교통자료 구축을 위한 모바일 위치정보 활용방안

2004. 12. 6

서울시정개발연구원
도시교통연구부

I. 연구배경 및 목적

II. 위치기반 서비스

III. 휴대폰 위치정보

IV. 국내외 연구동향

V. 동적 OD 생성방안

VI. 결론 및 제안

I. 연구배경 및 목적

기존 교통자료 수집체계 및 한계

교통수요 관련자료

통행목적, 통행수단, 기종점 : 인터뷰조사
(가구통행실태조사, 직장방문조사, 노상면접조사등)

한 계 점

- 인터뷰 신뢰도
- 조사비용 : 35억
  (국가교통 DB , 2004년)

교통공급 관련자료

교통량, 속도, 밀도
: 각종 검지기(루프, 영상, 초음파등)

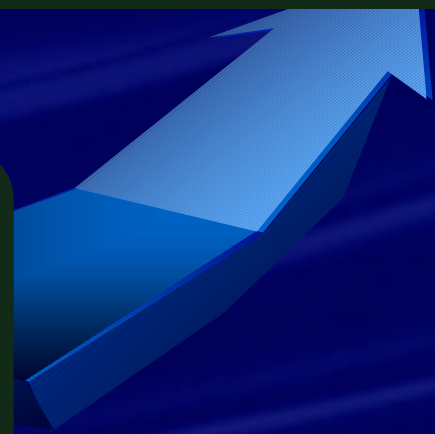
통행시간 : Probe차량 ,
AVI (Automatic Vehicle Identification)

한 계 점

- 오인식비율
- 설치/유지보수비용
  - 교통량/속도 조사 : 35억
  - ITS 조사부문 : 200억
    (건교부, 2004년)

교통자료 수집체계 발전방향

- Network Based Technology, GPS (Global Positioning System)등의 교통분야 적용 잠재력 무한 !



- 진보된 교통계획, 관리를 위해서는 보다 경제적인 방법으로,
- 보다 정확한 교통자료를 보다 효율적으로 수집할 수 있는 능력이 필수 !

II. 위치기반서비스

모바일 위치정보 및 LBS 정의

모바일 위치정보

GPS 또는 기존망과 무선통신망을 통해 파악한 이동중인 단말기(GPS 수신기, 휴대폰, PDA) 소지자의 위치정보

위치기반서비스

LBS : Location Based Service

모바일 위치정보를 이용하는 시스템 및 부가응용 서비스 를 통칭함.

LBS 관련 주요기술방식

단말기 기반 기술 (Terminal Based Technology)

현재 단말기 기반 기술로 가장 많이 이용되는 기술로는 GPS로 이는 GPS를 이용해 단말기를 중심으로 위치를 추적하는 방식

네트워크 기반 기술 (Network Based Technology)

- ❖ 이용자의 단말기 주변의 복수기지국으로부터 수신된 신호의 전파강도 정보를 이용해 상세한 단말기의 위치를 검출하는 방법
- ❖ 옥내에서도 옥외와 비슷한 정도의 위치측정이 가능
- ❖ 단말기의 소형화

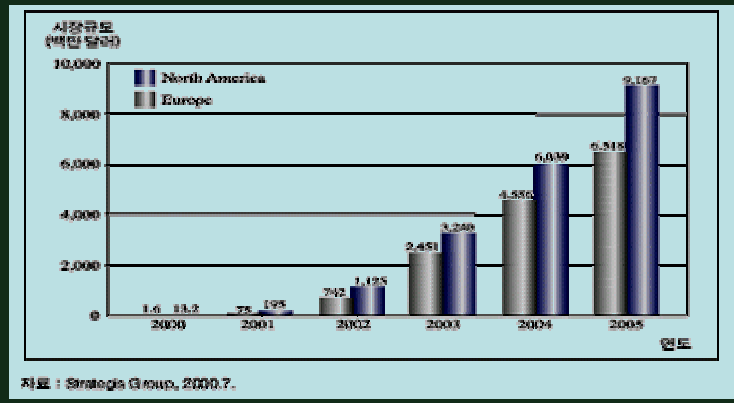
LBS 기술방식 비교

기술의 형태		정확도	이용자 정보보호 여 부	반응시간	이동통신 사업자의 비용
네트워크 기반기술	Cell ID	500~3500 m	불가능	3초	최소
	EOTD	50~150 m	가능	5초	낮다
	ToA	125 m	불가능	10초	높다
단말기 기반기술	GPS	15~100 m	가능	1분 이내	낮다

LBS 국내외 동향(1)

국 제 동 향

모토롤라, 에릭슨, 노키아등과 같은 이동통신 장비 업체에서부터 오라클, 마이크로소프트와 같은 데이터베이스 및 응용 소프트웨어 제조 업체들까지 막대한 예산을 들여가며 LBS 시대를 준비 중



자료 : Strategis Group, 2000.7.

국 내 동 향

정부동향

- 정보통신부 2003년 1월 위치기반서비스(LBS)산업 육성계획 발표
- 2004년 위치기반서비스관련법 입법예고
  ("위치정보보호 및 이용 등에 관한 법률")
- 2007년까지 기술력과 서비스 면에서 유비쿼터스(Ubiquitous) 세계 최대 강국으로 도약하는 목표 설정

국내동향 (계속)

SK Telecom

- 셀기반 위치추적 서비스 “친구찾기”와 “스타찾기” 시행 중
- GPS 기반 서비스 “네이트 드라이브” 시행 중

First in Mobile KTF

- 셀기반 위치추적 서비스 ’엔젤아이’와 ’수호천사’ 시행 중
- GPS 기반 서비스 도입을 위한 시스템을 구축 중

LG TeleCom

- 셀기반 위치추적 서비스 “친구찾기” 시행 중

LBS 관련 교통정보서비스

Nate Drive서비스 [SK 텔레콤]

- 차량 내에 단말기를 통해 현재 차량위치 파악
- 실시간 교통정보, 최적경로 길안내, 생활 정보, 주변시설물 찾기, 긴급구조 서비스 시행 중

INAVI (Internet Navigation System)

- 인터넷기반의 휴대형 네비게이션 시스템
- 최적, 최단 교통정보를 고려한 경로탐색 및 대중교통 수단을 이용한 경로 탐색
- GPS를 통해 목적지까지의 진행방향, 교차로등의 각종 정보를 화면과 음성안내
- 주소, 명칭, 시설물 등 다양한 데이터 검색

- Beacon 인프라를 통한 probe차량 추적
- 최종 이용자에게는 가공된 교통정보 제공
- 입수된 교통정보를 센터에서 수집/분석하고 수요자의 요구에 맞게 가공하여 유선 또는 무선을 통해 타 업체에 제공

ROTIS (Road Traffic Information Systems)

- FM의 여유 주파수 대역내에서 각종 정보를 실어 방송하는 시스템
- 최적경로, 도로, 교량, 터널, 교차로 등의 정보를 실시간 제공

MBC FM DARC (Data Radio Channel)

III. 휴대폰 위치정보

기본통신을 위한 휴대폰위치추적(1)

- 호출된 단말기를 효율적으로 찾는 것이 목적
- 위치 갱신(Location Update)과 호출(Paging)의 두 가지 절차에 의함

위치갱신

- 전체 서비스지역은 Zone 또는 LA (Location Area)로 나누어지고 각 Zone은 Cell들의 집합으로 이루어짐
- 휴대폰 단말기의 위치추적 단위는 Zone
- 각 Cell에는 기지국이 있고 여기서는 해당 Zone의 인식코드를 방송
- 휴대폰 단말기가 새로운 Cell의 영향권에 들어오게 되면, 현재 자신이 저장하고 있는 Zone 인식코드와 신규로 송신한 Zone 인식 코드를 비교하여, 두 값이 다를 경우만 소속 Zone 인식코드를 갱신하고 동시에 이를 중앙 통신망에 송출하여 자신의 현재 위치를 보고함

기본통신을 위한 휴대폰위치추적(2)

호 출

- 특정 휴대폰 단말기의 호출이 있게 되면, 중앙 통신망에서 그 호출기가 위치하는 Zone에 포함된 모든 Cell의 기지국에 대해 단말기를 호출(Paging)하라는 명령을 내림
- 어느 한 기지국에서 호출된 휴대폰 단말기를 찾게 되면 통화가 연결

위치갱신 vs 호 출

- 위치 갱신위치갱신과 호출 비용은 상호 Trade-off 관계
- Zone의 규모를 줄이면 위치갱신비용 증가 호출비용 감소
- Zone의 규모를 키우면 위치갱신비용 감소 호출비용 증가
- 최적 Zone 규모 산정이 관건

휴대폰위치정보 이용시 법률적 고려사항(1)

국내 관련법

통신비밀 보호법

- 통신망을 통해서 이루어지는 대화 내용과 통신일시 및 로그기록 등 통신사실 확인자료 등을 보호
- 수사상 목적 제외

정보통신망 이용촉진 및 정보보호에 관한 법률

- 정보통신서비스제공자가 이용자의 사상, 신념, 병력 등 개인을 식별할 수 있는 신상정보 유출 금지

위치정보의 이용 및 보호 등에 관한 법률 (입법예고)

- 위치기반서비스 사업을 활성화 및 위치정보의 오남용을 방지
- 공공목적으로의 위치정보 제공을 의무화

휴대폰위치정보 이용시 법률적 고려사항(2)

국외 관련법 현황

미 국

- 연방통신위원회는 1999년에 e-911 서비스를 위해 'Wireless Communications & Public Safety Act'를 제정
- 이동통신사에게 발신자의 위치를 공공구조기관에게 제공토록 의무화
- 2001년에는 민간에서 이용하는 개인위치정보의 오남용방지를 위해 명시적인 사전 동의 와 목적 외 사용금지 등을 규정한 'Location Privacy Protection Act'를 발의

E U

- 2002년 'e-112 EU Directive'를 통해 역내 국가는 2003.7월까지 e-112 서비스 실시준비를 완료하기로 결의
- 2002년 말에는 'Privacy 및 전자통신에 관한 EU Directive'를 통해 위치정보 이용 시 '이용자의 사전 동의', '이용자의 일시적인 수집 거부권' 및 '위치정보 처리사업자 자격' 등을 규정

휴대폰위치정보 이용시 법률적 고려사항(3)

- 개인의 위치정보를 교통정보 생성에 사용하는데 사생활 침해 없이 가능할 것인가 ?
- "위치정보의 이용 및 보호 등에 관한 법(안)"에는 공공의 목적일 경우 개인위치정보의 활용이 가능한 것으로 규정
- 교통정보 수집이 공공의 목적인가?

