

主題

# GPS 구간 검지 방식 기반의 Network 설계를 통한 교통정보 수집 및 제공

SK(주) Telematics사업팀 부장 김재민

차 례

- |                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| I. 서론                             | 3. 멀티링크 구간의 교통정보 생성       |
| II. 기존 교통정보 수집 방법의 고찰             | IV. GPS 구간 검지 방식의 교통정보 생성 |
| 1. 지점 검지 방식                       | 1. 회전정보의 생성               |
| 2. 구간 검지 방식                       | 2. 실시간 대기행렬의 검지           |
| 3. GPS 구간 검지 방식                   | 3. 음영지역의 교통정보 생성          |
| III. GPS 구간 검지 방식을 고려한 Network 설계 | V. 교통정보의 제공 및 관리 방안       |
| 1. 대규모 교차로/주요 연결로의 Network 설계     | VI. 결론                    |
| 2. 기타 도로 시설물의 Network 설계          | 참고문헌                      |

## I. 서론

최적 경로 서비스를 제공하기 위해서는 구간 통행속도, 구간 통행시간, 회전 정보, 혼잡도 등과 같은 교통정보가 필요하다.

또한, 고객에게 신뢰성 있는 최적 경로를 제공하기 위해서는 실시간 교통정보 수집은 반드시 필요하며, 이러한 실시간 교통정보 수집 방법들에 대한 고찰과 검토가 선행되어야 한다.

기존의 교통정보 수집방법을 살펴보면 지점검지 방식의 경우, 수집되는 정보가 검지기 설치 지점의 지점속도(Spot Speed)이므로 해당 링크를 주행한 통행속도(통행시간)의 대표값으로 채택하기에는 다소 무리가 있으며 구간검지 방식의 경우, 일반적으로 급격한 교통류 변동에 따른 대기

행렬 검지가 늦다는 단점이 있다.

본 논문에서는 현재 SK(주) entrac(이하 entrac)에서 최적 경로 서비스를 위해 사용하고 있는 GPS 구간 검지 방식을 반영한 Network 설계와 GPS 구간 검지 방식에 의한 교통정보 생성 방안에 대해서 설명하고자 한다.

entrac에서는 GPS 구간 검지 방식을 반영한 Network 설계 시, 운전자들이 주행 중 주요 판단 기준 지점인 다음과 같은 도로 시설물에 대해 그 특성을 고려하여 설계하였다.

- 대규모 교차로, 주요 연결로
- 고가도로, 지하차도 구간
- 그 외의 GPS 구간 검지 특성 반영 구간 등

이러한 각각의 도로 시설물에 대한 Network 설계는 GPS 구간 검지의 단점을 보완하고 타 구간 검지 방식보다 효율적으로 교통정보의 수집을 가능하게 하였으며, 이러한 Network 설계를 기반으로 회전정보의 생성, 음영지역에 대한 교통정보 등의 생성이 가능하였다.

또한, GPS 구간 검지 방식으로 수집된 교통정보의 제공 현황과 제공 교통정보에 통계/패턴 데이터 구축과 같은 제공 교통정보 관리 방안을 언급하고자 한다.

## II. 기존 교통정보 수집 방법의 고찰

기존에 사용중인 검지기는 수집 방법에 따라 지점 검지 방식과 구간 검지 방식이 있다.

### 1. 지점 검지 방식

지점 검지 방식은 검지 센서 종류, 검지 원리, 매설 여부에 따라 다음과 같이 구분한다.

#### 1) 검지 센서

- ① 압력식 검지기(Pressure Detectors)
- ② 루프 검지기(Inductive Loop Detectors)
- ③ 초음파 검지기(Ultrasonic Detectors)
- ④ 초단파 검지기(Microwave Detectors)
- ⑤ 적외선 검지기(Infrared Detectors)
- ⑥ 영상 검지기(Image Detectors)

#### 2) 검지 원리

- ① 기계적 신호를 전기 신호로 변환시켜 검지(압력식, 피에조, 누름식 검지기 등)
- ② 전자기적 신호를 전기신호로 변환시켜 검지(루프, 초음파, 영상, 자기검지기 등)

#### 3) 검지 센서 매설 여부

① 매설형 : 루프 검지기, 피에조 검지기, WIM(Weigh in Motion) 검지기 등

② 비매설형 : 초음파, 초단파, 적외선, 영상검지기 등

## 2. 구간 검지 방식

GPS, Beacon, 차량 영상 인식 장치, DSRC(Dedicated Short Range Communication) 등을 이용하여 산출된 통행시간을 기반으로 정보를 얻는 방식으로 기본적인 수집 방식은 아래와 같다.

