

# 자동차 경로안내 시스템 기술동향

## 1. 서론

우리 나라는 급속한 통행수요의 증가로 인한 교통혼잡으로 개인적 손실은 물론 막대한 사회적 비용을 초래하고 있는 실정이다. 이를 위해 부족한 교통시설의 지속적인 확충은 물론, 효율적인 수요관리에 관한 많은 정책적인 노력이 이루어지고 있다. 그러나 여전히 교통혼잡은 날이 갈수록 심각해지고 있으며, 그로 인한 교통문제(교통사고, 물류비의 증가, 환경오염 등)는 심각한 사회, 경제적 문제로 대두되고 있다.

이와 같은 현 상황을 타개하고자 적극적인 교통시설 공급정책의 시행은 물론, 제한된 재원의 투자효율을 극대화하고자 최근 정부의 관계 부처와 각계의 연구기관이 공동으로 知能型 交通體系(ITS: Intelligent Transportation Systems)의 구축에 관한 연구와 논의를 활발히 진행시키고 있다. ITS는 기존의 도로교통체계에 전기, 전자, 통신 등 최선의 첨단 기술을 접목시킨 종합교통체계로서 우리 나라는 사회 간접 자본 투자기획단의 주관 하에 1994년부터 단계별 기본계획을 수립하는 등 그 시행을 준비하고 있다.

ITS내에서 도로상의 각 운전자는 각종 정보망을 통해 실시간(real time)으로 수집된 다양한 교통정보를 차내 항법장치(MNA: Mobile Navigation Assistant)를 이용해 중앙센터로부터 수신하여 최적의 경로 선택을 하도록 도움 받는다. 이를 [경로안내체계(RGS: Route Guidance System)]라 하며, 그 목적은 어떤 목적지를 향해 여행하고자 하는 차량에게 현재 교통상황을 고려하여 최적의 경로를 제공하고자 하는 것이다.

작금의 상황에서 도로상에 있는 운전자들의 한결 같은 소망은 막히지 않은 도로를 선택하여 도착지까지 가능한한 빨리 도착하고자 하는 것일 것이다. 또한, 시스템 운영자(정부) 입장에서는 통행량의 분산으로 자원의 효율적 배분을 달성함으로써 사회비용을 최소화하는 것이다. 이와 같은 양측



노정현 교수  
한양대학교 도시공학과

의 입장을 만족시켜줄 수 있는 가장 유력한 대안중에 하나가 바로 경로안내체계이다.

이와 같은 경로안내체계가 갖추어야 할 기능으로는, 첫째, 차량의 현재 위치를 자동으로 추적하는 차량 항법기능, 둘째, 교통정보센터(TIC: traffic information center)로부터 각종 교통정보를 실시간으로 수신 받을 수 있는 정보통신기능, 셋째, 도로망 및 각종 교통정보를 저장하는 정보저장기능, 넷째, 수집된 교통정보를 토대로 최적경로를 찾아내는 계산 기능 등이 있다.

지난 14일부터 5일간 미국 플로리다주 올랜도에서 열린 제 3차 지능형 교통체계 세계대회에서 상당부분을 차지하고 있는 전시품목이 차량내 경로안내 장비였으며, 이는 경로안내체계에 관한 민간기업의 세계적인 관심을 잘 대변해주고 있는 것이라 하겠다.

## 2. 국내외 연구동향

### 가. 국외동향

현재 미국, 캐나다, 유럽, 일본에서 판매되고 있는 자동차 자동항법 시스템에는 GPS수신기를 장착하여 운행 중인 차량의 위치를 액정화면위에 표시하고 과거 교통 소통 데이터에 근거하여 도착지까지의 최적경로를 표시하여 주는 靜的 經路案内體系(static route guidance system)와 실시간 교통상황 정보를 이용하는 動的 經路案内體系(dynamic route guidance system)가 있다.