해 결 방 안

기술적 처리

- 영국의 ITIS Holdings plc 사례
- 개인의 위치정보 가공은 공인된 기관의 내부방화벽 안에서 처리
- 외부 유출정보는 집계정보에 국한
- 불특정 다수의 위치정보이용가능

Probe에 국한

- 사전동의를 얻은 Probe를 대상으로 함
- 일부 표본자료에 한정
- 택시, 택배배달원등 통행빈도 높은 직업군을 대상
- 가공 교통정보 무료제공의 보상

휴대폰위치정보 이용시 위치정확도 문제(1)

- 기존 통신서비스 상의 휴대폰 위치추적 최소단위는 Zone 또는 LA(Lcation Area)
- 교통정보를 취득하기 위한 위치추적의 최소 단위는 기지국(Cell) 이하
- 기지국(Cell) 단위 보다 정밀한 위치추적을 위해서는 별도의 장치 및 시설소요

본 연구에서는 Cell 단위 위치정보에 국한(Cell ID 방식)

- 별도의 단말기 업그레이드 필요 없음
- 기지국 하드웨어 추가 최소화
- 이미 기지국 단위의 위치 정밀도를 가진 친구찾기등 서비스가 국내외에서 가동중

휴대폰위치정보 이용시 위치정확도 문제(2)

정밀위치추적방식

신호탐색방식 (Signal Profiling)

- 각 지점별 신호특성을 미리 저장해두고, 단말기로부터 수신한 신호의 특성을 저장된 자료들과 비교하여 근사위치를 알아내는 방식

전파수신각도 방식 (Angle-of-Arrival)

- 대형안테나를 이용해 전파수신각도를 도출하고 이를 통해 단말기의 근사위치를 알아내는 방식

시간 측정 방식 (Timing Measurement)

- 주변기지국들로부터 수신되는 전파의 도착 시간을 이용해 단말기의 근사위치를 추적하는 방식
- TDOA (Time Difference of Arrival)
- EOTD (Enhanced Observed Time Difference)

정밀 위치추적을 위해서는 휴대폰 단말기와 통신 인프라에 각각 별도의 부가 장치 및 시설 요구

– 시간,비용 소요

휴대폰위치정보 이용시 제반비용문제

- 통신사들이 운영하는 교통 정보사업의 수익성 미비
- 단지, 교통정보 이용에 따른 제반 통신료 수익 발생

- 교통정보제공은 공익개념이 강하므로 공공부문에서 일정부분 투자하는 것이 타당

- 교통정보 추출을 위해서는 최소 Cell ID 방식의 의치추적 정밀도 요구

휴대폰 위치정보 추출에 소요되는 통신업체의 추가비용 << 동일 수준 정확도를 갖는 교통정보를 얻기 위해 여타 검지 시스템을 구축하고 유지보수 하는데 드는 비용

- 교통조사비용 연간 70억, ITS 조사부문 투자 연 200억의 재원(건설교통부)

휴대폰위치정보 이용시 기술적문제

교통자료 구축을 위해 휴대폰 위치정보를 이용할 경우,
기술적으로 해결해야 할 문제

- 시간참조 불일치
- 공간참조 불일치
- 개체 불일치

→ IV장, V장에서 개별적으로 문제파악 및 해결방안 모색

교통정보구축에 대한 휴대폰위치정보 장점(1)

모집단 규모

- 한국의 PCS 가입자 수는 2003년 3월말 기준으로 3천286만명
- 업체별로는 SK(53.65%), LG(14.78%), KTF(31.57%) 점유
- 충분한 Probe 제공가능

완벽한 공간 Coverage

- PCS 통신망의 커버리지에서 벗어나는 지역은 없음
- 어떠한 검지장치도 전지역을 커버할 수 없음
  > GPS : 도심지역 위치판정 실패율 높음
  > AVI : 전지역에 검지 인프라구축 불가능

별도의 차내장치 불필요

- 운전자가 휴대폰만 소지하면 됨

교통정보구축에 대한 휴대폰위치정보 장점(2)

제반비용 최소화

- 별도의 대규모 인프라 구축 필요 없고,
- 기존 체계에 부가되는 시설 소요만 있음
- 여타 검지체계에 비해 유지관리 비용 저렴

정량정보의 지속적인 제공 가능

- 대상 교통망 상의 모든 도로에 대한 정량적인 교통자료를 지속적으로 공급함으로써 이전에 불가능했던 고급 교통정보를 생성할 수 있음.

IV. 국내외 연구동향

Cell ID 기반 정적 OD 산출 연구(1)

- (김시곤, 유병석, 2004년) 연구 요약

정적OD 정의

- 기종점 통행량
- 교통존으로 대상지역을 구분하여 각각의 출발존과 도착존 쌍에 해당하는 하루 또는 일정시간 동안의 통행량
- 정방형 행렬형태로 표현

출발 \ 도착	존 1	존 2	존 3	…	존 n
존 1	T11	T12	T13	…	T1n
존 2	T21	T22	T23	…	T2n
존 3	T31	T32	T33	…	T3n
:	:	:	:		:
존 n	Tn1	Tn2	Tn3	…	Tnn

Cell ID 기반 정적 OD 산출 연구(2)

연구내용

- 청주시에서 운행중인 택시를 Probe로 이용하여 휴대폰기지국 위치와 GPS 위치좌표를 수집
- GIS 수치지도 상에 맵매칭하여 휴대폰 기지국 기반 OD와 GPS 위치기반 행정동 OD를 산출
- 휴대폰 기지국 기반 OD를 행정동 기반 OD 화 하는 기법을 제시
- 도출된 OD 를 GPS 위치기반 행정동 OD 와 비교 검증
- 표본 OD 를 전수화 하는 방안도 제시

위치추적방식

- Cell ID 방식 채택
- 정해진 시간간격(예를 들어, 1초나 1분 또는 수분)마다 Probe로 정한 휴대폰의 위치를 추적하는 방식으로 수집

Cell ID 기반 정적 OD 산출 연구(3)

이동/정지 판단

- 이전 시간대의 자료와의 비교를 통해 이동하고 있는지,
- 한 자리에 머물고 있는지 판단
- 일정시간(임계 값) 이상 정지해 있다면 이는 통행이 끝난 것으로 판단

이동수단구분

- 해당연구에서는 택시를 대상으로 하므로 이동수단 결정의 문제는 생략
- 보행의 경우에는 시간당 5km 이내로 이동할 것으로 예상할 수 있으며,
- 버스나 지하철의 경우에는 정차장에서의 정지 여부 등을 통해 구별 가능
- 특성 수단의 운행특성 및 이용자 행동 규칙 등을 고려한 판정 알고리즘 개발 필요

Cell ID 기반 정적 OD 산출 연구(4)

통행목적 구분

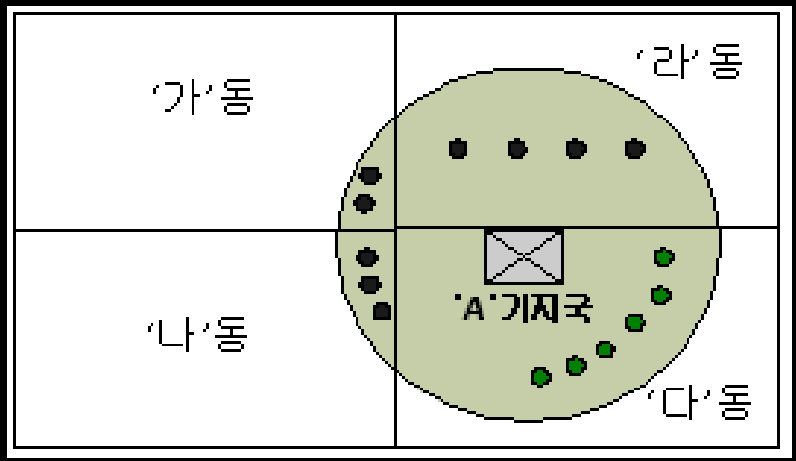
- 수치지도상의 출발지와 목적지의 토지이용 특성에 대한 Layer를 이용하면,
- 기종점의 토지이용을 확인할 수 있으며,
- 이를 통해 통근통행인지, 쇼핑통행인지 등의 통행 목적에 대한 구별이 가능
- 별도의 식별 알고리즘이 필요

자료구축

- 택시 Probe 휴대폰에 대해 소속 기지국 좌표와 GPS좌표를 1개월간 일정시간 (5분) 간격으로 계속 추적하여 OD 통행량을 추출
- 총 6,398개의 OD 통행이 관측됨
- 휴대폰 기지국 좌표와 GPS 좌표를 모두 가지고 있기 때문에 두 가지 자료 구축
  휴대폰 기지국 기반 OD(39×39), GPS 위치기반 행정동 OD(28×28)

휴대폰 기지국 기반 OD의 행정동 기반 전환

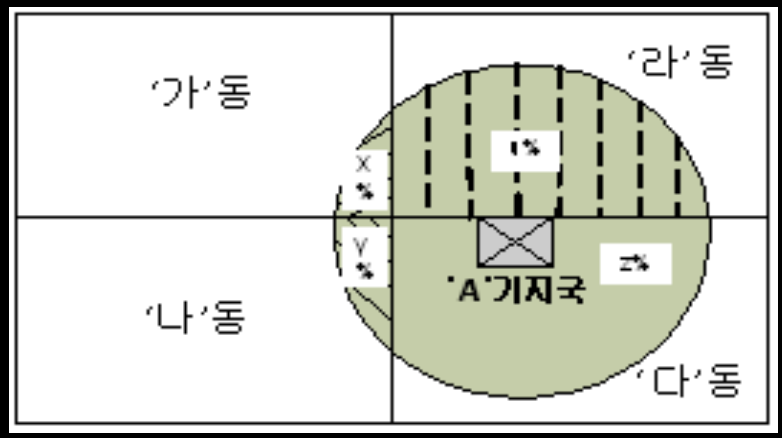
- 기지국의 공간분포는 교통체계에서 설정한 교통존체계(통상 행정구역 체계)와 상이함.
- 기지국 단위로 집계된 OD 통행량을 행정동 단위로 전환이 필요
- GPS 분포비를 통해 나누는 방법
  - > 전체 A 기지국 자료 N개
  - > '가'동 소속 비율 = N * 2/15