### 1) GPS 구간 검지 방식

① GPS 단말기를 장착한 차량의 위치 및 시간 정보를 이용하여 도로 구간의 통행시간을 추정

② 전송된 차량의 좌표형 정보를 교통 네트워크에 매칭시키는 맵 매칭 작업을 수행

### 2) Beacon 및 DSRC 방식

① 단말기를 탑재한 차량이 주행을 하여 위치 Beacon을 통과한 시간을 통해 센터로 송신하는 방식

② 센터에서 수집된 정보의 시간차를 이용하여 특정 구간의 통행속도(통행시간)를 추정함

③ DSRC 방식은 양방향 통신으로 센터와 차량 간 상호 정보 교환이 가능

### 3) 이미지 인식 방식

① 이미지 프로세싱으로 번호판을 인식하여 정보 수집

② 구간 진출입부에서 통과 차량 번호판을 인식하고 센터로 송신하여 통행시간 산출

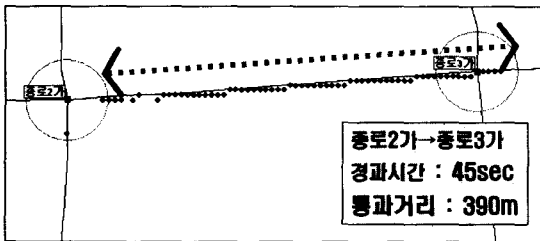
다음은 entrac에서 채택한 GPS 기반의 구간 검지 방식을 보다 상세히 알아 보하고자 한다.

### 3. GPS 구간 검지 방식

#### 1) 교통정보 수집 원리

GPS 수신기를 장착한 차량이 위치 정보를 수신하여 가장 거리가 근접한 링크에 대해 링크 매칭을 수행하며, 도로 중심선의 교차점(노드)에 GPS 오차 등을 고려한 버퍼를 생성한 후, 수신된 GPS 데이터를 인접한 교차로에 매칭시키기 위해 버퍼 안에 존재하는 GPS 포인트를 선택한다.

GPS 포인트가 교차로 노드 버퍼와 매칭되면, 차량은 시간의 순서에 따라 주행링크와 방향을 확인할 수 있다. 그 다음 GPS 포인트가 각 버퍼를 벗어나는 시간을 추출해내면 그것이 교차로 통과시간이 되고, 두 교차로의 통과시간의 차이를 이용해서 통행속도(통행시간)를 산출한다.



〈그림 1〉 GPS 구간 검지 방식의 통행시간 산정

#### 2) 특징

##### (1) 장점

- 현장 정보 수집을 위한 기반 시설물의 설치 불필요
- GPS 장착 차량의 운행 궤적을 따라 지속적으로 수집된 세밀한 자료의 수집/제공이 가능
- 차량의 위치 추적이 가능하여 LBS 등의 ITS 사업에 폭넓게 사용이 가능
- 타 구간 검지 방식(Beacon 방식 등)에 비해

대기행렬 검지가 용이

즉, 타 수집방식 대비 상대적으로 저렴한 초기 투자비로 어떤 도로든 원하는 시간에 운행 상태를 수집할 수 있는 장점을 가지고 있다.

##### (2) 단점

- 도로 선형이 일련하여 중첩되거나 근접한 구간은 링크 매칭이 어려워 수집된 교통정보에 오류를 포함함
- GPS Probe가 충분하지 않을 경우, 교통정보의 신뢰성 확보가 어려움

## III. GPS 구간 검지 방식을 고려한 Network 설계

Network 설계 시, 수집 방식 특성을 고려하여 효율적으로 설계를 해야 한다.