외국의 연구개발. 시험 중인 경로안내체계를 살펴보면, 독일의 경우 서베를린에서 시험 중인 EURO-SCOUT가 있다. 이는 교통정보센터에서 대상지역을 존(zone)으로 세분한 뒤, 실시간 교통상황 자료에 기초하여 모든 출발 존에서 모든 도착 존으로의 최적경로를 산출하고, 이를 토대로 도로변에 설치된 적외선 비콘(beacon)을 이용한 兩方 통신체계를 사용하여 개별 차량에게 최적경로상에 위치하는 가장 가까운 비콘까지의 경로를 안내해 주는 방식을 사용하고 있다. 최적경로 산출을 위해 사용하고 있는 최적경로 알고리즘은 Loubal알고리즘으로 알려져 있으며 알고리즘에 사용되는 변수는 도로 구간별 통행시간으로서 첨두시간대 2시간을 5분 간격으로 나누어 산출한 각 단위시간대 링크 통행시간이다. RACS(Road-

Automobile Communication System)와 AMTICS (Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)를 통합한 일본의 VICS(Vehicle Information and Communication System)의 경우, 도로의 계층을 폭 5.5m이상의 모든 도로와 지역간을 연결하는 국도 및 고속도로 2계층으로 구분한 후, 우선 하위계층에서 최적경로를 계산하고 이를 상위계층의 경로와 결합시키는 방법을 취하고 있다(Shibata 1995). 특히 VICS는 목적지까지의 여행시간, 체증구간 등의 도로정보와 인근 주차장 이용현황 등 도로교통 관련정보를 실시간으로 제공함으로써 교통분산효과 및 기존 도로망의 효율적 활용을 목표로 하고 있다. 미국의 경우, 미국 연방도로국(FHWA)과 General Motors사에 의해 공동개발된 Pathfinder, TravTek(Travel Technology)등이 있으며, 특히 미국 연방도로국(FHWA)과 Illinois주, 그리고 Motorola사에 의해 Chicago지역에 적용된 동적 경로안내체계인 ADVANCE(Advanced Driver and Vehicle Advisory Navigation Concept)가 있다. ADVANCE에서는 교통정보센터(TIC)에서 제공된 동적정보, 즉 실시간 교통정보와 과거 교통상황정보(요일, 시간대, 기상조건 등)를 근거로 동적배정(dynamic assignment)기법을 적용한 통행시간 예측정보를 이용하여 최적 경로안내를 수행하고 있다. 또한 교통사고 및 긴급차량의 통행 등 예기치 않았던 돌발적인 이벤트를 감지해 내는 유고감지(incident detection)기능을 함께 수행하여 예측정보의 정확성을 높이고 있다.

#### 나. 국내동향

국내에서는 1993년 'IVHS KOREA(현재 ITS Korea로 개칭)' 연구기획단 발족을 시작으로 민.관.학.연 합동으로 GPS를 이용한 차량항법체계, 번호판 인식, 전자지도 개발, 화상정보시스템 등 세부기술 개발에 주력하고 있으나 성과가 낮고 산발적으로 이루어지고 있어 기술집약의 취약성을 가지고 있다. 또한, 이는 주로 중앙통제식 교통제어전략에 중점을 둔 것으로 아직까지는 운전자의 특성 및 선호를 반영한 현실적인 차량내 장치용 경로안내 알고리즘의 개발에 관한 연구는 미약한 실정이다. 그러나 구간별 교통량 검지시스템을 비롯한 유고감지 시스템, 다양한 교통정보의 제공, 교통정보 예측기법 개발을 통한 실시간 단기예측정보의 제공 등 교통정보센터의 기능과 정보 송수신을 위한 통신체계가 확립되면 高附加價値의 정보로서 이의 실용화를 위한 많은 연구가 이루어질 것으로 보인다.