[GPS 조사자료현황]

Cell ID 기반 정적 OD 산출 연구(6)

- 기지국 커버리지 면적비로 나누는 경우
  - > 전체 A 기지국 자료 N개
  - > '가'동 소속 비율 = N * X%
  - > 기지국 커버리지 영역을 알아야함



[기지국 커버리지 분포]

연구결과

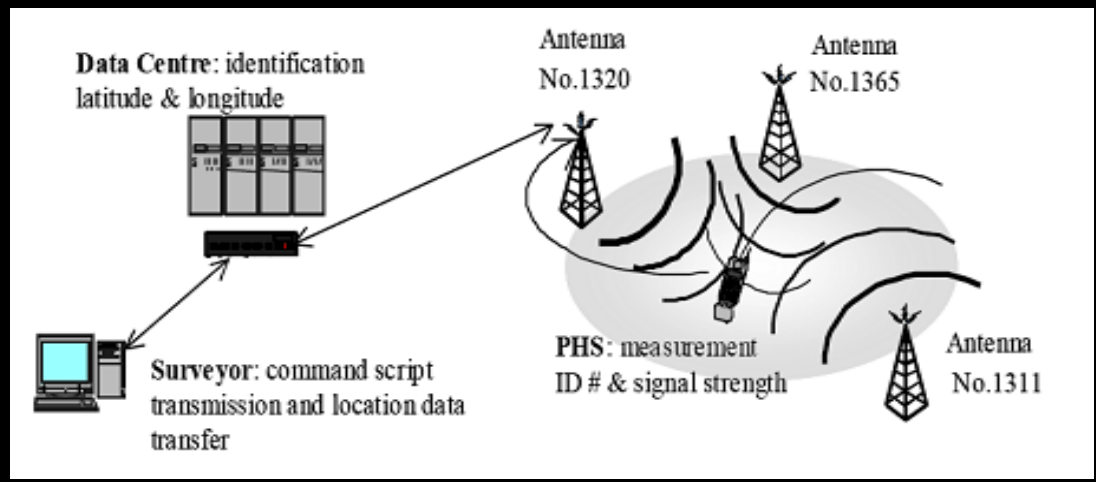
- 청주시를 대상으로 실제 자료를 가지고 분석한 결과,
- 기지국 단위의 위치정보로 부터 얻은 OD 통행량 자료는 GPS로 조사된 실제 OD 통행량에 매우 근접하는 것으로 확인

(ASAKURA and HATO, 2004) 연구 요약

PHS(Personal Handy phone System) 적용

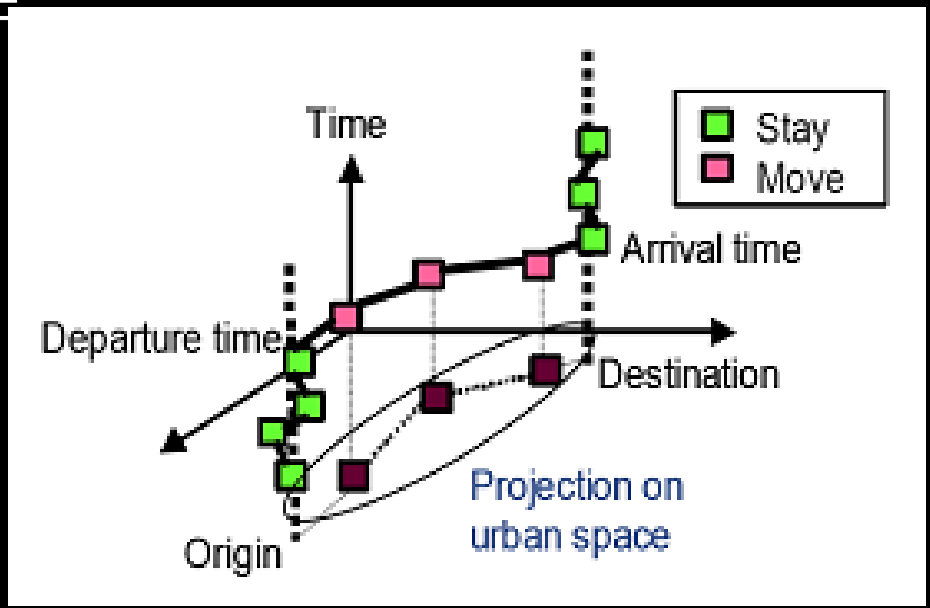
- 일반적인 PCS보다 높은 주파수 대역 사용
- 전파의 강도는 상대적으로 약함
- 기지국 밀도가 매우 높음(도시부 평균 기지국 간격은 100m)

PCS를 이용한 위치정보 수집 ← 삼각측정법



연 구 내 용

- PHS에서 위치추적자료를 이용하여 통행행태 추적 ← 시공간 다이어그램
- PEAMON(Personal Activity Monitor) 개발
  > 이 기구를 이용하여 3차원의 가속파동을 관측
  > Spectrum 분석을 통해 통행수단 구분
- PHS 위치자료를 지도에 맵핑하는 과정을 거쳐 통행 경로 추정

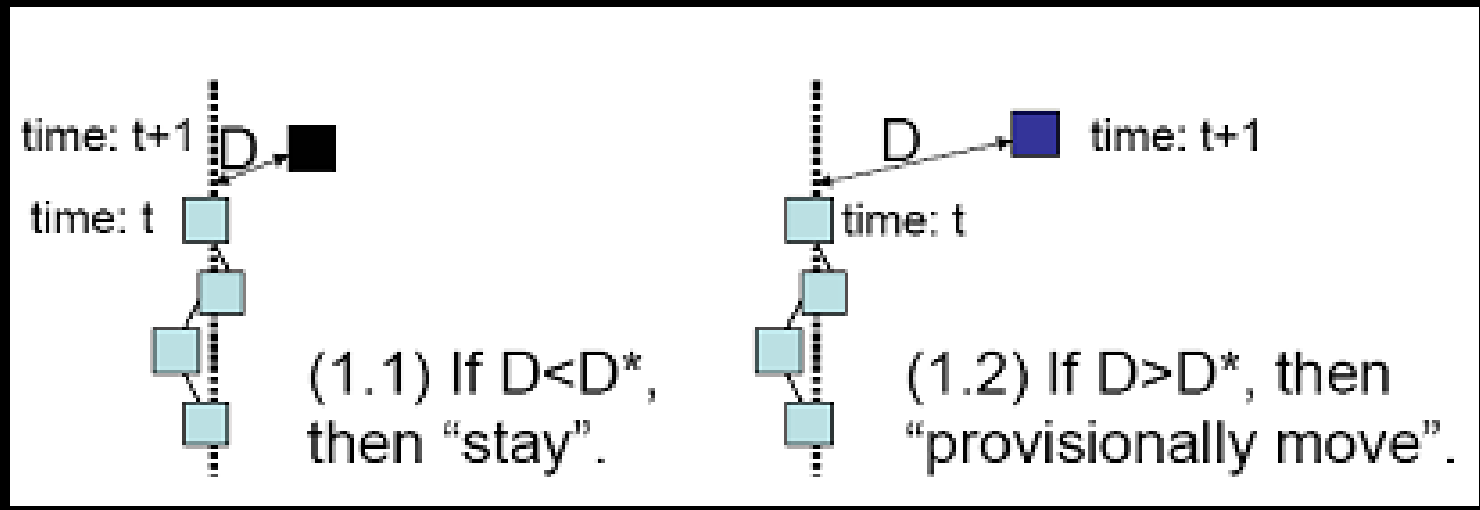


[시공간 다이어그램]

이동 / 정지구분

[식별원칙 1] 바로 전 시간대 t의 위치자료가 “정지” 모드일 경우

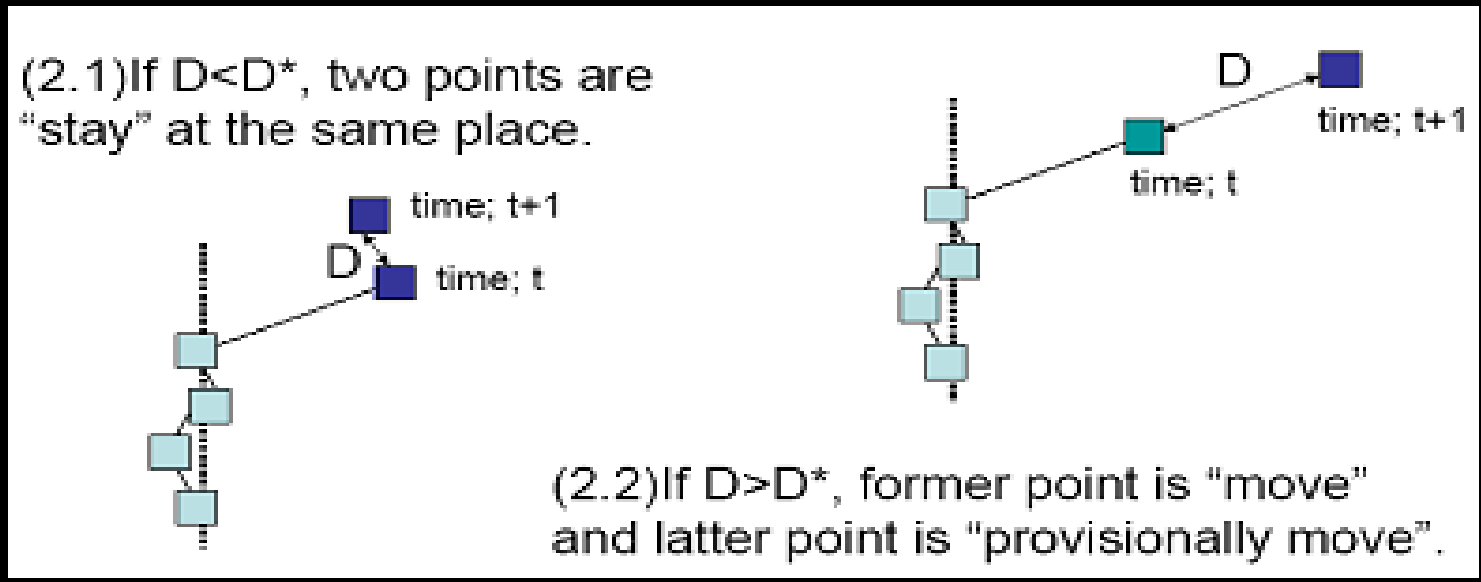
- 시간대 t 를 포함한 과거 N개의 위치자료가 모두 “정지” 모드
- 현 시간대 t+1의 위치와 과거 N개의 평균위치 간 거리(D) 계산
- D 가 임계값(D^*) 보다 작으면 시간대 t+1은 “정지” 모드
- D 가 임계값(D^*) 보다 크면 시간대 t+1은 “잠정이동” 모드



