

---

# 실사기반 가상환경기술을 이용한 차량용 3차원 네비게이션 시스템 개발

## Development of 3D Car Navigation System Using Image-based Virtual Environment

---

노창현, 이완복  
중부대학교 게임학과

Chang-Hyun Kim(chroh@joongbu.ac.kr), Wan-Bok Lee(wblee@joongbu.ac.kr)

---

### 요약

본 연구의 목적은 가상현실 분야의 그림 속으로의 여행 기법(TIP, Tour Into the Picture)을 적용하여 운전자가 원하는 목적지까지의 경로를 실시간으로 도로 전경과 동일한 실사기반 3차원 영상으로 보여줄 수 있는 차량용 3차원 네비게이션 시스템을 개발하는데 있다. 이를 위해 기존의 TIP기법을 보완하였고 사용자의 위치와 현재의 도로 상황을 동시에 고려한 최적 경로 탐색기술 등을 제시하였다. 실험 결과, 실제 도로에서 일정 간격을 두고 촬영한 파노라마 실사 영상에 TIP 기법을 적용하여 가상환경을 구축하고 이들 사이의 부드러운 전이를 통해 사진과 같은 품질의 3차원 영상을 보여주었다. 개발된 시스템은 2차원 네비게이션 모듈을 가지며 최적 경로 탐색 및 도로 상황 예측 기능을 제공한다.

■ 중심어 : | 그림속으로의 여행 기법 | 가상 환경 | 3차원 차량 주행 |

### Abstract

Objective of this study is to develop a 3D car navigation system that shows the driving direction to a destination through real-time 3-D panoramic views of the route. For the purpose, a new searching process was established to find the optimal driving direction based on the driver's current location and the real-time traffic situation and the TIP (tour into the picture) method was extended to implement a wide virtual environment. A virtual environment was built up by applying the extended TIP method to the panoramic images taken at a constant distance from a real road, and then, displayed 3-D navigation as clear as the real images. The car navigation system developed in this study provides the optimal driving direction and real-time traffic situation using 2-D navigation module and 3D navigation module.

■ keyword : | TIP | Virtual Environment | 3D Car Navigation |

---

## I. 서론

현재 서비스되고 있는 차량 네비게이션(Car Navigation)은 위성 GPS신호를 이용해 도로상의 차량위치와 운전자가 원하는 목적지까지 운전경로를 찾아주는

차량항법장치를 총칭하는 것으로 최적경로탐색 및 위치 정보에 초점을 맞춘 서비스를 말한다. 차량 네비게이션 시스템은 디지털지도를 위한 CD-ROM또는 DVD-ROM, LCD, 네비게이션 기기, GPS 수신기 엔진 등을 통합한다. 차량 네비게이션 시스템은 6개의 궤도에서 12시간

의 주기로 자신의 주어진 궤도를 정확하게 도는 24개의 위성으로부터 GPS 신호를 수신하여 2차원 지도상에서의 위치를 보여주는 기본적인 형태로 1990년대 시작되었다.

차량네비게이션 시스템에서의 위치정보는 약 100m의 편차를 가진 위성데이터로부터 결정되지만 차량의 속도와 가속에 대한 부가정보를 통해 위치오류부분을 보정함으로써 더욱 정확한 위치정보를 제공할 수 있다. 또한, DGPS(Differential GPS) 시그널을 통해 10~20m까지 거리오차를 줄일 수 있으며, 특히 일본의 경우 DGPS 데이터는 FM방송을 통해 서비스를 제공받을 수 있기 때문에 폭넓은 지역에서 광범위하게 사용되고 있다[1].

초기의 차량네비게이션 시스템에서 운전자들이 이용할 수 있는 유일한 서비스는 자이로스코프(gyroscope) 위치 정보였다. 이러한 형태의 장비는 정확성의 부족이라는 단점이 있기 때문에 10여년 동안의 발전을 통해 최근에는 다른 형태의 네비게이션 시스템들이 소비자들에게 새로운 서비스를 제공하고 있다.

차량네비게이션 시스템은 다음과 같은 3가지 형태를 갖고 있다.

- 자율경로안내(Autonomous Route Guidance): 이 시스템은 GPS 수신기, CD-ROM, 내장된 컴퓨터, 전자 나침반(electronic compass), 바퀴거리측정 센서 등을 이용하여, 실시간 교통정보의 사용 없이도 운전자에게 노선안내 정보를 제공한다.
- 동적경로안내(Dynamic Route Guidance): 이 시스템은 GSM 디지털셀룰러 정보통신이나 라디오 방송국으로부터 교통정보를 수신하여 노선계획 정보를 제공한다. 그리고 RDS 정보는 라디오를 통해 제공하는 예정된 목적지까지 가장 효율적인 노선정보제공을 위해 내장된 컴퓨터에서 교통 정보를 처리하게 된다. 이러한 시스템들은 중앙 본부에서 제공하는 교통정보 수신을 위해 때로 노변신호를 사용하여 차량에 내장된 네비게이션 시스템과의 통신도 가능하다.