현재 여행자정보체계(ATIS)에 관련하여 시행예정인 사업으로는 과천시 지능형 교통체계 시범운영 및 평가사업(교통개발원, '96~'98), 수도권 도로교통정보시스템 구축사업(건설기술연구원, '96~'98), 교통정보센터 구축(도로교통안전협회, '96~2001) 등이 있다. 한편, '98년에 제 5차 ITS 세계대회(ITS World Congress)의 한국 유치확정은 우리나라 지능형 교통체계(ITS) 분야의 비약적 발전의 계기가 될 것으로 기대된다.

### 3. 경로안내체계의 개요 및 기술개발 동향

#### 가. 경로안내체계의 종류

경로안내체계는 크게 집중형과 분산형을 나누어 볼 수 있다. 집중형은 중앙센터에서 각 개별차량에서 요구하는 기종점 정보만을 수신하여 기종점간 최적경로를 모든 교통상황 정보를 취합하여 계산한 다음, 다시 개별차량에게 송신하여 주는 방식이다. 분산형은 중앙센터에서 각종 교통상황정보만을 제공하면, 개별차량은 이를 바탕으로 차내에 장치된 소형 컴퓨터의 도움을 받아 자신의 출발/도착시간 최적경로를 계산하는 방식이다. 집중형의 경우, 개별차량이 무선 송수신장비 및 디스플레이 장치만을 갖추면 되므로 이용자 입장에서 상대적으로 분산형에 비해 저렴한 가격에 정보를 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 수 많은 개별차량이 요구하는 기종점간 최적경로를 계산하기 위해서 중앙센터에 부하되는 계산량이 방대하여 실시간 정보제공이 매우 어려워질 수 있음은 물론, 개별 운전자의 경로선택 선호의 고려와 최종 도착지까지의 세밀한 경로안내가 어려워지는 단점을 가지고 있다. 한편, 분산형의 경우, 개별차량에 장치된 컴퓨터의 도움을 받아 각자 자신의 경로를 계산하므로 운전자의 경로선택 선호를 다양하게 반영할 수 있으며, 중앙센터에 부하되는 막대한 계산량을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 개별 운전자 입장에서 차량내 장비의 장착을 위해 상당한 고가의 비용을 부담해야 된다는 단점을 가지고 있다.

최근의 개발 동향을 살펴보면, 세계적인 자동차 생산업체들이 앞을 다투어 차량내 경로안내 장치를 개발하고 있으며, 이들은 거의 모두 분산형에 초점을 맞추고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 개별차량에 경로계산 기능을 갖추는 경우, 전자지도만을 바꿔줌으로써 어느 도시, 어느나라에서든 장비

의 교체없이 기본적인 경로안내 서비스가 가능해 진다는 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라 TV, 전화, 팩스, 오디오 등 차량내 각종 서비스 기능과의 연계/통합으로 다양한 서비스가 가능해져 자동차의 구매력을 한층 높일 수 있기 때문이라고 판단된다.

#### 나. 차내장치 기술개발 동향

경로안내를 위한 차내장비에 관련된 기술로는 차량의 현재위치를 추적하는 차량항법(car navigation)기능, 추적된 정확한 현재 위치를 지도상에 나타내는 Map matching기술, 각종 교통정보의 무선송수신 기능, 주어진 정보를 토대로 원하는 목적지까지 최선의 경로를 제공하는 최적경로 탐색 기술, 그리고 마지막으로 운전자에게 계산된 각종 정보를 전달하는 이용자 정보전달 기술(LCD, 음성인식기술 등) 등이 있다.