이동 / 정지구분

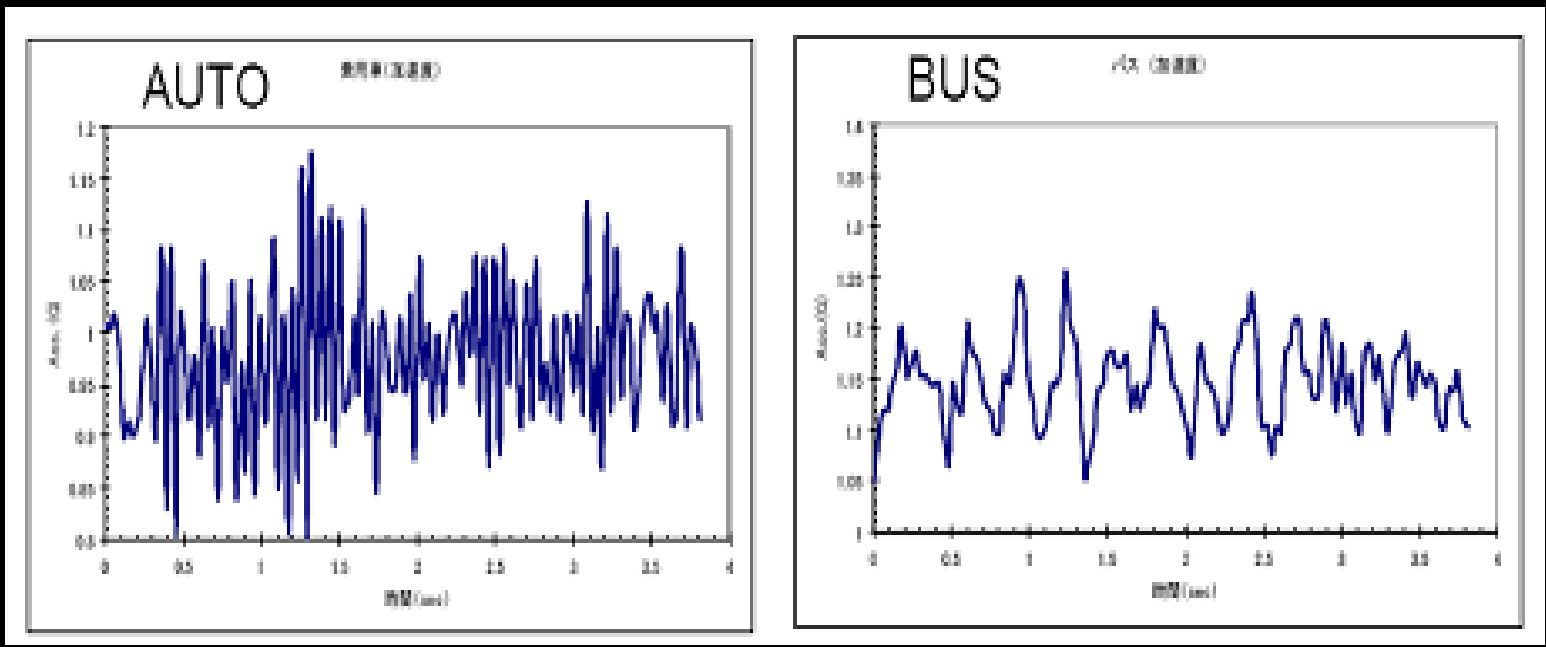
[식별원칙 2] 바로 전 시간대 t의 위치자료가 “잠정이동” 모드일 경우

- 현 시간대 t+1의 위치와 바로 전 시간대 t의 위치간 거리(D) 계산
- D 가 임계값(D*) 보다 작으면 시간대 t, t+1은 모두 “정지” 모드
- D 가 임계값(D*) 보다 크면 시간대 t는 “이동” 모드,
- 시간대 t+1은 “잠정이동” 모드



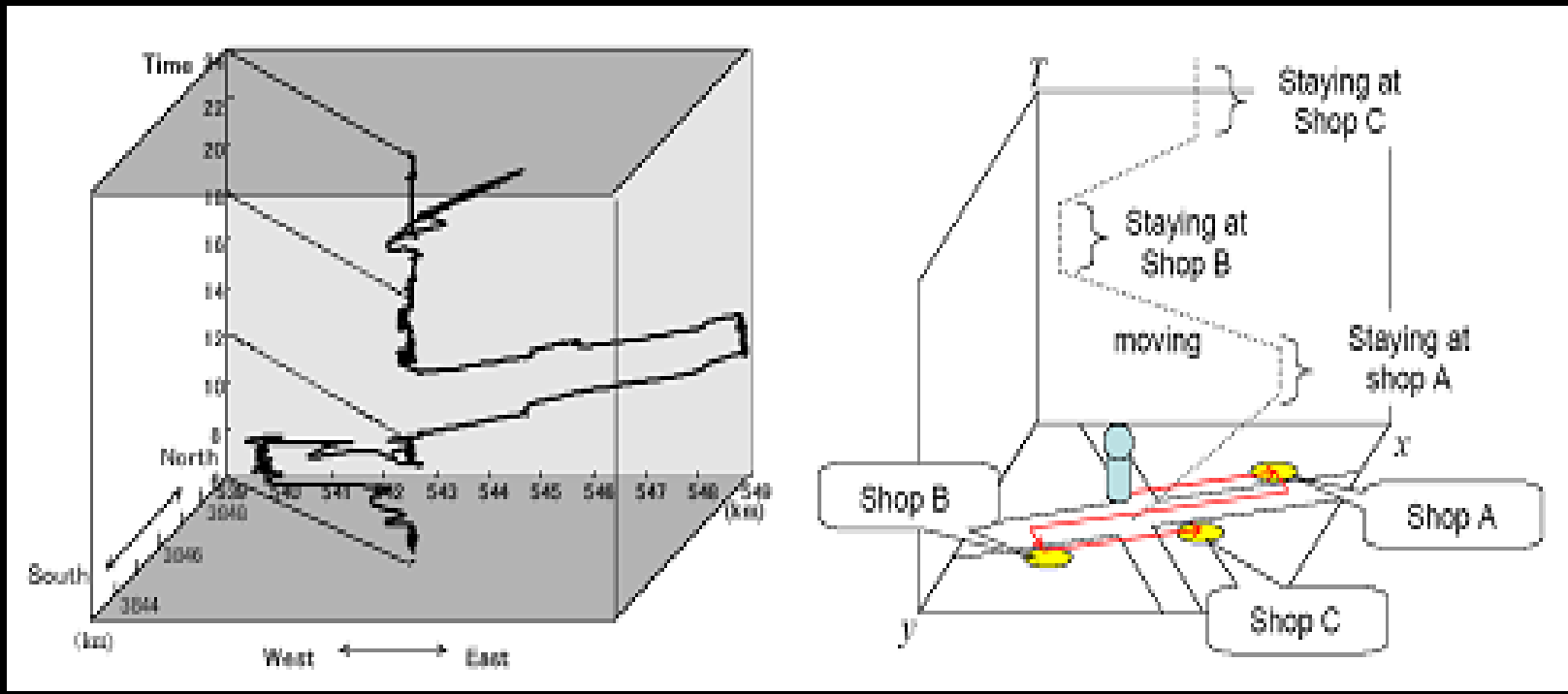
통행수단 구분

- Off-line 모바일 데이터 수집 장치인 PEAMON (PErsonal Activity MONitor) 개발
- 3차원 가속파을 관측 할 수 있도록 되어 있어 이를 통한 통행수단 구분이 가능 (도보, 승용차, 버스, 철도)

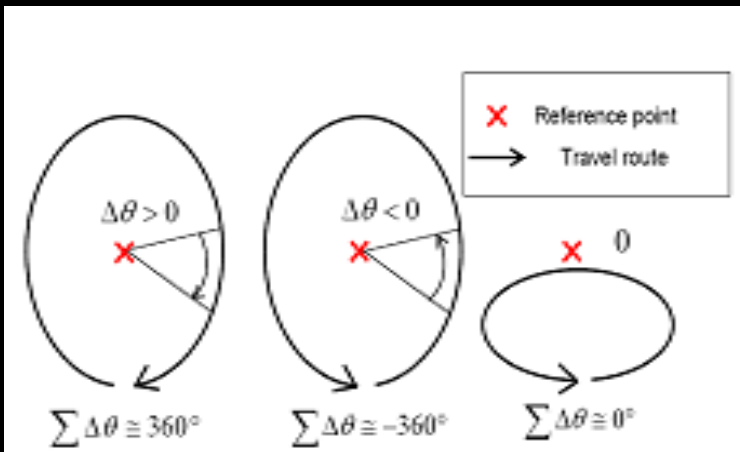


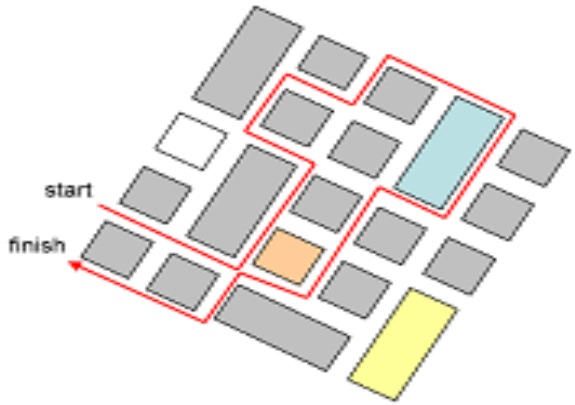
통행경로 구분

- PHS 시스템으로부터 획득한 휴대폰의 위치정보를 시공간도에 표현
- “이동” 상태인 point들에 대해 가장 가까운 링크 상으로 위치변환



Topology를 이용한 경로 추적





	0	1	2	3	4
0	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	1	0	0	0

Route topology matrix(360° =1)

