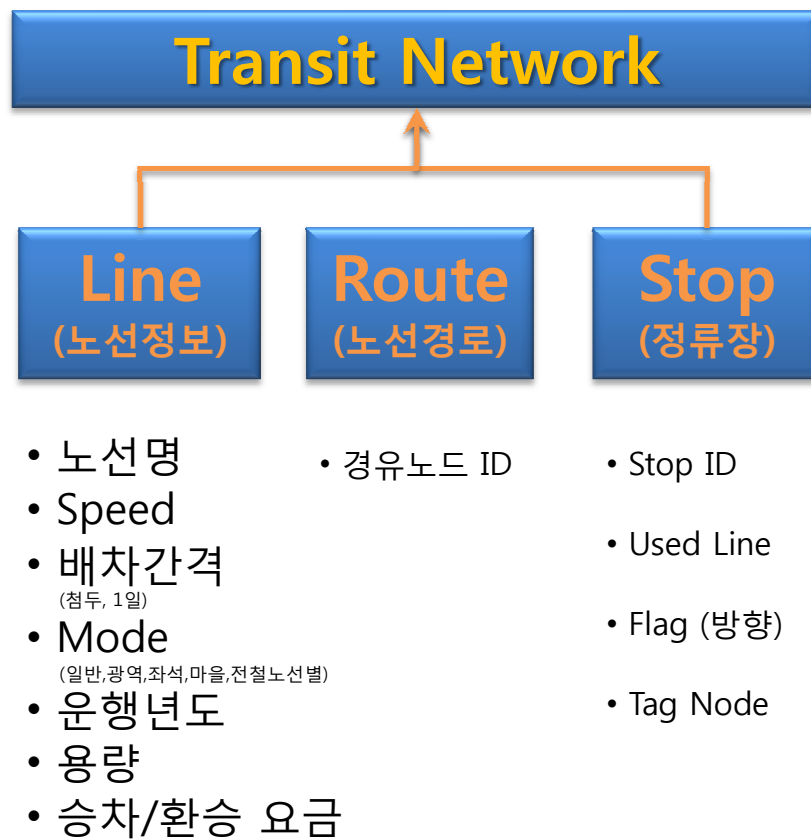
I. 대중교통 DB의 구성 – Transit Network 구축현황

● 수도권외의 모든 대중교통 노선 구축

구분		2010 전수화	2011 현행화	2012 현행화	2013 현행화
Transit	버스	1,758개 노선	1,877개 노선	3,152개 노선 (수도권 전체노선 구축)	2,792개 노선 (경기도 벽지노선 통폐합)
	마을버스	–	768개 노선 (신규구축)	853개 노선	859개 노선
	지하철	34개 노선	36개 노선	42개 노선	95개 노선 (운행구간별 구축)
	시외/고속	582개 노선	582개 노선	1,268개 노선 (추가구축)	1,268개 노선
	합계	2,370개 노선	3,259개 노선	5,315개 노선	5,014개 노선
High way	노드	30,426개	2010~2011 개통내역 반영	2011~2012 개통내역 반영	2012~2013 개통내역 반영
	링크	80,079개 (장래도로:257건, 철도 44건)			
	회전제약	16,919개	16,919개	16,919개	16,919개