차량항법기능은 주로 GPS 자립형과 전파병용형을 혼합한 절충형방식이 채택되고 있다. Map matching기술은 Dead reckoning방식이 많이 쓰이고 있으며, sign post와 inertial 방식도 이용되고 있다. 한편, 중앙센터로부터 송신된 각종 실시간 교통정보를 토대로 최적경로 탐색하는 기술은 운전자의 선호, 교통망상의 다양한 통행방법, 예측정보의 활용 등을 고려한 많은 알고리즘 들이 제안되고 있다. 또한, 계산된 경로정보를 운전자에게 제공하는 기술은 운전중 안전성과 이용자 인식율을 고려하여 문자, 음성, 그래픽정보 등 다양한 형태로 제공할 수 있는 방법이 시도되고 있다. LCD화면을 통해 제공되는 그래픽 정보는 도면정보로서 이는 실제 지도를 보여주는 방법과 지도를 스케일없이 간략하게 보여주는 방법, 그리고 전방 교차로에서의 회전지시만을 보여주는 Simple direction pictogram 방법이 사용되고 있다. 금번 10월 미국 올랜도에서 열린 제3차 ITS 세계대회에서의 전시품목에서 인상깊었던 것은 경로안내를 위한 지도표현을 기존의 2차원 평면 표현방식(flat map display) 대신 3차원 표현방법(birdview display)을 이용한 것이었다. 이는 현재 위치 및 경로를 한 눈에 파악할 수 있도록 지역을 대표할 수 있는 있는 건물이나 시설(즉, landmark)을 3차원으로 함께 표현해 주는 것이었다.

#### 다. 경로안내 체계의 제공정보

경로안내체계에서 운전자에게 제공되는 정보는 다음과 같다.

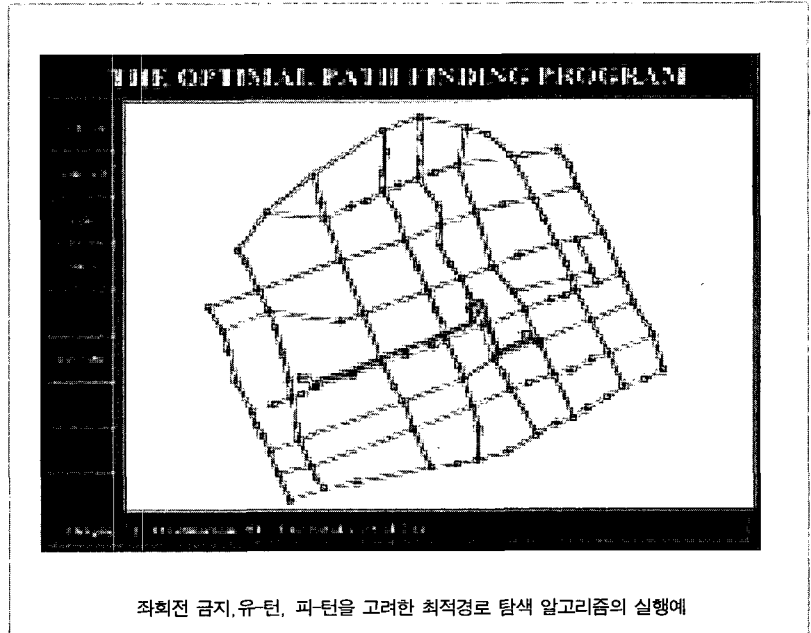
교통소통정보: 도로차단, 차선통제, 도로공사, 우회도로안내  
 운행정보: 최적속도, 안전속도, 감속운행  
 유고정보: 사고지점, 사고의 영향범위, 재해발생 위치, 재해의 영향범위  
 주차정보: 주차장 위치, 요금, 예약, 여유주차공간  
 기상/노면상태정보: 풍향/풍속/강우/강설, 노면결빙구간, 노면적설구간  
 실시간 주행안내정보: 최적경로 주행시간, 좌.우회전 유도, 진.출입부  
 유도, 차량위치 인식

최근 인터넷의 확산과 그에 관련한 기술의 발달로 경로안내체계에서 교통정보를 도면이나 텍스트 등으로 제공해 주는 방식외에 실제 교통상황을 운전자가 직접 보고 판단할 수 있도록 하는 동영상 정보 제공기술이 관심을 끌고 있다. 여기서 핵심이 되는 기술은 동영상 정보의 압축기술로서 현재 상당한 수준까지 기술이 완료된 것으로 발표되고 있다. 조만간 차량내 장치 뿐만 아니라 집 또는 사무실에서 네트워크에 연결된 PC로 필요한 교통상황을 자신의 눈으로 직접 보고 확인할 수 있는 시기가 올 것으로 기대된다.