연 구 결 과

- PHS 시스템으로부터 획득한 휴대폰의 위치정보를 이용해 개인의 통행행태를 파악하는데 충분히 가능성이 있음
- 통행상태, 경로, 수단등을 파악할 수 있는 구체적인 방안 제시 및 검증

연구의 한계

- PHS 시스템에 국한
- 위치추적을 위한 부가 시설 필요
- 개인의 통행행태 정보에 국한. 향 후 정보가공 방안이 제시 안됨
- 단파를 이용하므로 빠른 속도로 진행하는 차량의 위치추적에 부적합

교통정보생성을 위한 휴대폰위치추적에 영향을 미치는 요인(1)

(Cayford et al, 2003) 연구 요약

연구 내용

- 익명의 사용자들의 휴대폰 위치정보를 대상
- 캘리포니아 두 도시 간 도로망에 적용
- 교통관측시스템(traffic monitoring system)의 효율성에 영향을 미치는 요소
  : 위치의 정확도, 위치 측정 시간간격, 기지국의 위치추적 용량

위치정확도

- 사용된 위치 측정기술 특성 반영
- 특정 차량의 위치(어느 도로상에 존재하는지)를 판별하는 기능에 영향을 줌

교통정보생성을 위한 휴대폰위치추적에 영향을 미치는 요인(2)

위치측정 시간간격

- 사용된 위치 측정기술과 위치측정체계의 운영방식에 따라 결정

기지국의 위치추적 용량

- 주어진 지역의 probe 휴대폰들을 감지할 수 있는 위치확인 용량
- 감지해야 할 지점수가 많다는 것은 통신 네트워크 상에 부하가 크다는 것을 의미함
- 만약, 한번에 감지할 수 있는 위치확인 용량이 작을 경우 특정 도로상의 교통상황을 정확히 감지할 확률이 떨어짐
- 비용과 직결된 문제

교통정보생성을 위한 휴대폰위치추적에 영향을 미치는 요인(3)

연 구 결 과

- 위치정확도 향상
  - > 운전자 행동모형(인접한 일반도로 구분)과 공간이동모형(고속도로/측도구분)의 적용
  - > 위치추적 비율을 기준으로 100m 정확도를 갖는 위치기술은 일반도로에서 98.4%, 고속도로에서 98.9%의 위치추적 성공율을 기록하였으며, 50m 정확도를 갖는 기술은 99.5%까지 성공율 증대 효과

- 위치측정 시간간격
  - >1초 간격일 경우 위치 추적 성공율이 99.5%이고 45초 일 경우 98.0%
  - > 차이가 크지 않음. 15-30초 의 시간 간격만으로 충분

- 기지국의 위치추적 용량
  - > 초당 제곱 마일 당 위치 추적 건수로 나타내는데,
  - > 현재 미국 통신 업체의 평균 용량이 480(건수/초/제곱마일)

V. 동적 OD 생성방안

동적 OD 정의

동적 OD

정의	특정 출발지에서 특정 시간대에 특정도착지를 향해 출발한 통행량
시간기준	• 출발시간 • 통상 15분 간격
대상가로망	• 도시부 소규모 • 예, 도시고속도로망
적용	• 단기교통계획, 교통관리, • ITS에 적용
비고	출발한 시간대 통행완료 안될 수도 있음

정적 OD

정의	일정시간동안 특정시점에서 특정 종점으로 여행한 통행량
시간기준	• 통상 1일 • 또는 1시간
대상가로망	• 대규모 • 예, 서울시 전체도로망
적용	• 중장기교통계획
비고	일정 시간대에 통행완료 전제

동적 OD 적용분야

동적 OD

전통적인 교통분야

교통계획분야

- 미시적 교통계획
- 교통정책의 정밀진단 및 대책수립
- 교통수요관리 세분화

교통사업평가분야

- 시뮬레이션 기초입력
- 돌발상황 고려
- 비반복적인 정체, 대기행렬 평가

첨단교통체계 (ITS)

첨단교통관리체계(ATIS)

- 실시간 교통신호관리
- 실시간 도시고속도로 진입제어

첨단교통정보체계(ATIS)

- 예측정보 생성
- 예측정보 제공 (VMS, 교통방송 등)

휴대폰위치정보를 이용한 동적OD 표본 추출

시간참조 불일치 문제

- 동적 OD는 출발시점 기준인 반면 셀 단위 위치정보로부터 추출한 OD 표본은 도착시점 기준

공간참조 불일치 문제

- 교통체계에서 동적 OD 추정 시 기종점 또는 참조점이 되는 것은 교통망 유□출입 지점, 구간 교통량 관측 지점 등 특정 도로를 가로지르는 횡단선
- Cell ID 방식에서 얻을 수 있는 위치정보는 일정 반경을 갖는 면 기준이고,
- 이면들이 교통체계 상의 참조점을 포함하는 형태가 다양함

개체 불일치 문제

- 교통체계에서 필요로 하는 동적 OD는 차량 기준인 반면,
- PCS 셀에 감지된 정보는 개인의 휴대폰 기준
- Cell ID 방식에서 얻을 수 있는 위치정보는 이동 또는 정지 상태인지,
- 이동 중이라면 어떤 교통수단을 타고 있는지 등의 구분이 모호

동적 OD 추정 모형 원형(Prototype)

- 지난 20여년간 많은 교통 기술자들에 의해 연구 개발

기본구조

- 동적 OD 통행량은 시간에 따른 자기상관(Autocorrelation)을 갖는다.

→ 상태방정식 $$\chi_{h+1} = \Phi_h \chi_h + W_{h+1}$$

- 검지장치로부터 수집된 동적(시간대별) 가로교통량은 동적 OD와 일정 함수관계로 표현할 수 있다.

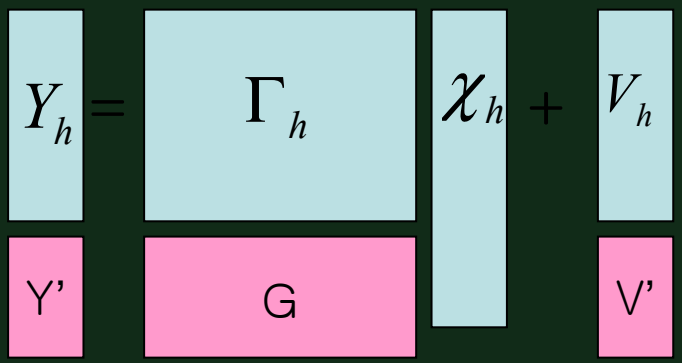
→ 관측방정식 $$Y_h = \Gamma_h \chi_h + V_h$$

Φ_h	동적 OD 자기상관함수	Γ_h	통행배정 Map: 가로교통량과 동적 OD의 함수관계
χ_h	동적 OD를 나타내는 변수	Y_h	관측 가로 교통량
W_{h+1}	자기상관 오차	V_h	관측 가로 교통량 오차

동적 OD 추정 모형 원형(Prototype)(2)

동적 OD 추정 모형 원형(Prototype)의 한계

- Observability 확보 문제 – 정확도와 직결
- 통행배정 Map 결정의 어려움



Y': 위치정보로 추출한 OD 표본

G: 위치정보로 추정한 OD 와 실제 OD 사이의 관계

Observability 확보문제

- AVI(Automatic Vehicle Identification)을 통한 표본 OD를 조사하여 관측방정식의 조건수를 증대시킴
- Γ_h도 불확실한데 더 불확실한 관계(G)를 추가?

동적 OD 추정 모형 원형(Prototype)(3)

통행배정 Map 결정문제

- 통행배정 시뮬레이터를 이용하여 통행배정을 수행하여 그 값을 추출
- 시뮬레이션 시간 소요과다로 실시간 적용 불가능
- 현실과 적합한 시뮬레이터 개발이 더 어려운 문제

본 연구의 관심대상

통행배정 Map 결정에 휴대폰 위치정보를 이용한다면?

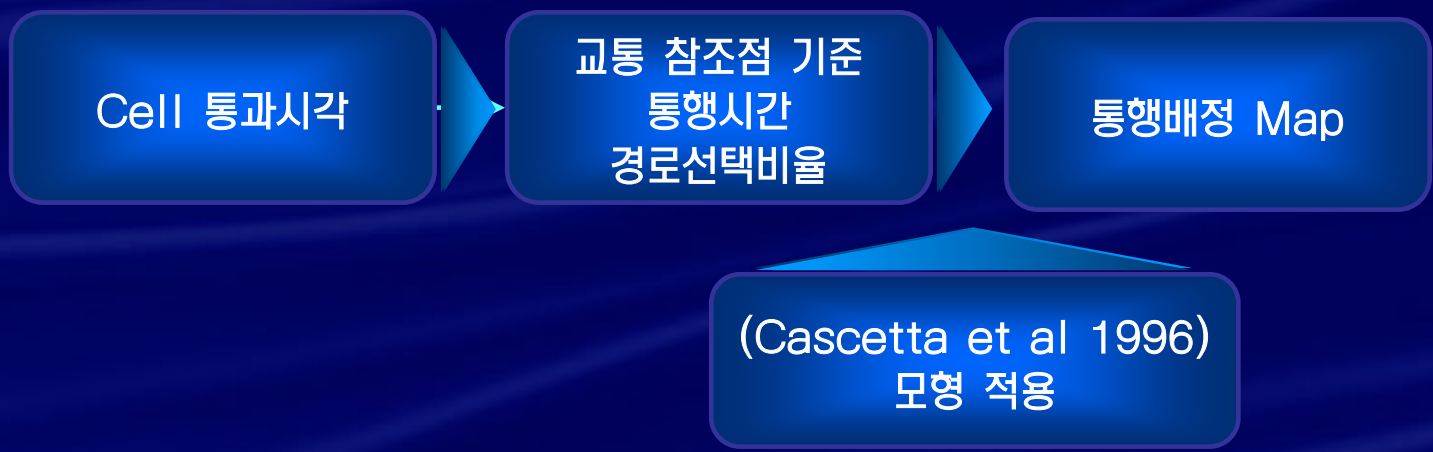
새로운 동적 OD 추정 모형

제안모형 핵심

동적 OD 추정모형 원형을 수용

통행배정 Map 결정에 Cell ID 방식 휴대폰 위치정보 활용

통행배정 Map 결정방법



휴대폰 위치정보 활용방안(1)