I. 대중교통 DB의 구성 - Transit Network 구성

- 대중교통은 네트워크는 Line과 Stop으로 구성



I. 대중교통 DB의 구성 - 수도권 환승링크 이동거리 DB

- 수도권 589개 전철역의 환승거리 DB 구축 : 버스-지하철환승, 지하철-지하철환승
- 기존 임의의 값을 실제값으로 수정

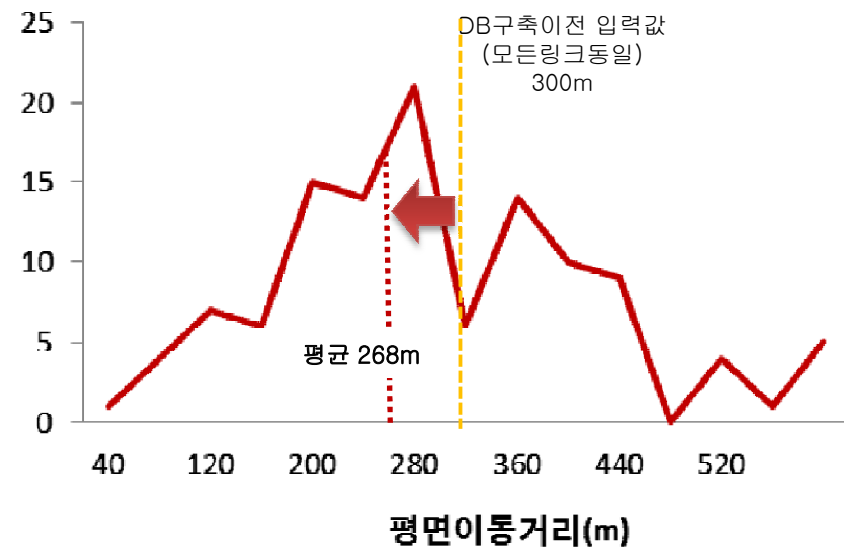
❖ 버스-지하철 환승

= 101개 계단(경사거리 43m) + 189m 평면이동
= 총 232m 도보이동



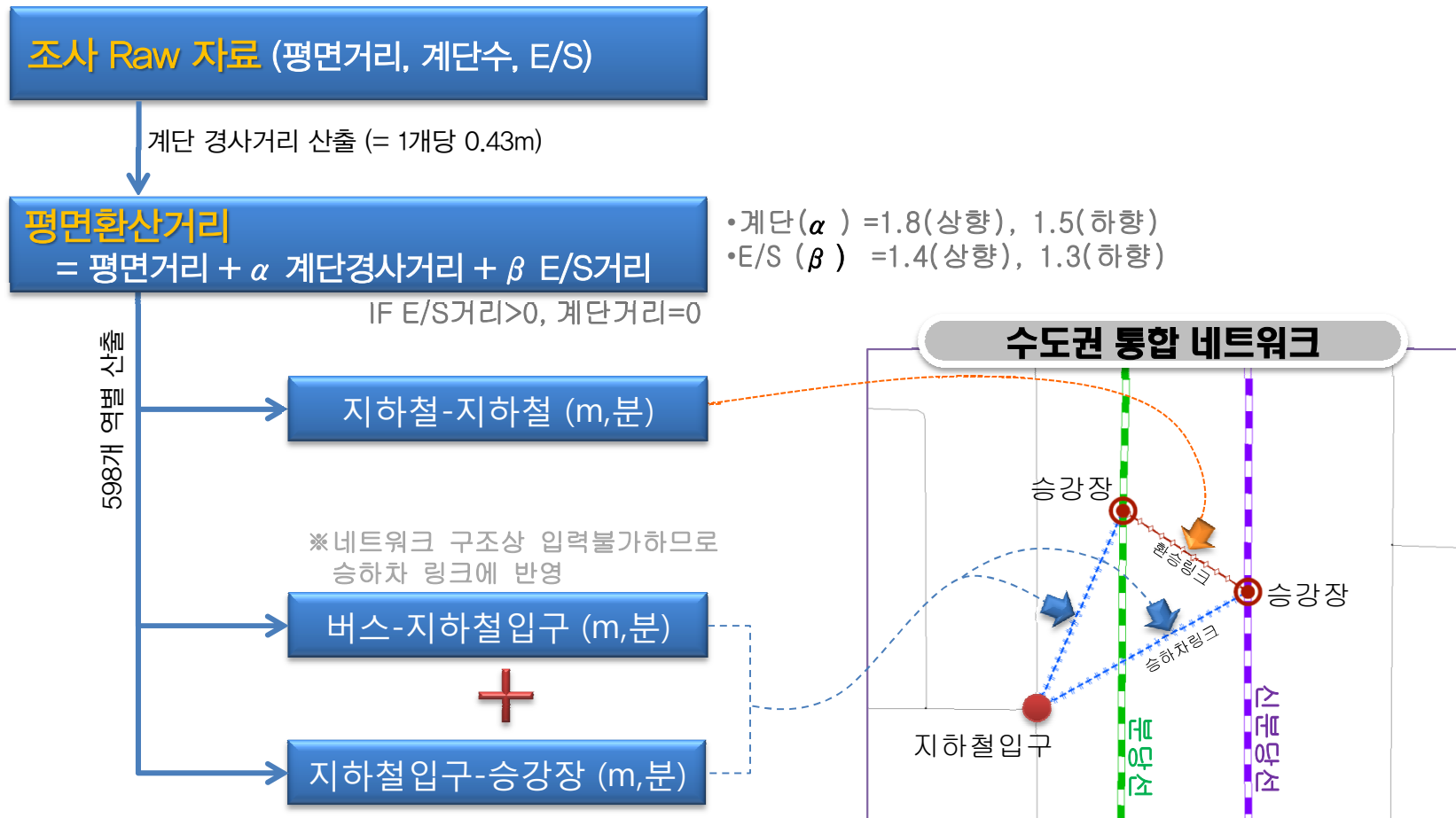
❖ 지하철-지하철 환승

= 112개 계단(경사거리 48m) + 220m 평면이동
= 총 268m 도보이동



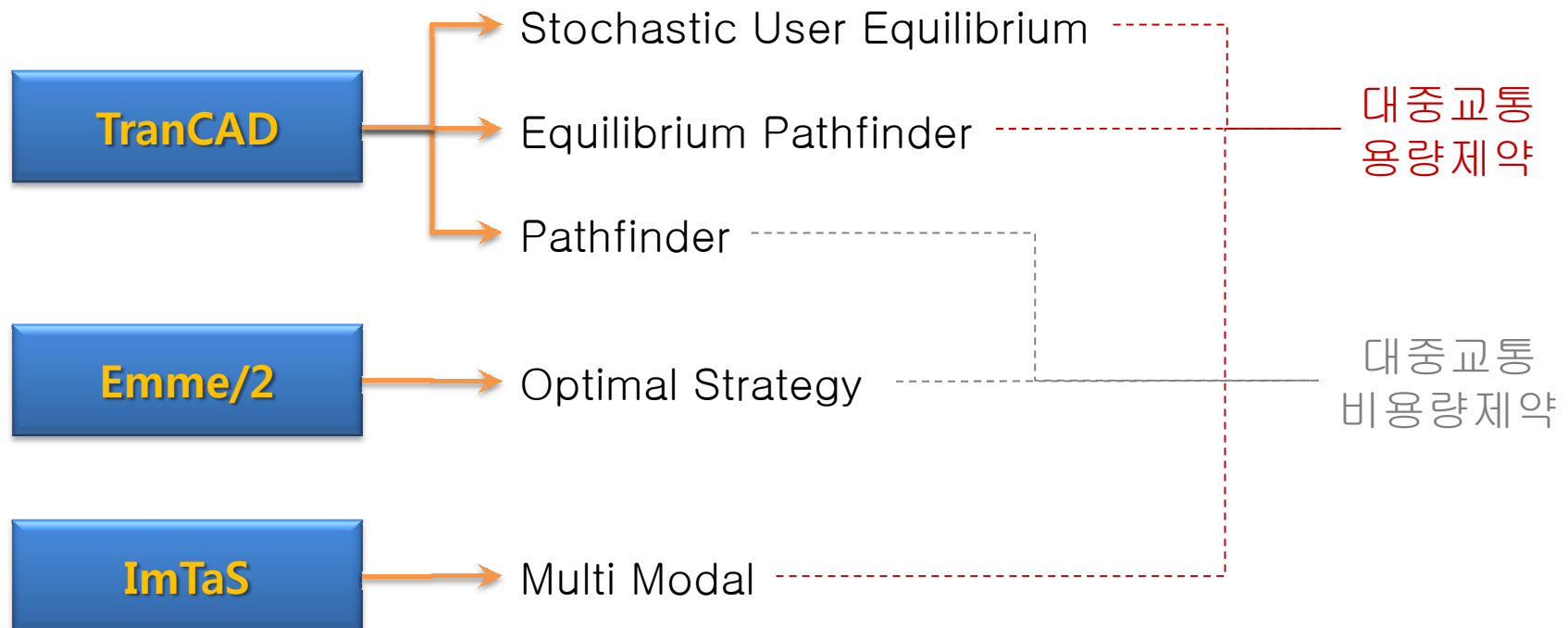
I. 대중교통 DB의 구성 - 수도권 환승링크 이동거리 DB

- 환승링크 이동거리 DB를 수도권 Network에 반영



Ⅱ. Assignment Software

- 대중교통 Assignment는 3개의 Software가 주로 사용 : TransCAD, Emme/2, ImTaS(국내개발)
- Assignment 방법은 용량제약과 비용량제약으로 분류



Ⅱ. Assignment Software

● Software 특성 비교

구 분	TranCAD 6.0		ImTaS
	Equilibrium Pathfinder	Stochastic User Equilibrium	
Method	일반화비용 최소화 경로배정	확률배정	확률배정
Multi-Class (다수단 동시배정)	OK	-N/A-	OK