#### 라. 기술제안 (최적경로 탐색 알고리즘)

대부분의 경로안내 시스템은 주로 통행여건이 우리나라와 차이가 있는 외국에서 개발된 것으로 우리나라 실정에 맞는 알고리즘을 개발할 필요가 있다. 즉, 우리나라의 경우, 좌회전 금지는 물론, 좌회전 금지 방향으로의 통행을 위해 유-턴 및 피-턴을 허용하고 있는 구간이 매우 많다. 그 대표적인 경우가 서울시 강남구 일대로서 거의 모든 교차로에서 좌회전 금지 및 유-턴이 실시되고 있으며(교차로와 교차로사이의 유-턴지점까지 포함하여 일부 구간에서는 약 5km구간에 무려 28개의 유-턴 지점이 있음), 일부 교차로에서는 교차로에 인접하여 피-턴을 위한 소블럭까지 마련해 놓고 있다. 이와 같은 한국적인 상황을 고려한다면, 좌회전금지, 유-턴, 피-턴 등과 같은 회전제약을 고려한 최적경로 탐색 기술의 개발은 반드시 필요하다. 이를 위한 알고리즘으로는 본 저자의 연구실에서 개발된 것으로 회전 제약이 존재하는 경우, 경우에 따라 정확한 해를 찾지 못하는 기존의 알고리즘의 문제점을 개선함은 물론, 더욱 빠른 시간안에 정확한 경로를 탐색할 수 있는 [수형망 링크표지 알고리즘(the tree-based link-labeling algorithm)]이 있다. 강남구 서초일대의 교통망을 대상으로한 실행에는

다음 그림과 같다.



또한 경로안내를 위해 제공되는 전자지도의 경우, 수천, 수만개의 노드와 링크로 이루어지는 대규모 교통망이 될 것이며, 아울러 교통망상의 노드와 링크정보를 감안한다면, 실시간 경로탐색이 가능한 효율적인 알고리즘 개발이 필요하다. 또한 정확한 최적경로를 탐색하기 위해서는 출발시점으로부터 목적지에 도착할 때까지 짧게는 10여분, 길게는 약 1시간 이상의 기간(이는 도시의 규모, 혼잡의 정도 등에 따라 다르다)동안 통행상황의 변화를 예측할 수 있어야 하나, 통행패턴이 수시로 변화하는 실제 교통망에서 이에 관한 정확한 예측은 거의 불가능하다고 할 수 있다. 이러한 이유로, 대부분의 경로안내시스템에서 제공되는 경로는 실제 최적해라기 보다는 실시간 정보를 바탕으로 반복적인 갱신을 이용한 近似解라고 할 수 있다.

지금까지의 최적경로 탐색 기법은 대부분 알고리즘적인 방법에 바탕을 두고 있다. 그러나 알고리즘적인 방법은 最適解를 보장할 수는 있지만 시간과 비용을 불필요하게 소모하는 단점을 안고 있다. 반면, 전문가시스템과 같은 경험적(또는 발견적, heuristic) 방법은 비록 최적해(optimal solution)를 보장할 수는 없지만, 복잡한 대상에서 가능한 최선의 근사해(best solution)

를 빠른 시간내에 제공해 줄 수 있는 특징을 가지고 있다. 여기서 한가지 짚고 넘어가야 할 것은 기존의 알고리즘적인 방법이 보장하는 최적해는 어디까지나 주어지는 문제에 관한 기초정보(예를 들어 교통망, 구간 통행비용, 기타 제반 통행정보)가 정확하다는 전제하에서 가능한 것으로, 통행상황이 수시로 변화하는 교통망의 특성을 감안할 때, 현실세계에서는 알고리즘적인 방법으로도 최적해를 구하기가 매우 어렵다는 사실이다. 따라서 經驗的인 方法은 현실 세계에서 알고리즘적인 방법의 단점을 개선할 수 있는 하나의 유용한 대안으로 충분한 의미를 갖는다. 특히, 앞서 언급한 바 있듯이 경로안내체계가 갖추어야 할 중요한 기능중에 하나가 실시간 경로 탐색이라고 할 때, 불필요한 탐색을 최대한 억제하는 경험적 방법의 빠른 탐색성능은 매우 중요한 장점이 될 수 있다. 다음 그림은 전문가시스템을 이용한 최적경로 탐색 시스템의 실행에로서 경로에 관한 전문가적 지식(expert's knowledge), 탐색범위를 결정하는 메타지식(meta-knowledge), 과거의 통행경험 정보(case-based knowledge) 등을 블랙보드 시스템 아키텍처내에 통합하여 개발한 것이다.