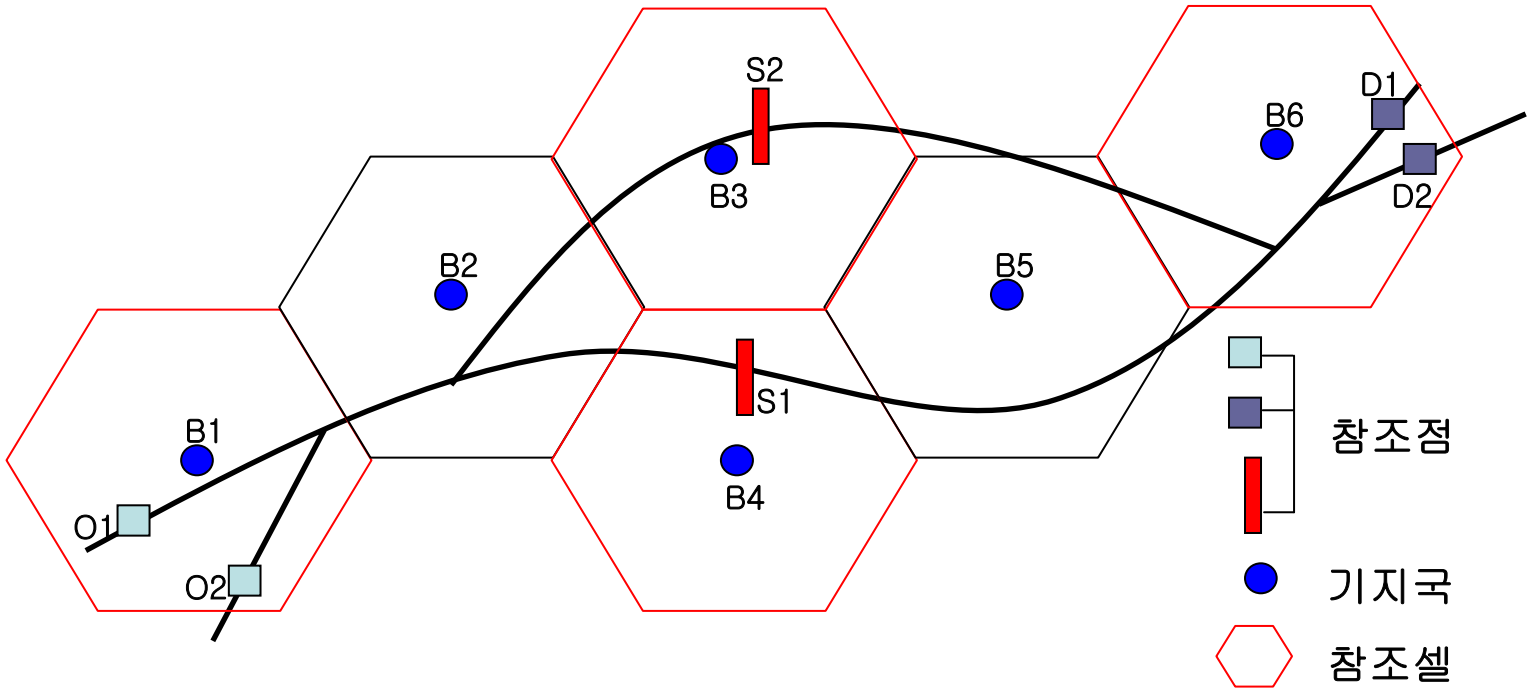
시간참조 문제 해결방안

- 동적 OD 추정 모형을 적용한다 해도 과거자료(통행시간, 경로선택 자료)로부터 동적 OD를 추정해야 하는 근원적인 문제
- 상태 방정식의 자기상관 관계가 동적 OD 예측기능 수행
- 직접 OD 표본을 추출할 때보다 오차 대폭 축소

개체 불일치 문제 해결방안

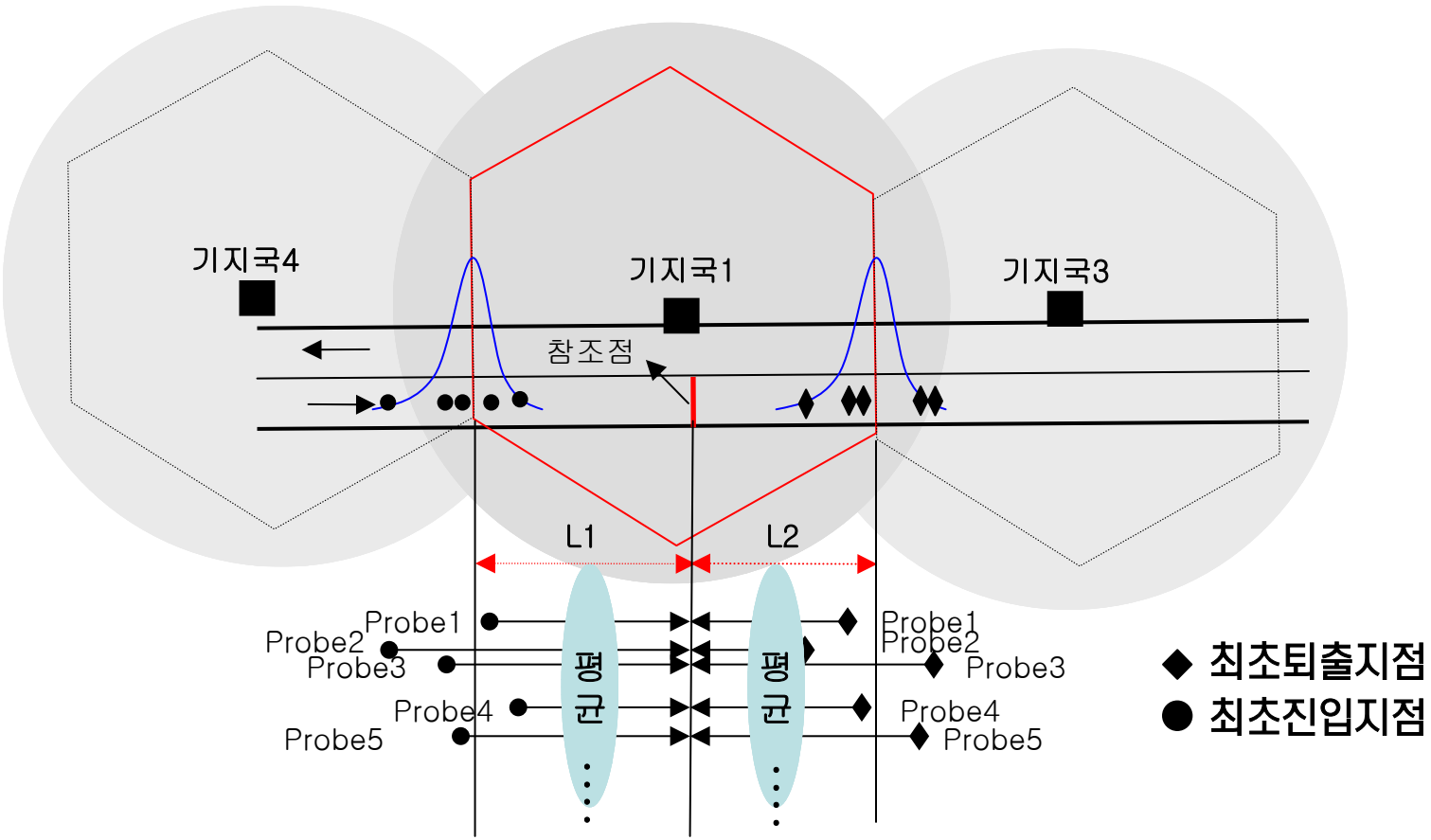
- 휴대폰 이용자의 정지/이동 상태, 통행수단을 구분 알고리즘들이 활발히 연구 그러나, Cell ID 방식에서는 많은 제한이 따름
- 사전 동의를 얻은 Probe 폰("서비스 가입자"로 명명함) 대상
- 서비스 가입자가 교통 참조점을 포함하는 PCS 셀에서 감지되면 도로 주행 중으로 판단, 차종은 서비스 가입 시 등록 차종으로 간주
- 오인식이 있을 수 있으나 미비할 것임