Dwell Time	정류장별 상수	상수 또는 승객수반영 [승차승객*원단위+하차승객*원단위]	승객수반영 [max(승차, 하차)*원단위]
차내혼잡	BPR함수 적용 [차내시간에반영]	BPR함수 적용 [차내시간에반영]	BPR함수 적용 [대기시간에반영]
B+R 배정	경로탐색결과에 의존	경로탐색결과에 의존	강제화 가능
통합요금제반영	개략적인 적용 [이동거리계산불가능]	개략적인 적용 [이동거리계산불가능]	구현가능

II. Assignment Software

● 통합요금제 반영



❖TransCAD

총 통행 비용은 **1,700원**으로 산정 (이용거리 무관)

- 시내버스 최초승차 : 1,000원
- 광역버스 환승승차 : 700원

❖ImTaS

총 통행 비용은 **2,300원**으로 산정

- 시내버스 이용요금 : 1,050원
- 광역버스 환승시 승차요금 : 1,050원(2,100원 - 1,050원)
- 거리당 추가요금 : 200원(=[8km/5km 정수 올림하여] * 100원)

TranCAD

▶ 요금산정 방식은 Flat, zonal, Mixed Fare

▶ 요금산정

$$= \text{첫번째이용노선}(M_1^B) + \sum_{n=2}^N \text{2번째이후노선}(M_n^T)$$

여기서, M_n^B : n노선의 최초 승차요금
 M_n^T : n노선의 환승요금

ImTaS

▶ 이용된 대중교통 노선에 대하여 각 노선별 거리 산출

▶ 수도권 통합요금제 반영은 아래와 같은 UI화면에서 Discount Fare Policy(D.F.P)의 Check를 통해 수단별 또는 노선별로 반영 여부를 선택할 수 있음