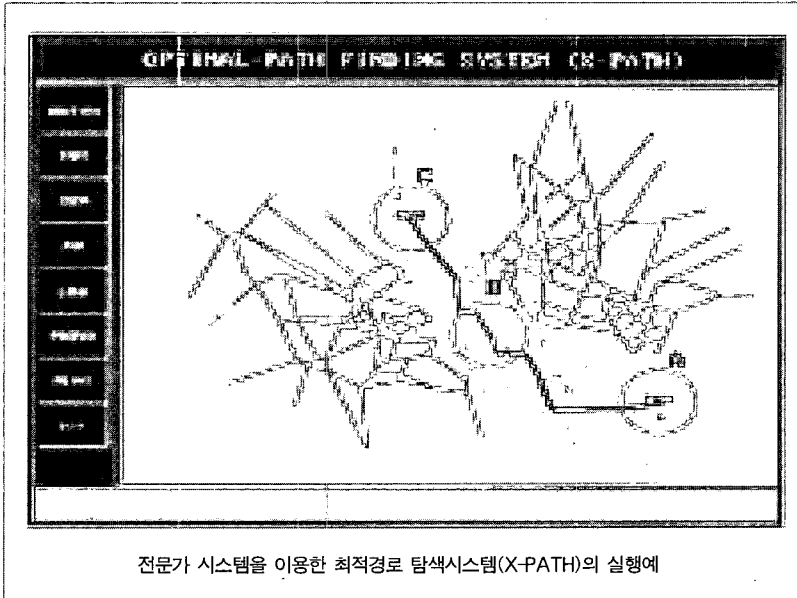
상기 그림에서 예시한 X-PATH의 특징은 다음 4가지로 요약할 수 있다.

첫째, 실시간 탐색을 위한 탐색공간 감소 기법의 개발이다. 이는 경로탐색 범위에 관한 기초적인 지리적 정보를 메타지식(meta-knowledge)으로 활용하여 불필요한 탐색을 최대한 억제하고 최적경로를 포함할 것으로 예상되는 영역만을 추출함으로써 대규모 교통망에서 실시간 탐색을 가능하도록 하는 기법이다. 기존의 알고리즘이 교통망의 크기가 클수록, 그리고 시종점의 상대적인 거리가 멀수록 계산량이 크게 증가하는 것에 반해, 탐색공간의 감소를 통한 경로탐색은 교통망의 크기가 커진다 하더라도 같은 시종점에 대해서는 거의 일정한 계산량을 유지할 수 있다는 점은 이 기법의 가장 큰 특징이라고 할 수 있다.

둘째, 경로에 관한 전문가적 지식(expert's knowledge)을 이용한 경로 탐색방향 설정 기법의 개발로서 풍부한 통행경험을 가진 전문가적 조언에 바탕을 둔 '경로지식'은 현실세계에서 매우 유용한 경로탐색 정보로서 이를 이용하여 적절한 경로 탐색방향을 유도할 수 있다. 이는 변화하는 통행상황하에서 알고리즘적인 방법에 비해 적은 계산량으로 비교적 우수한 해를 제공할 수 있는 방법이다. 또한 이는 탐색공간 감소기법과 결합됨으로써 전 항의 경우와 마찬가지로 임의 발생 네트워크에서 탐색노드와 수행시



간이 각각 65%, 62%의 탐색효율 향상을 가져왔다.