공간참조 문제 해결방안

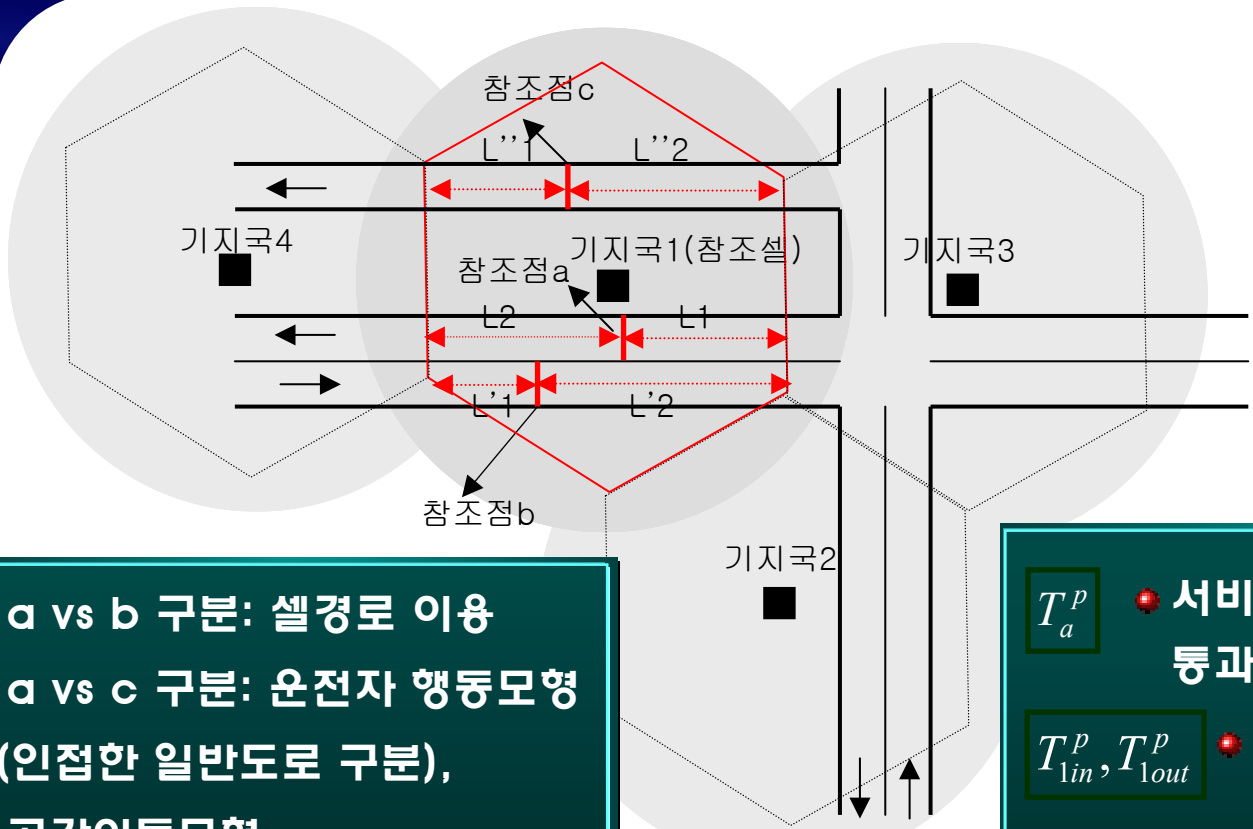


<교통망, 참조점, 참조셀 관계>

L1,L2 결정 방법


기지국4
기지국1
기지국3
참조점
L1
L2
Probe1
Probe2
Probe3
Probe4
Probe5
평균
평균
Probe1
Probe2
Probe3
Probe4
Probe5
최초퇴출지점
최초진입지점

공간참조 문제 해결방안



$$T_a^p = \frac{L_1 T_{1out}^p + L_2 T_{1in}^p}{L_1 + L_2}$$

$$T_a^p = \frac{T_{1out}^p + T_{1in}^p}{2}$$

- a vs b 구분: 셀경로 이용
- a vs c 구분: 운전자 행동모형 (인접한 일반도로 구분),
- 공간이동모형 (고속도로/측도구분) 적용
  ← U.C. Berkeley

- T_a^p 서비스 가입자 p가 참조점 a를 통과한 시각 근사추정치
- T_{1in}^p, T_{1out}^p 서비스 가입자 p가 참조셀1에 최초 진입/퇴출 시각
- L_1, L_2 참조셀 최초 진입/퇴출 지점에서부터 참조점까지 거리

← 현장조사 평균치 적용

휴대폰 위치정보 활용 결과물

휴대폰 위치정보로부터 얻은 결과물

- 교통 참조점간 통행시간
- 교통 참조점간 통행경로 선택 비율

결과물의 정확도에 대한 주요 영향요인

- 셀 진/출입 시간정확도(위치확인 시간간격)
- 셀 커버리지 면적
- Probe(서비스 가입자) 비율

→ 민감도분석

동적 OD 추정구조 및 추정모형 해법

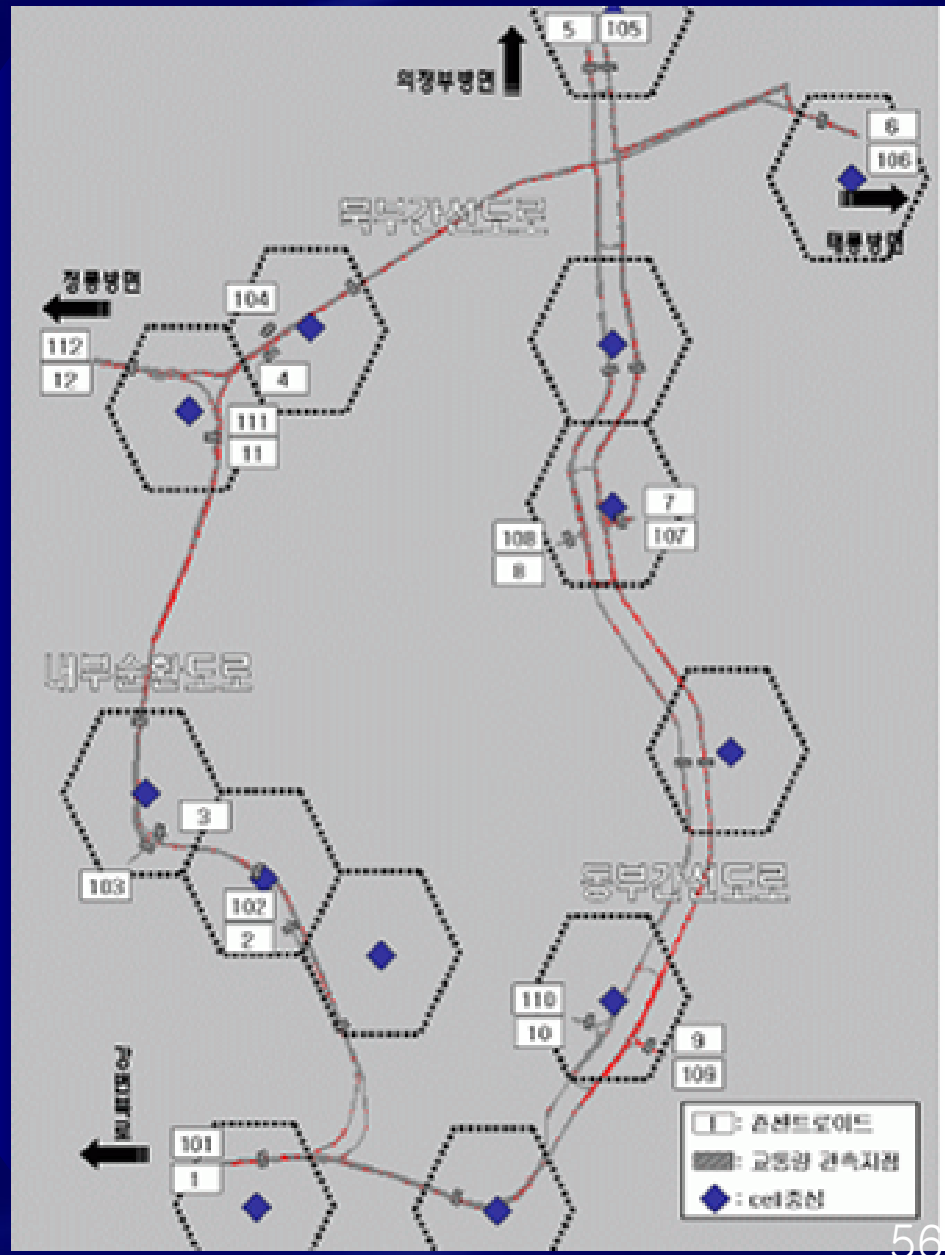
동적 OD 추정 구조

동적 OD 추정 모형 해법

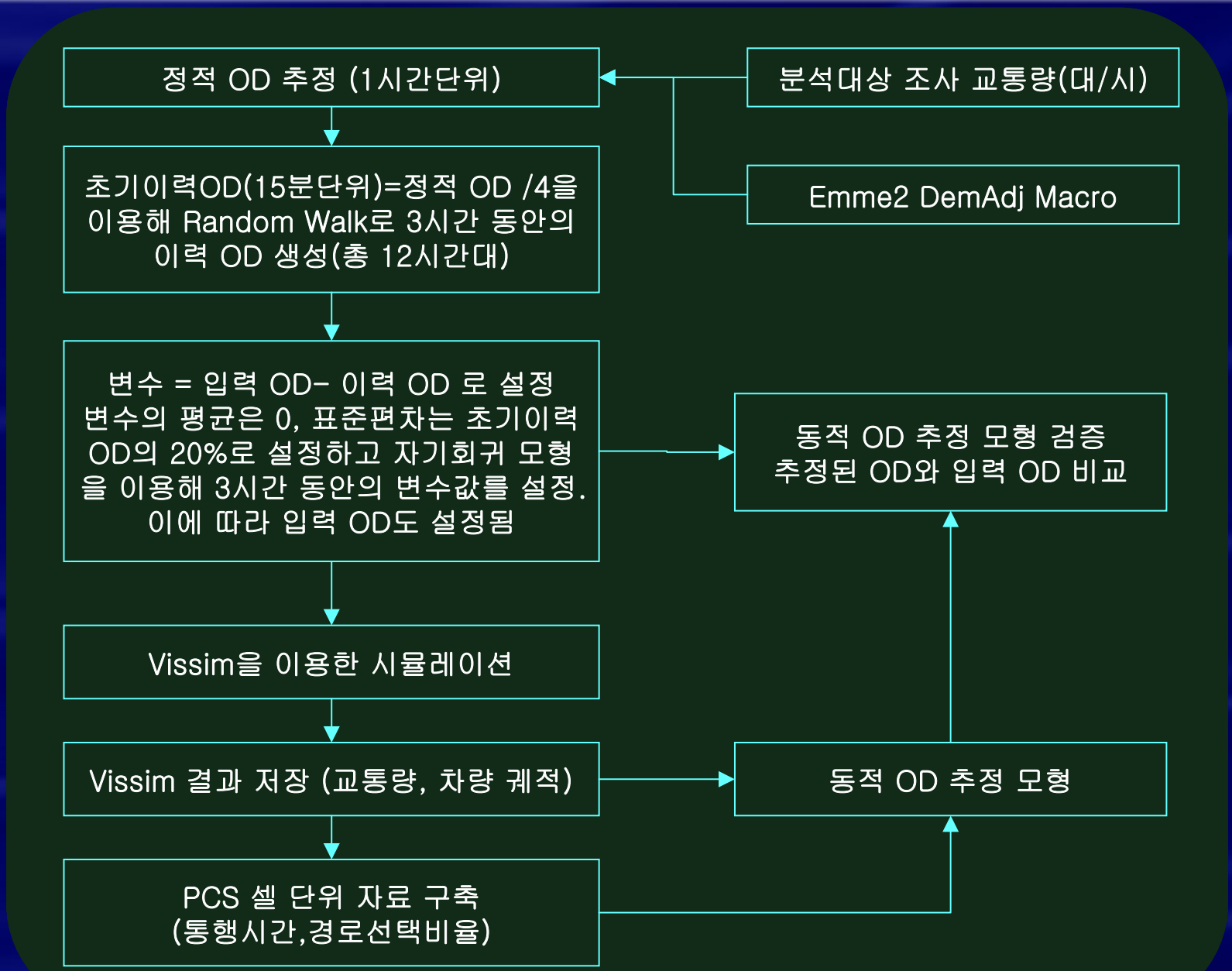
- Kalman Filter & Simple Kalman Filter
- GLS(Generalized Least Square) & Simple GLS