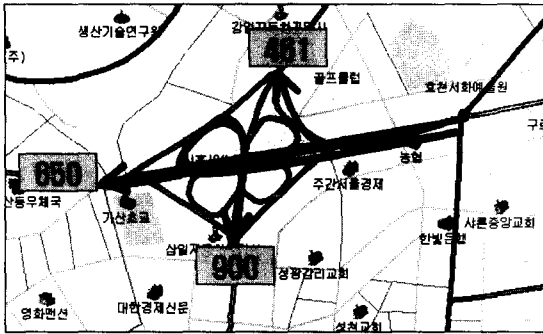
entrac에서는 GPS 구간 검지 수집을 극대화하고 오류 정보를 최소화하기 위한 교통 Network 설계를 위해 대규모 교차로, 주요 연결로 및 고가/지하차도 등의 도로 시설물을 고려하여 Network를 설계하였다.

### 1. 대규모 교차로 및 주요 연결로 (Ramp) Network 설계

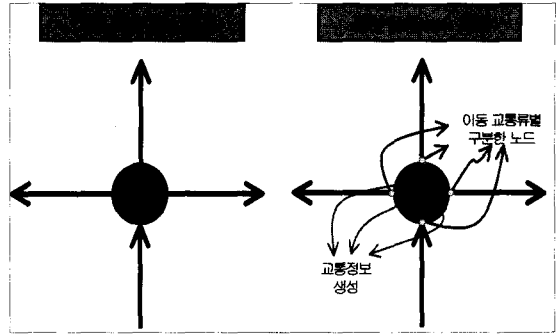
#### 1) 대규모 교차로의 Network 설계

대규모 교차로는 이동 교통류별 통행속도(통행시간) 및 구간거리가 상이하여 단일 링크 정보로 생성 시, 수집된 교통정보가 적정 표본 이하일 경우, 신뢰도가 매우 낮을 수 있다.(〈표 1〉 구로전화국→시흥IC 링크의 평균 통행속도 vs. 이동 교통류별 통행속도 참조)

다음 그림은 구로전화국→시흥IC 링크로 이동 교통류별로 상이한 구간거리와 통행속도 분포를 보여준다.



〈그림 2〉 구로전화국→시흥IC 링크의 이동 교통류별 구간거리



〈그림 4〉 이동 교통류를 구분한 Network 설계



〈그림 3〉 구로전화국→시흥IC 링크의 이동 교통류별 구간거리  
분포

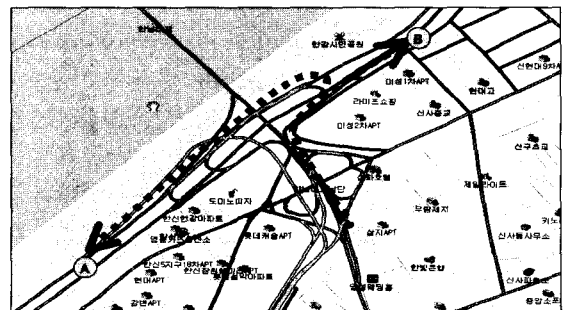
구분	평균TS	직진TS	좌회전TS	우회전TS
TS(km/h)	32.1	39.3	29.9	29.6
평균 대비 %	100%	122%	93%	92%

〈표 1〉 구로전화국→시흥IC 링크의 평균 통행속도 vs. 이동 교통류별 통행속도

따라서, 신뢰도 높은 교통정보를 제공하기 위해서는 이동 교통류별로 교통정보를 구분하여 수집해야 할 필요가 있으며, GPS 구간 검지 방식은 도로 중심선이 분리되어 있는 대규모 교차로 내 본선 및 회전 링크 등의 이동 교통류별 교통정보 수집이 가능하다.

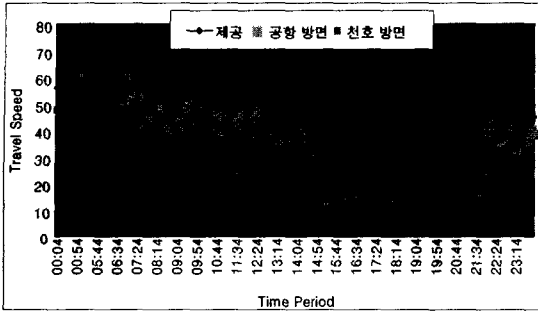
entrac에서는 각각의 이동 교통류별로 구분하여 대규모 교차로내의 교통정보를 수집할 수 있도록 Network를 설계하였다.