- Base Fare(기본 요금), Base Distance(기본 거리)
- Distance-Base Fare(추가 거리당 추가 요금)
- Unit Distance(추가 거리)

Ⅱ. Assignment Software

● B+R 경로 탐색

TranCAD

- ▶ Bus Network + Rail Network 에서 기종점간에 두 종류의 네트워크를 모두 이용하게 하는 강제적인 항목은 없음

- ▶ 기종점간 경로에 B와 R을 모두 이용한 경우도 있지만 50%이상이 B 또는 R만 이용한 경로가 도출됨

-통행배정에서 지하철 승차수요가 적게 배정됨

구 분	Total Demand(A)	Not Assign(B)	Rate(%, B/A*100)
Bus	7,394,557	2,891	0.04%
Subway	4,701,576	76,301	1.6%
Bus+Subway	3,073,541	1,298 (1,800,000)	0.04% (58.6%)

()는 B 또는 R 을 1개만 이용한 Demand : 개략추정치

ImTaS

- ▶ 버스+전철/지하철 O/D의 경우, 버스와 전철/지하철을 환승하는 경로만 탐색하여 해당 경로에 배정 **(100% B+R경로 배정)**

- Origin-Destination간 버스 직통 및 전철/지하철 직통 노선이 존재하더라도 버스+전철/지하철 경로 조합만을 탐색

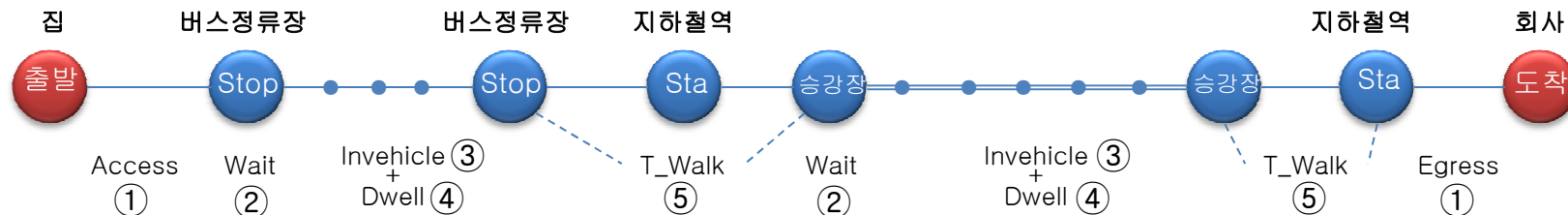
- ▶ 경로 탐색 방법은 전철/지하철의 승하차 링크(Walking Connector)가 연결된 Highway노드가 버스정류장일 경우, 해당 정류장을 통과하는 버스노선의 조합을 탐색하여 Origin에서 버스 정류장까지의 경로를 저장함

- ▶ 그리고 승하차 링크와 연결된 승차역의 전철/지하철 노선을 탐색하여 하차역까지의 경로를 저장한 후 하차역에서 Destination까지의 경로를 위와 동일한 방법으로 탐색

구 분	Total Demand(A)	Not Assign(B)	Rate(%, B/A*100)
Bus	7,394,557	26,548	0.36
Subway	4,701,576	166,369	3.54
Bus+Subway	3,073,541	2,254	0.07

II. Assignment Software

● Zone-To-Zone 간 통행비용(Time) 산출



$$\text{총통행시간}(TT) = (\text{Access}, \text{Egress}) \times \omega_{\alpha} + \text{Invehicle} \times \omega_{\beta} + \text{Dwell} \times \omega_{\gamma} + \text{TWalk} \times \omega_{\delta}$$

TranCAD

- ① Access/Egress : Highway Network의 **도보시간**
- ② Wait : 이용가능 노선의 Headway/2
- ③ Invehicle : 버스는 공로시간, **전철은 표정속도**
경로탐색시 통행시간 증가 반영 (BPR함수)
- ④ Dwell : **정류장별 상수**(버스 0.75분, 전철 0분)
- ⑤ T_Walk : 환승링크 DB 입력값