- 교통정보(Traffic Information): 이 시스템은 적의 선 신호를 통해 도로의 차량흐름을 파악하여 실시간으로 교통정보를 제공하는 영국의 Traffic-master와 같은 실시간 시스템이다. Traffic-master는 라디오 페이지를 통해 제공하는 텍스트 정보를 이용할 수 있는 특징을 갖고 있다. 그러나 이러한 시스템은 단순한 교통정보제공이 가능하며 광범위한 지역에 대한 차량 항법 정보 제공에는 한계가 있다.

지금까지의 네비게이션 시스템 기능의 대부분은 노선 안내에 주를 이루었지만 비용감소와 더불어 부가기능서비스 제공을 위해 인터넷과 같은 다른 어플리케이션에 호환할 수 있는 차세대 시스템을 개발하기 위해서 많은 노력을 기울일 것이다.

기존의 전통적인 항법회사를 비롯하여 자동차 오디오 시스템 회사 등 다른 업체들은 차량GPS네비게이션 시스템 시장의 성장성에 주목하고 시장에 뛰어 들고 있는데, 특히 기존의 차량GPS네비게이션 시스템에 실시간 교통정보의 제공이 가능한 텔레매틱스 시스템을 개발하기 위해서 많은 노력을 기울이고 있다.

그리고 일본은 이미 차량GPS네비게이션 시스템이 자동차의 필수품으로 자리잡아가고 있으며, 유럽과 미국 역시 차량 네비게이션 시스템의 필요성에 따라 시장이 확대되어 나가고 있는 추세로 향후 자동차 시장이 큰 우위를 차지하고 있는 유럽의 자동차 시장이 기존의 일본시장을 앞설 것으로 전망된다. 그리고 최근에 차량GPS 시스템을 도입하고 있는 아시아 태평양 지역은 향후 빠른 성장률을 보일 것으로 예상된다[2].

본 연구를 통해 개발된 3차원 네비게이션 시스템은 기존의 사용자 인터페이스인 2차원 Map-Based 시스템에서 한 단계 사용자 편의성을 증진시킨 시스템으로서 3차원 실사 영상을 네비게이션 하도록 하여 처음 가는 길을 눈으로 익혀 미리 가보기 등 경로에 대한 이해를 증진시키는 목적으로 개발되었다. 이를 위하여 실사 영상을 TIP(Tour Into the Picture) 형태로 구축하고 이들 TIP 환경들을 보간하여 여러 지점을 자유롭게 네비게이션 할 수 있는 기술을 제시한다.

## II. 기존연구

Horry 등은 다수의 참조 영상을 입력으로 하는 기존의 영상 기반 렌더링 기법들과 달리, 비교적 간단하면서도 실용적인 접근 방법으로서, 주어진 하나의 영상 속을 여행할 수 있는 “그림 속으로의 여행(tour into the picture)” 기법을 제안하였다[3].

그림 속으로의 여행 기법은 2D 영상으로부터 원근을 나타내는 요소를 추출하여 가상 배경의 단순화된 3D 모델을 구성하고 새로운 시점에서의 사실적인 영상을 생성하였다.

그러나 참조 영상이 하나의 소실점을 갖는 경우로 국한되어 있어서 소실점이 여러 개이거나 분명히 나타나지 않은 경우, 그리고 파노라마 영상에 대해 적용하기 어려운 단점이 있다.

그림 속으로의 여행 기법은 이후 소실점이 아닌 소실선을 이용하여 가상 배경을 구성하도록 Kang 등에 의해 확장되었다[4]. 확장된 기법은 더 간단하면서도 보다 일반적인 경우를 다룰 수 있다. 또한, 소실점의 개수에 제한을 받지 않는다.

[그림 1]은 Kang[4]등이 사용했던 사막에서의 파노라마 사진을 이용하여 시점 변화에 따른 영상을 출력한 결과이다.



(a) 입력영상에서 전경물체 분리 (붉은 네모상자가 전경물체)