2) 주요 연결로(Ramp)의 Network 설계  
일반적으로 본선 구간과 연결로(Ramp) 구간의 통행속도와 구간거리가 상이하므로 별도의 연결로 구간에 대한 교통정보 생성/제공이 필요하다.(하단 그림 및 그래프 참조)  
이를 위해, 위에서 언급한 바와 같이 주요 연결로(Ramp)도 이동 교통류별로 구분하여 연결로 구간에 대한 세분화된 교통정보의 생성이 가능하다.



〈그림 5〉 한남대교 남단 주요 연결로(A: 올림픽 대로 공항방면, B: 올림픽대로 잠실방면)

〈그림 6〉은 신사역~한남IC 구간에서 제공 교통정보와 연결로 교통정보(올림픽대로 공항방면과 천호방면 연결로 교통정보)를 비교한 것이다. 직진 교통류(신사역에서 한남대교 방면) 위주의 제공 교통정보 생성으로 인해 연결로 교통정보와 비교해 보면, 상당히 큰 통행속도 차이를 볼 수 있다.

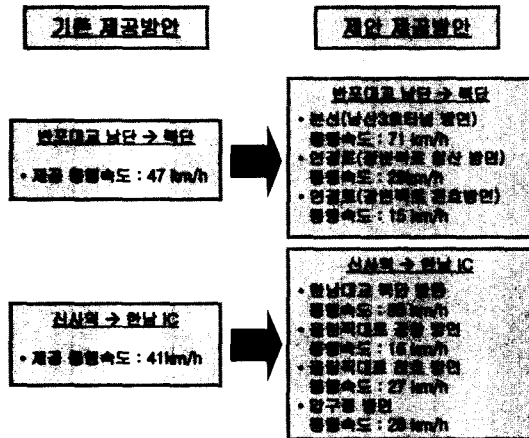


〈그림 6〉 제공 통행속도 vs. 연결로 통행속도 (한남 IC)

3) 이동 교통류별 교통정보 수집에 따른 교통정보 제공 방안

상기와 같은 방법으로 수집된 교통정보를 제공 시, 기존 단일 교차로(노드) 중심으로 생성된 교통정보가 해당 링크를 대표할 수 있는지에 대한 문제점을 해결하고, 해당 링크에 대한 세분화된 교통정보 제공이 가능하다.

다음은 주요 연결로(Ramp) 구간에 대한 교통정보 제공방안에 대한 예시이다.



〈그림 7〉 주요 연결로(Ramp) 구간에 대한 세분화된 교통정보 제공 방안

entrac에서 고객에게 제공하고 있는 최적 경로에는 위에서 생성된 세분화된 교통정보가 반영되

어 보다 신뢰성 있는 최적 경로의 제공이 가능하다.

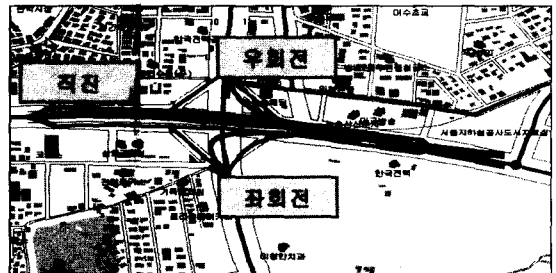
2. 기타 도로 시설물의 Network 설계

기타 도로 시설물에 구간 검지 방식의 특성을 고려하여 다음과 같이 Network를 설계하였다.

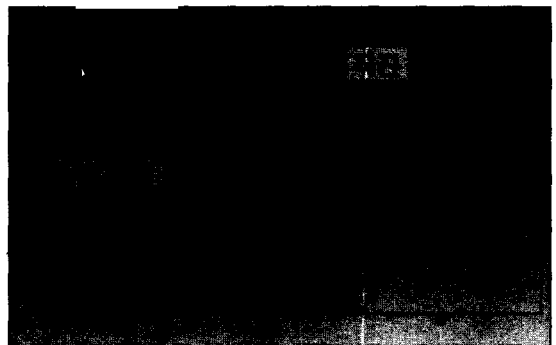
1) 고가차도, 지하차도

고가차로 및 지하차로 통과 차량의 통행속도(통행시간)는 지상으로 통과 차량의 그것과 비교할 때 신호 교차로의 정체를 경험하지 않으므로 수집된 정보 값의 차이가 크다.

구간거리 분포도 수집 대상 노드/링크를 별도 세밀화하지 않을 경우 다음 그림과 같이 직진 교통류와 회전 교통류간의 차이가 큼을 볼 수 있다.