▶ 시간가중치(w) : 시간속성별 가중치 부여 가능

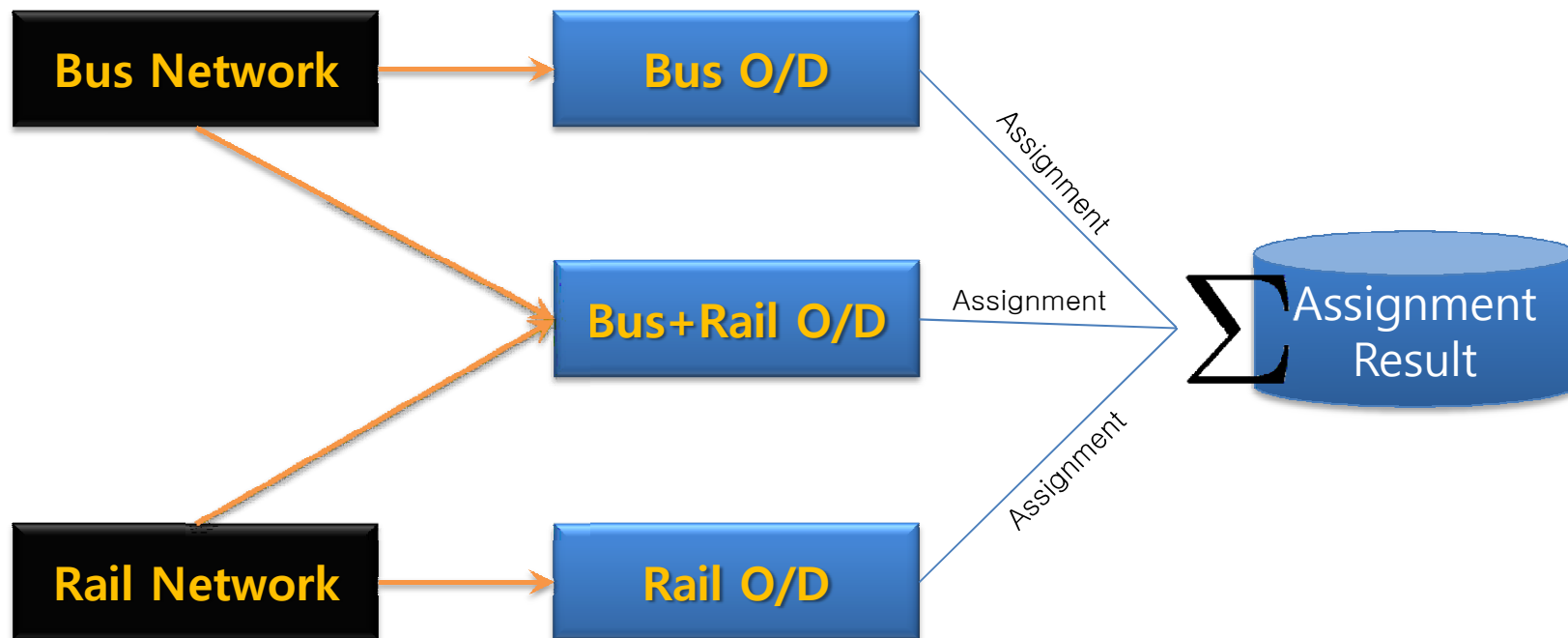
ImTaS

- ① Access/Egress : 존에서 정류장까지의 **직선거리 도보시간**
- ② Wait : 이용가능 노선의 Headway/2 + **VDF(BPR함수)**
- ③ Invehicle : 버스는 공로배정시간, **전철은 설계속도반영**
- ④ Dwell : **버스는 승객수*2초, 철도는 역당 상수 (0.5분)**
- ⑤ T_Walk : 환승링크 DB 입력값 + **버스정류장간 이동(5분)**

▶ 시간가중치(w) : 시간속성별 가중치 부여 가능

Ⅲ. 배정방법 및 Setting

- Transit Network 과 배정대상 O/D의 Matching (주수단통행 배정시)



Ⅲ. 배정방법 및 Setting

● TranCAD 6.0 Network Setting (General, Mode, Fare, Times, Weight, Min/Max)

구분	변수	설명	입력값	Network Settings	
				E. Pathfinder	SUE
General	Value of Time	시간가치(\$/분)	0.2\$	●	●
	Vehicle Travel time	Highway 통행배정결과	A_Time_Day_AB(BA)	●	●
	Permit Walk-only Trips	최단경로의 도보수단 허용여부	No	●	●
	Max # of Walk Path	도보최단경로의 수	-	●	●
	Class	수단별 Network 지정(버스,지하철,버스+지하철)	Class 1~3	●	N/A
Mode	Mode Table	도보, 버스종별, 지하철노선별	수단별 코드부여	●	●
	Only Combine Route of Same Mode	동일Mode는 1개의 노선으로 간주	No	●	N/A
	Mode-Mode Xfer Table	Mode간 환승에 Prohibition, Add Time, Add Fare	BS배정시(Class3) 버스간 환승금지	●	N/A
Fare (\$)	Fare System	Flat Fare, Zonal Fare, Mixed Fare	Flat Fare	●	●
	Flat Regular Fare	최초 승차시 요금	광역(2\$),마을(0.5\$),그외(1\$)	●	●
	Flat Transfer Fare	Route간 환승시 추가요금	광역(0.7\$),마을(0.3\$),그외(0.4\$)	●	●