셋째, 경험기반 경로탐색(case-based path finding) 기법의 개발이다. 운전자 자신의 통행경험을 축적, 현재와 유사한 상황을 가진 과거 이용 경로를 경로탐색에 활용하고자 하는 것이다. 이는 원하는 경로를 보다 빠르게 제공할 수 있음은 물론, 과거 실패와 성공의 경우를 모두 고려함으로써 주어진 경로에 대한 통행경험이 많으면 많을수록 최선의 해를 찾을 수 있는 방법이다. 이 방법에 의해 제공되는 경로는 실시간 교통정보를 토대로 최적화한 경로와 함께 하나의 대안경로로서 이용되기도 하며, 한편으로는 계산된 경로의 평가에 활용된다.

넷째, 블랙보드시스템을 이용한 시스템 통합으로서 주행중 동적으로 변화하는 통행상황하에서 기회적 과정(opportunistic process)을 통해 최적 경로 탐색이 이루어질 수 있도록 하였다.

한편, 경로안내시스템에 있어서 중요한 요소중의 하나는 통행시간 예측 기술로서 교통정보체계의 매우 중요한 핵심 기반기술이다. 개별차량에 제

공되는 실시간 정보는 정보수혜자 입장에서 이미 과거의 정보이며, 이로 토대로 한 경로선택은 수시로 변화하는 교통상황변화로 인해 최선의 선택을 보장하지 못한다. 경로안내를 위한 통행시간 예측기술은 동적통행배정 모형이나 시뮬레이션 모형을 이용하는 모형적 접근방법과 과거의 통행패턴을 토대로 다음 미래 상황을 예측하는 방법이 있으나 최근에는 이들을 상호보완적으로 활용하는 방법이 유력한 방안으로 제시되고 있다. 본 저자의 연구실에서는 교통량 시계열 자료의 카오스(chaos)적 성질의 존재여부를 분석, 교통패턴을 파악함으로써 자료의 패턴에 따른 적절한 예측모형의 선정하도록 함은 물론, 비정기적으로 발생하는 교통사고, 긴급공사, 백화점 세일을 비롯한 각종 행사와 같은 교통패턴 교란요인까지 포함하여 예측할 수 있는 시스템을 개발중에 있다. 이미 일부 연구결과는 앞서의 최적경로 탐색 알고리즘과 함께 미국 올랜도에서 10월에 열린 제3차 ITS 세계대회에서 발표된 바 있다.

#### 4. 결론

경로안내를 위한 차내장치의 개발동향은 한 마디로 [다기능화]라고 할 수 있다. 즉, 경로안내 기능을 포함하여, 포터블 TV, CD 플레이어, 기상 정보, 긴급뉴스, 증권정보 등을 문자로 수신할 수 있는 Pager기능, 차량의 상태를 자동감지하여 디스플레이 해주는 기능 등을 차내장치에 통합/연계시켜 활용시키는 방향으로 개발되고 있다. 여기서 중요한 핵심과제는 데이터 압축기술, 저가격의 재쓰기 가능한 저장장치로 인식되고 있으며, 최근에는 차내장치를 통해 제공되는 방대한량의 자료에서 필요한 정보를 그때 그때 손쉽게 찾을 수 있도록 하는데에 인공지능 기술의 도입이 연구되고 있다.

지금까지 살펴본 경로안내기술은 흔히 '미래형 꿈의 교통'이라고 불리워지는 첨단 차량 및 도로체계(AVHS: Advanced Vehicle and Highway System)와 결합하여 차량의 완벽한 자동운전을 실현이 달성될 수 있도록 세계 각국에서 개발에 박차를 가하고 있다. 가까운 시기에는 어렵겠지만 장래 이와 같은 시스템이 실현되면 사고예방 및 최소화, 도로용량의 극대화 달성 등을 통하여 안전하고 쾌적한 미래형 교통을 이룰수 있을 것이다.