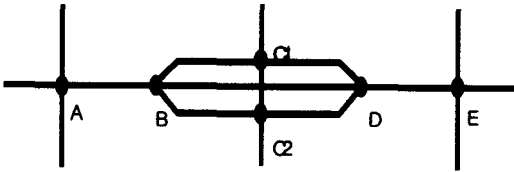


〈그림 8〉 사당 고가의 이동 교통류 구성



〈그림 9〉 지하철공사)사당역사거리 링크의 구간거리 분포

따라서, 이러한 교통정보의 차이를 구분하기 위해 고가차도, 지하차도 구간에 대해 다음과 같이 Network를 구성하였다.



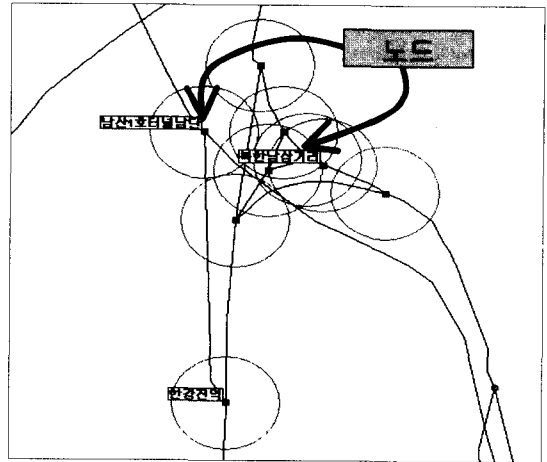
〈그림 10〉 고가/지하차도 구간의 Network 설계

위의 그림과 같이 GPS 구간 검지 방식의 특성을 고려하여 고가/지하차도 구간의 노드를 B, C, D로 구분하여, 고가차도/지하차도 통과 교통류(B↔D)와 지상로 통과 교통류(B↔C, C↔D)의 구분이 가능하도록 Network를 설계한다.

2) GPS 구간 검지 특성을 고려한 Network 설계

타 구간 검지 방식에서 노드 선정은 일정 범위 내에 존재할 경우 동일 노드로 선정하여 교통정보를 수집하나, entrac에서 사용하는 GPS 구간 검지 방식은 링크 매칭을 통해 교통정보를 생성하므로 노드가 일정 범위에 있다 하더라도 링크 간 연결성이 없다면 노드를 별도로 구분하여 각각의 개별 링크에 대해 교통정보 수집이 가능하다.

〈그림 11〉은 북한남 삼거리에서 고가차로 상의 노드인 남산 1호 터널 남단 노드와 지상로의 북한남 삼거리 노드로 구분하여 교통정보를 수집하고 있는 예를 보여 주고 있다. 이를 통해 남산 1호 터널 통과 교통류와 이태원 및 약수동 방면 교통류의 분리가 가능하여 세분화된 교통정보의 수집이 가능하다.



〈그림 11〉 북한남 삼거리의 노드 구분

3. 멀티링크 구간의 교통정보 생성

동일한 시/종점 노드를 가지는 2개 이상의 링크를 멀티링크라 하며 동 링크에서는 GPS 구간 검지 수집 특성상 검지가 불가한 지역이 존재한다.

서울, 수도권 지역의 멀티링크 유형을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 고가차도와 일련하는 지상 구간(내부순환로, 반포대교 등 7개 지점)
- ② 인접 지상로 구간(주요 도로에 인접한 측도 등 18개 지점)
- ③ 지상로에 대한 우회로(19개 지점)
- ④ 대교 주변의 진출입 연결로 구간(6개 지점)
- ⑤ 기타(7개 지점)

이러한 멀티링크들은 GPS 구간 검지 특성 상 링크 매칭이 불분명하여 수집된 교통정보의 신뢰성 문제가 야기될 수 있다.

이러한 멀티링크의 문제는 Network 설계 및 교통센터 가공/처리를 통해 다음과 같이 해결한다.