Ⅲ. 배정방법 및 Setting

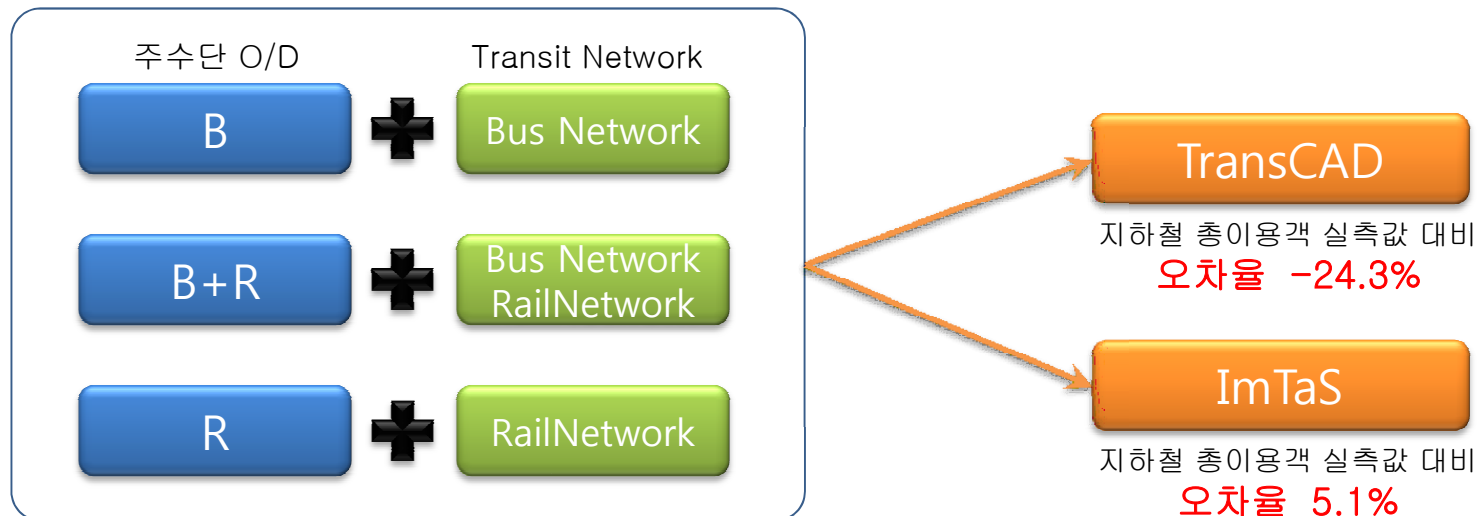
● TranCAD 6.0 Network Setting (General, Mode, Fare, Times, Weight, Min/Max)

구분	변수	설명	입력값	Network Settings	
				E. Pathfinder	SUE
Times(분)	Headway	Route별 배차간격(1일, 첨두)	노선별 배차간격	●	●
	Transfer Penalty	Route(Mode)간 환승저항	0	●	●
	Dwell On	승하차시 버스 정차시간 (지하철은 표정속도반영)	광역(1.0),지하철(0.0),그외 (0.75)	●	●
	Dwell Off	Dwell On에 반영	0	●	●
Weight	Fare, LinkTime, Dwell_Time	시간별 가중치	1	●	●
	Initial_Wait, Transfer_Wait	시간별 가중치	2	●	●
	Walk_Time, Transfer_Penalty	시간별 가중치	2	●	●
Min / Max Range (분) -메모리 제약-	Min / Max Initial Wait	대시시간 범위	1 ~ 999	●	●
	Min / Max Xfer Wait	환승시 대시시간 범위	1 ~ 999	●	●
	Max Access / Max Egress	존-정류장 간 (도보) 최대허용 통행시간	999	●	●
	Max Xfer Number	최대 환승횟수	5회	●	●
	Max Trip Time	존간 총 통행시간 최대값	9999	●	●