사례분석 대상

- 실제 교통망을 대상으로,
- 교통 시뮬레이션을 통해 실제와 유사한 상황을 재현하여,
- 교통정보(통행시간,경로선택, 동적 OD)생성에 미치는 휴대폰 위치정보의 효용을 평가함



사례분석 절차


정적 OD 추정 (1시간단위)
분석대상 조사 교통량(대/시)
초기이력OD(15분단위)=정적 OD /4을 이용해 Random Walk로 3시간 동안의 이력 OD 생성(총 12시간대)
Emme2 DemAdj Macro
변수 = 입력 OD- 이력 OD 로 설정 변수의 평균은 0, 표준편차는 초기이력 OD의 20%로 설정하고 자기회귀 모형을 이용해 3시간 동안의 변수값를 설정. 이에 따라 입력 OD도 설정됨
동적 OD 추정 모형 검증 추정된 OD와 입력 OD 비교
Vissim을 이용한 시뮬레이션
Vissim 결과 저장 (교통량, 차량 궤적)
동적 OD 추정 모형
PCS 셀 단위 자료 구축 (통행시간,경로선택비율)

사례분석 결과(1)

Base Case

Probe폰 비율은 5%, 셀 반경 500m, 위치추적 시간은 소속 셀 변경 시

범 례

- ODF: 실제 OD
- ODF-I: 휴대폰 위치정보 이용 추정 OD
- ODF-II: 통행배정 완전정보 이용 추정 OD
- ODF-III: 과거 이력OD

평가지표(MAER)

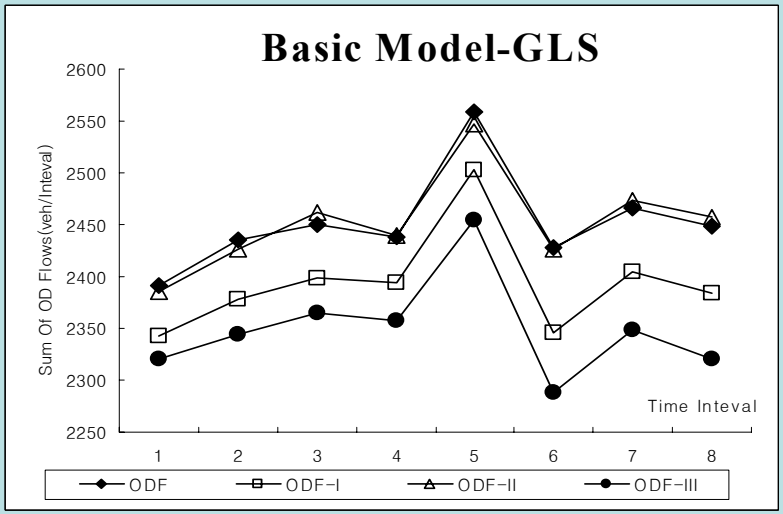
(Mean Absolute Error Ratio)

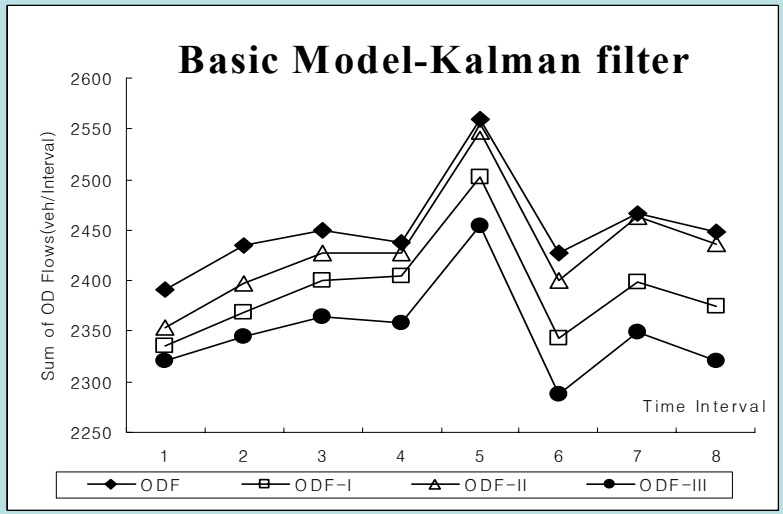
$$MARE = \frac{1}{n \times T} \sum_i \sum_h \frac{\left| \hat{x}_{ih} - x_{ih} \right|}{x_{ih}}$$

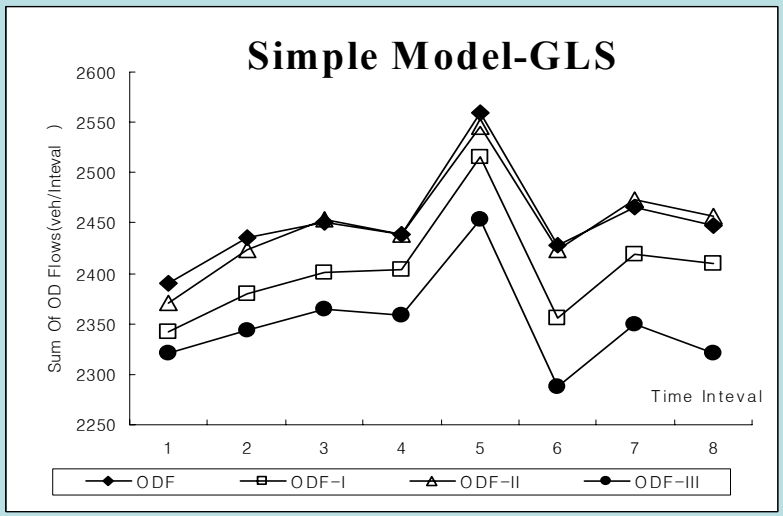
Base Case 분석 결과

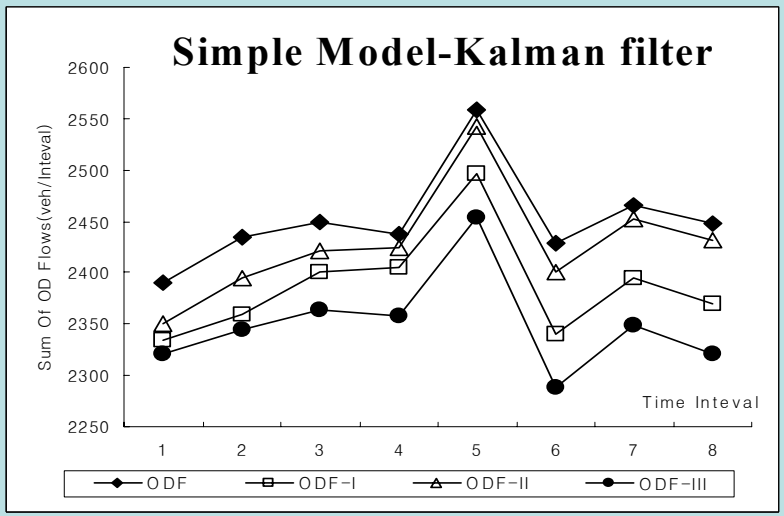
Algorithm	ODF-I		ODF-II	
	Basic Model	Simple Model	Basic Model	Simple Model
GLS	0.1769	0.1772	0.1685	0.1750
Kalman Filter	0.1805	0.1816	0.1579	0.1623
MAER of ODF-III= 0.1822				

Base Case 분석결과









민감도 분석(1)

Probe비율의 영향

Proportion of probe phones	ODF-I		ODF-II	
	GLS	Kalman Filter	GLS	Kalman Filter
1%	0.1794	0.1805	0.1685	0.1579
5%	0.1769	0.1780		
20%	0.1767	0.1770		
100%	0.1760	0.1723		

셀반경의 영향

Radius of Cell Coverage	ODF-I		ODF-II	
	GLS	Kalman Filter	GLS	Kalman Filter
500m	0.1769	0.1805	0.1685	0.1579
750m	0.1811	0.1823		
1000m	0.1825	0.1826		
MAER of ODF-III = 0.1822				

민감도 분석(2)

위치확인 시간간격의 영향

Time Interval (sec)	ODF-I		ODF-II	
	GLS	Kalman Filter	GLS	Kalman Filter
Continuous	0.1769	0.1805	0.1685	0.1579
10	0.1802	0.1811		
20	0.1817	0.1821		
30	0.1856	0.1887		
MAER of ODF-III = 0.1822				

민감도 분석결과

- ❖ 서비스 가입자의 비율은 결과에 크게 영향을 주지 않음
- ❖ 셀 반경이 500 m이하에 적용 가능
- ❖ 적어도 20초 이하의 위치갱신주기 필요

VI. 결론 및 제안

연구결과 요약

Anonymous Tracking은 불가능

- 사전동의한 Probe 이용이 타당

통신사 측 선결요건

- 셀 단위 Tracking 가능성
- 추가비용 문제

선결요건만 충족되면 휴대폰 위치정보를 이용한 교통정보의 효용은 충분

- 정적 OD
- 통행시간
- 동적 OD
- 개별통행실태
- 경로선택비율

정 책 제 안

- 현재 서울시에는 통합 교통자료(정보) 수집체계 부재
- 기존 교통자료 수집방법은 자료수집 비용이 크고 해당시설의 유지관리가 어려움
- 휴대폰 위치정보는 고비용의 교통정보 수집체계를 보완/대체할 수 있는 가장 잠재력이 큰 자료 공급원
- 교통정보는 일종의 공공재

휴대폰 위치정보 추출에 소요되는 통신업체의 추가비용 << 동일 수준 정확도를 갖는 교통정보를 얻기 위해 여타 검지 시스템을 구축하고 유지보수 하는데 드는 비용

공공부문 재원 투입!