- ① 세분화된 이동 교통류별 교통정보의 수집

을 통해 원천적인 멀티링크 수집 오류 제거

② 구간 검지 특성을 고려하여 노드 분리를 통한 멀티링크 제거

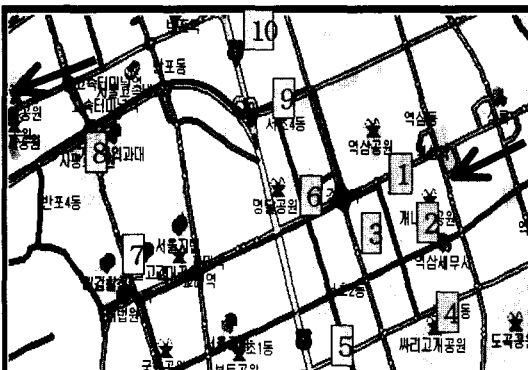
③ 교통정보 수집 후, 정보 센터에서 가공/처리 과정을 거쳐 교통정보 생성(해당 구간의 O-D 추정을 통한 멀티링크의 구분)

#### IV. GPS 구간 검지 방식의 교통정보 생성

본 장에서는 상기 언급한 GPS 구간 검지 방식을 고려한 교통 Network를 활용하여 GPS 구간 검지 방식의 단점을 보완한 교통정보 생성 방법에 대해 설명하고자 한다.

##### 1. 회전 정보의 생성

GPS 장착 차량의 이동 주행 궤적을 파악하여 회전 정보를 생성한다. 다음 그림은 2003년 10월 27일 entrac의 Probe 차량의 실제 이동한 주행 궤적이며, 아래의 그림에서 1136910은 좌회전, 24578은 우회전이며, 이러한 정보는 센터로 송신되어 가공/처리 과정을 거쳐 회전 교통정보로 생성한다.



〈그림 12〉 Probe 차량의 이동 주행 궤적

##### 2. 실시간 대기 행렬의 검지

Probe 차량은 센터로 5분마다 데이터를 전송하며 만약, 주행중인 링크를 5분 안에 통과하지 못한 경우, 미통과 데이터를 송신한다. 미통과 데이터는 재처리 과정을 통하여 해당 링크의 정체 상황을 반영하므로 타 검지 방식에 비해 실시간 대기 행렬 검지가 용이하다.

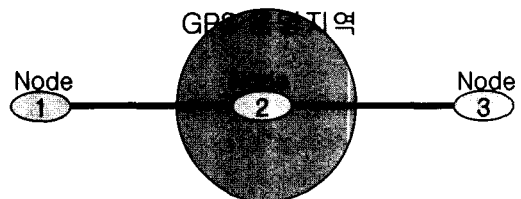
##### 3. 음영지역의 교통정보 생성

GPS 수집 방식의 단점 중에 하나인 음영지역으로 인해 수집이 불가능한 경우, 교통정보 센터에서 해당 음영지역 내에 존재하는 노드를 추출하고 데이터 분석을 통해 수집 정보의 연결성을 고려한 누락 노드 처리 방안을 적용하여 교통정보를 생성한다.

아래의 그림과 같이 2번 노드가 음영지역인 경우 해당 링크들은 통과한 Probe 차량들은

Node① → Node② → Node③

으로 수집 데이터를 송신해야 하나, Node②가 음영지역이므로 해당 링크들은 통과하는 수집 데이터는 Node① → Node③을 송신하게 된다. 교통정보 센터에서는 수신된 Node① → Node③ 수집 데이터를 구간 거리 및 수신 시간 기준으로 Node① → Node② → Node③에 배분하여 교통정보를 생성한다.

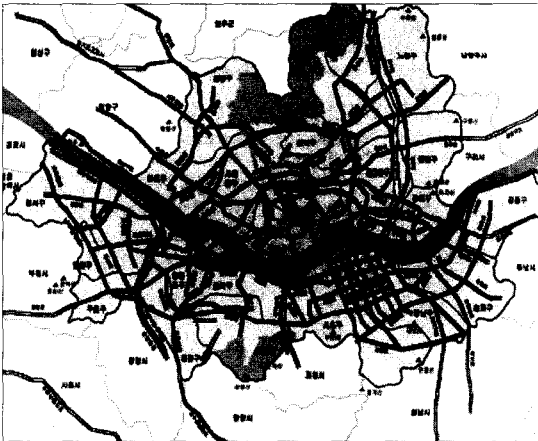


## V. 교통정보 제공 및 관리 방안

### 1. 교통정보 제공 현황

중앙 교통정보 센터를 기 구축한 entrac에서는 현재, GPS 구간 검지 방식으로 실시간으로 수집되는 교통 원시자료를 가공 처리하여 대상지역에 도로 소통현황 및 최적 경로를 제공하고 있다.