IV. 대중교통 배정결과

❖ 수도권 주수단 O/D의 통행배정 결과

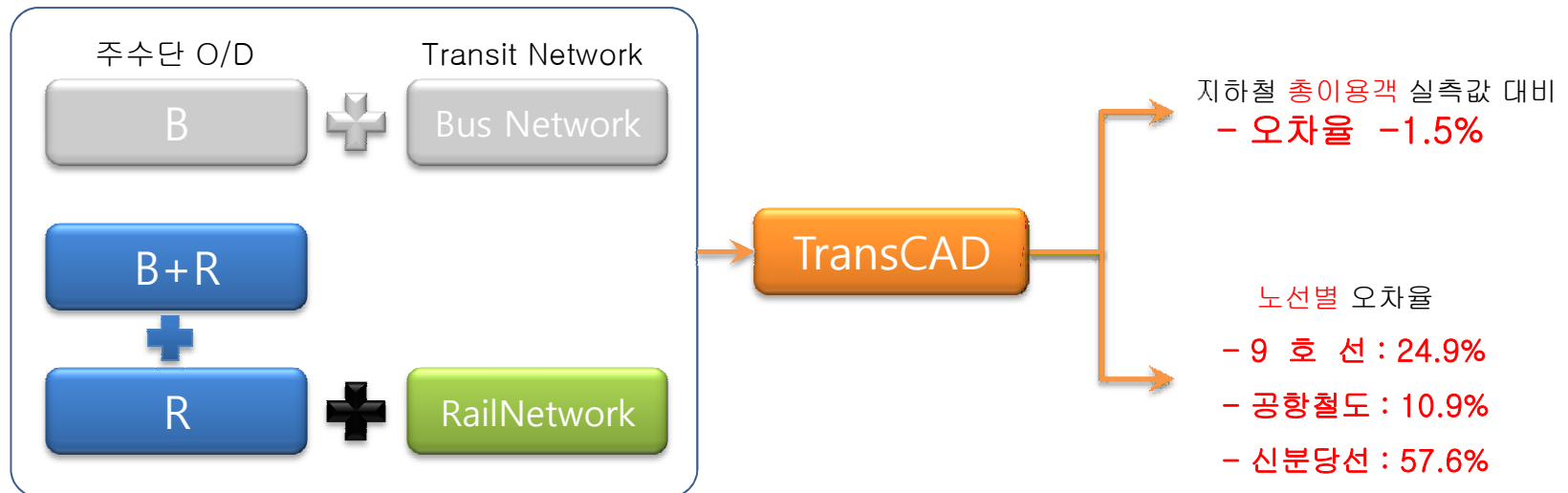
- TransCAD : Bus와 Rail을 모두 이용하는 B+R O/D를 배정하는데 한계
 - Bus+Rail 배정시 Bus만 이용하는 경로 다수 발생으로 총량이 낮게 배정됨
- ImTaS : 수도권 주수단 O/D를 수단별 네트워크에 정확히 반영



IV. 대중교통 배정결과

❖ 주수단 B+R O/D의 통행배정

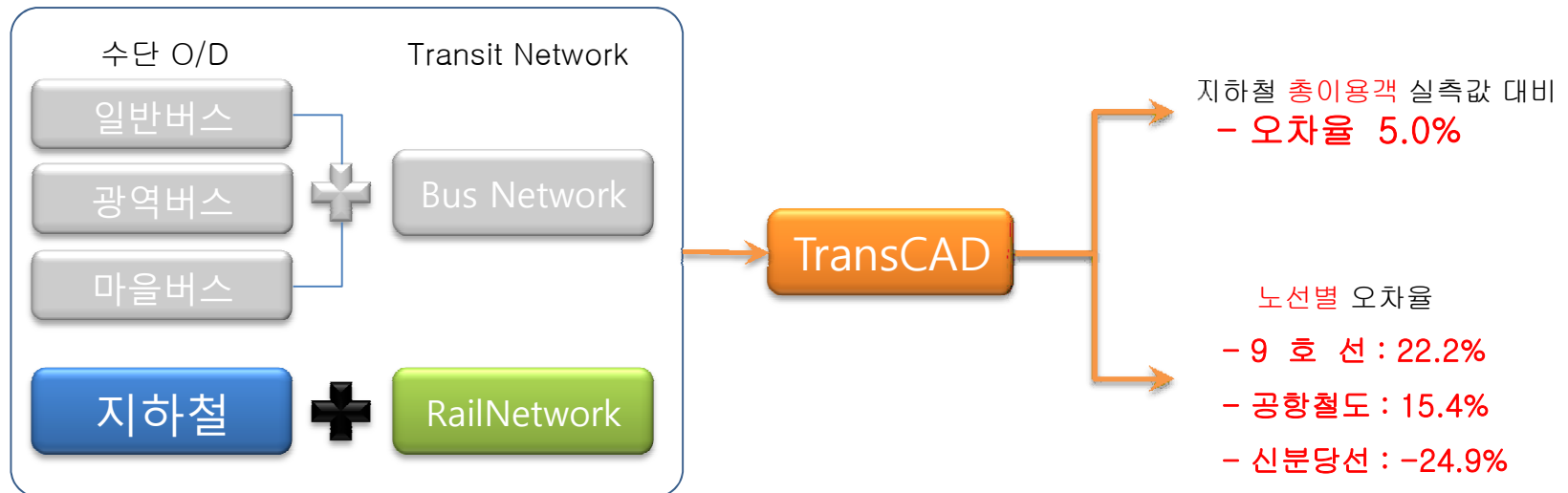
- B+R O/D를 Rail Network만을 이용하여 배정
 - 프로그램의 성능 제약으로 인한 불가피한 방법으로 분석 목적에 따라 활용가능성이 있음
 - 주수단 지하철(R) O/D에 B+R O/D를 합산
- 총량적인 측면에서 노선 실측값과 유사한 결과 도출
 - 노선실측값 대비 통행배정결과는 총량에서 오차율 -1.5%



IV. 대중교통 배정결과

❖ 주수단이 아닌 수단 O/D(지하철수단)의 통행배정

- 18개 수단 O/D중 지하철 수단을 Rail Network에 배정
 - 기준년도 수단 O/D는 배포되고 있음
- 배정결과는 총이용객 실측값과 유사 (노선별 오차는 주수단O/D대비 감소)
 - 노선별 오차를 감소시키기 위해서는 Network Validation과정이 필요