실시간 교통정보 제공범위는 서울을 포함한 고양/성남/수원/안양/과천/군포/의왕시이며, 향후 인천/부천/하남/구리시 등 수도권 전역으로 그 범위를 확대할 예정이다.

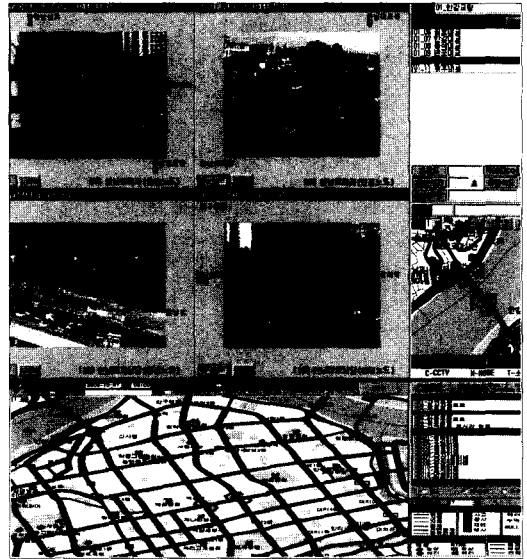


〈그림 13〉 실시간 도로 소통현황(서울지역)

서울 도심의 경우 고속도로 일부구간과 자동차 전용도로(예: 올림픽대로, 동부간선로, 분당-수서고속화도로 등), 주요 간선도로(예: 강남대로, 남부순환로, 송파대로, 양재대로, 천호대로 등), 한강다리 및 도심터널(예: 한남대교, 행주대교, 남산1/2/3호터널 등)등과 같이 도로 구분별로도 세분화하여 실시간 소통정보를 제공하고 있다.

또한, CCTV와 같은 지점검지체계를 활용하여 수집되고 있는 소통정보에 대해 실시간 모니터링

을 수행하고 있으며, 사고/공사/통제와 같은 돌발 상황(Incident Detection) 정보도 수집하여 운전자들에게 좀더 신뢰성 있는 다양한 정보를 제공하고 있다.



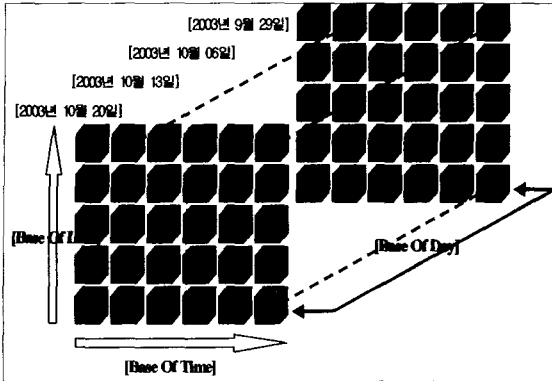
〈그림 14〉 CCTV 모니터링(한강교량)

### 2. 제공 교통정보의 관리 방안

수집된 정보를 도로 이용자들에게 최종 제공되었던 소통정보에 대한 데이터 축적 및 데이터 분석을 위한 통계/패턴 정보를 생성/제공 가능하도록 관리한다.

패턴데이터는 다음 그림과 같이 과거 제공되었던 데이터를 저장하고 시/공간적으로 그룹핑하여 해당구간, 해당시간을 대표하는 과거자료로 구축한다. 또한 패턴데이터는 과거 제공데이터의 누적이지만 현재의 데이터도 항상 업데이트 될 수 있도록 프로세스를 구축해야한다.