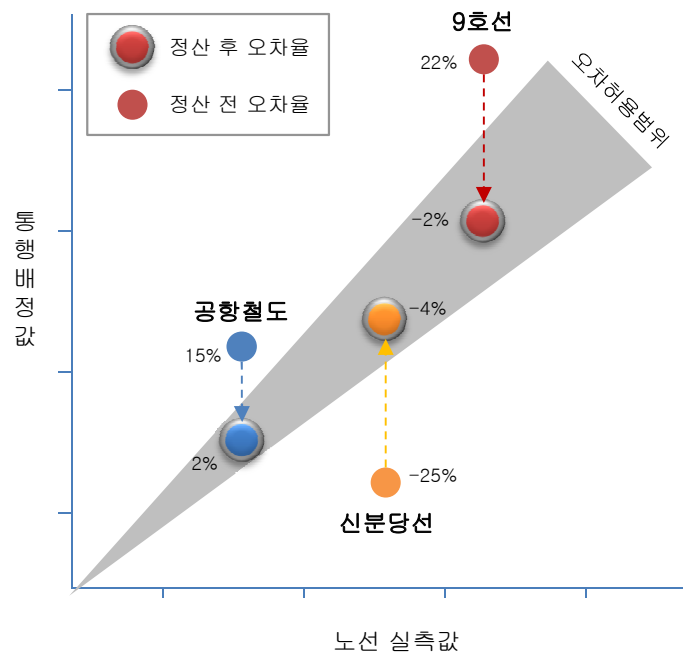


IV. 대중교통 배정결과

❖ Network Validation

● 허용오차를 $\pm 10\%$ 로 설정하여 정산

- 3개노선 정산 기준 약 5일 소요



Validation 방안

1) 영향권 설정

- 3~4개 역을 하나의 영향권으로 설정
- 영향권 내의 O/D와 역 수요가 근접하도록 설정

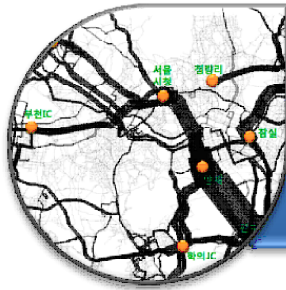
2) Zone 위치 이동

- 영향권내의 역별 수요를 감안하여 적절한 지점으로 위치 이동 (행정구역내에서만 이동)

3) Zone 연결링크 조정

- 필요할 경우 Zone Connector 추가
- 권역내의 역별 수요를 고려한 Zone connector의 Travel Time(기본설정 4.5분) 을 조정

V. 결론



수도권 대중교통 통행배정이 가능한

DB구축 완료



상용화된 Software로 대중교통 통행배정이
가능하고, 적정오차율 범위내로 정산이 가능



국내 대중교통 특성을 정확히 구현하는 'ImTaS'가
기능측면에서 우수 [통합요금제 및 B+R경로 구현]

감사합니다



※ 별첨

1. 수도권 주수단 O/D의 통행배정

구분	TransCAD		
	노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 $((②-①)/①)*100$
9호선	246,669	243,103	-1.4 %
공항철도	69,003	78,797	14.2 %
신분당선	77,960	41,432	-46.9 %
그외 노선	7,127,643	5,328,771	-25.2 %
합계	7,521,275	5,692,103	-24.3 %

구분	ImTaS		
	노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 $((②-①)/①)*100$
9호선	246,669	464,365	88.3 %
공항철도	69,003	152,369	120.8 %
신분당선	77,960	128,477	64.8 %
그외 노선	7,127,643	7,158,626	0.4 %
합계	7,521,275	7,903,837	5.1 %

※ 별첨

2. B+R O/D의 통행배정

구분	TransCAD		
	노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 $((②-①)/①)*100$
9호선	259,771	324,539	24.9 %
공항철도	74,611	82,769	10.9 %
신분당선	102,790	43,564	-57.6 %
그외 노선	7,127,643	7,002,845	-1.8 %
합계	7,564,815	7,453,718	-1.5 %

3. 수단 O/D(지하철수단)의 통행배정

구분	TransCAD		
	노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 $((②-①)/①)*100$
9호선	259,771	317,513	22.2 %
공항철도	74,611	86,081	15.4 %
신분당선	102,790	77,204	-24.9 %
그외 노선	7,127,643	7,458,788	4.6 %
합계	7,564,815	7,939,587	5.0 %

4. Network Validation ()는 Validation이전 오차율

구분	TransCAD		
	노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 $((②-①)/①)*100$
9호선	259,771	254,011	-2.2 % (22.2%)
공항철도	74,611	75,842	1.7 % (15.4%)
신분당선	102,790	98,980	-3.7 % (-24.9%)
그외 노선	7,127,643	7,510,754	5.4 % (4.9%)
합계	7,564,815	7,939,587	5.0 %