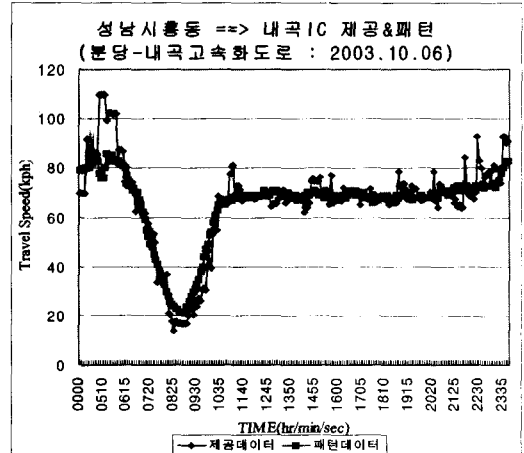
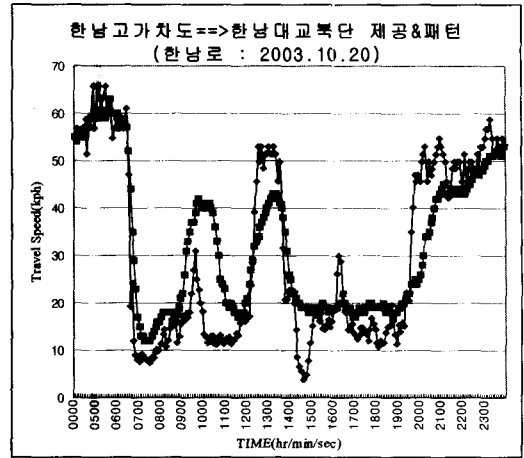


(그림 15) 패턴데이터 구축 개념도

<그림 16>은 기 구축된 패턴 데이터와 제공 데이터를 비교한 것이다.

첫 번째 그림은 혼잡이 자주 발생하는 한남로, 한남고가에서 한남대교 북단방향의 제공 데이터와 패턴 데이터를 비교한 것으로 정체 발생 및 해소 시간이 일정한 패턴을 가지고 있음을 알 수 있다. 따라서 일정비율이상 실시간 데이터가 수집되는 도로의 경우 패턴 데이터의 실시간 제공 및 활용을 고려해볼 수 있다.

두 번째 그림은 분당-내곡 고속도로로 특정구간인 성남시 흥동에서 내곡IC 방향으로 월요일 하루 동안 제공되었던 교통정보와 TIC에서 구축한 패턴데이터는 상당히 유사함을 볼 수 있다.



(그림 16) 제공 & 패턴데이터 비교

## VI. 결 론

본 연구는 고객에게 신뢰성 있는 최적 경로 서비스를 제공하기 위해 현재, entrac에서 실시간 교통정보 수집 방법으로 사용하고 있는 GPS 구간 검지 방식에 대하여 설명하였다.

entrac의 GPS 구간 검지 방식은 주행 중인 고객에게 정확한 최적 경로 서비스를 제공하기 위해 세분화된 교통정보 생성이 가능하도록 Network 설계를 하였다.

또한, GPS 구간 검지 방식으로 교통 정보 수집 시, 오류 정보의 최소화, 정보 수집을 극대화를 통하여 제공 교통정보의 신뢰도를 향상시키고, 이를 토대로 전국 교통정보 수집이 가능하도록 Network를 설계하였다.

이를 위해, 주행 중 운전자의 주요 판단 기준 결정 지점인 대규모 교차로와 주요 연결로(Ramp) 지점에 대하여 세분화된 교통정보의 수집이 가능하도록 Network를 설계하였으며, 회전 정보의 생성을 통해 대부분이 중요 교차로 및 연결로 구간들에 대한 회전 가중치(Turn Penalty)의 생성이 가능하여 정확한 최적 경로

계산이 가능하게 되었다.

GPS 음영지역의 경우, entrac Probe 차량들이 송신하는 교통정보 분석을 통해 해당 구간들에 대한 교통정보 생성 방안을 마련하였으며, 그 외의 GPS 구간 검지 방식의 단점을 보완할 수 있도록 해당 구간들에 대한 교통정보 수집 및 생성 방안을 제시하였다.

또한, 이동 교통류간 통행속도(통행시간)가 상이한 고가차도, 지하차도 등의 특정 도로 시설물 등에 대해서도 Network 설계를 통하여 이동 교통류별로 구분된 교통정보 생성하여 보다 정확한 최적 경로의 제공이 가능하다.

## 참 고 문 헌

- [1] SK(주), “교통정보시스템 기초설계 최종보고서”, 서울시립대학교 부설 도시과학연구원, 1999
- [2] 최기주, 신치현, “GPS와 GIS를 이용한 링크 통행시간 예측 기법”, 대한교통학회지 제16권 제2호, 1998
- [3] “차량용 대체 검지기 활용 방안 연구”, 한국건설기술연구원, 1999

**김 재 민**

서울대 화공과졸

SK주식회사 텔레매틱스 사업팀 부장