(b) 배경영상 복원

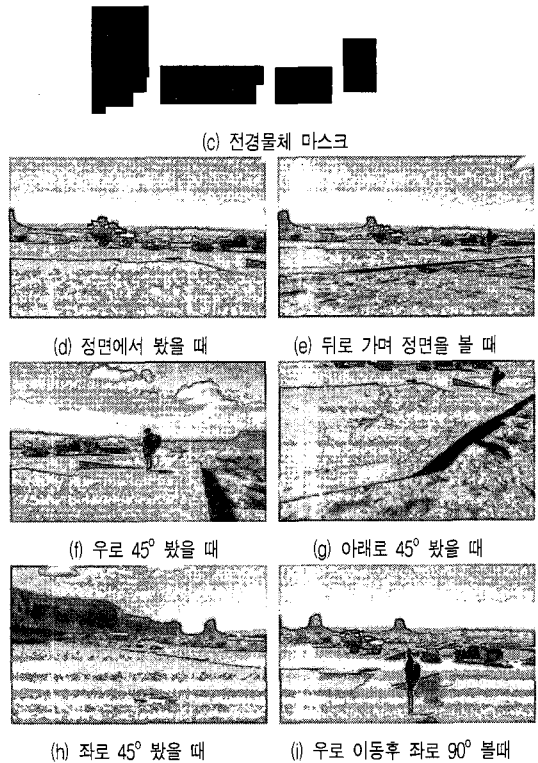


그림 1. 실사 영상의 배경 모델링 및 렌더링 결과

## III. 가상환경기술을 이용한 3차원 네비게이션 시스템

기존 TIP 모델은 한 장의 영상을 취득한 후 이를 기반으로 가상환경을 구축하고 이 환경을 자유롭게 네비게이션하는 모델이다. 그런데 영상이 취득한 시점 부근에서는 화질이 선명하나 이로부터 멀어지면 원거리지형에 대한 정보 부족으로 영상의 품질이 매우 낮다. 그러므로 카네비게이션(Car Navigation) 등과 같이 넓은 가상환경을 네비게이션해야 하는 분야에 응용되기에는 부적합하다.

그러므로 본 연구에서는 다수의 TIP 영상을 합성하여 넓은 영역을 자유롭게 네비게이션 할 수 있는 방법을 제안하고 이를 이용하여 3차원 네비게이션 시스템을 개발하였다. 본 3차원 네비게이션 시스템은 실제 도로에서 일정 간격으로 촬영한 TIP 영상들 사이의 부드러운

운 전이 결과 영상을 만든다.

다수의 TIP영상을 합성하여 네비게이션 하기 위해서는 먼저 도로에서 여러 지점을 선택하고 각 지점마다 파노라마 영상을 취득한다. 그리고 Kang 등의 연구에서 수행된 것처럼 각 시점에서 전경물체와 배경 영상을 분리하여 각 지점별로 TIP 환경을 구축한다. 넓은 영역에서 여러 시점의 영상을 취득함으로써 동일 전경물체가 각 TIP 환경에 나타나므로 이들 전경물체간의 대응 관계를 설정해 주어야 한다.

이제 가상환경을 실시간 네비게이션하고자 할 때 먼저 현재 시점을 파악하여 TIP 영상 들 중 현재 위치에 가까운 보간 대상 영상을 파악한다. 이후 보간 대상 영상간의 전경물체를 합성하여 새로운 전경물체를 생성하고 배경모델을 변형(Warping)하여 새로운 배경모델을 생성하여 이를 합성하여 새로운 영상을 실시간 출력하여 준다. 이런 방법을 통해 넓은 영역의 가상환경을 자유롭게 실시간 이동하더라도 고 품질의 영상을 보장할 수 있게 된다.

다수의 TIP 영상 합성을 통한 가상환경 구축에 필요한 주요 과정을 아래 각 절에서 자세히 설명한다.

## 1. 영상 획득 위치 추정 및 TIP 영상 검색

현재 위치에서의 네비게이션 화면을 얻기 위해서, 본 연구에서는 가까운 위치에 있는 세 개의 TIP 환경 모델을 이용하였다. 이를 위하여 우선 주어진 GPS 위치로부터 지도상의 실제 위치를 정확히 추정해야만 한다. GPS 위치는 간단한 2차원 변환 행렬을 통하여 지도상의 위치로 변환된다. 하지만, GPS 자체의 오차로 인하여 변환된 위치가 정확하다고 보장할 수 없다. 따라서 칼만 필터를 이용하여 최근  $t$  시간 동안의 이동 경로 및 속도를 바탕으로 현재 시간에서의 위치를 추정하고, 이 추정치와 변환된 위치의 가중합을 통하여 변환된 위치를 갱신한다. 이때 가중합은 실험적으로 결정되었으며, 본 연구에서는 추정치에 0.3, 변환된 위치에 0.7의 가중치를 설정하였다.

또한, 지도 자체의 오차로 인하여 갱신된 위치 역시 지도상의 길 위에 정확히 놓여 있다고 보장할 수 없다. 본 연구에서는 변환된 위치를 그 주변의 길 위로 이동

(snapping)함으로써 이를 해결한다. 이 때, 이동할 후보가 되는 주변의 길들은 변환된 위치와 길의 최단거리에 따라, 또한 현재 자동차가 이동 중이던 길인지의 여부에 따라 가중치가 부여된다.

지도상에서의 위치가 결정되면, 가장 가깝게 놓여있는 세 개의 TIP 환경 모델을 검색한다. 이는  $n$ 차원 공간에서 가장 가까운 점  $k$ 개를 검색하는  $k$ -최근점 문제( $k$ -nearest point problem)의 특수한 경우이며, 본 연구에서는 쿼드트리(quadtree)를 이용하여 공간을 셀(cell)들로 분할하고, 현재 위치 주변의 셀만을 검색함으로써 빠른 시간에 주변 TIP 환경 모델들을 찾을 수 있었다.

## 2. 전경 물체간의 대응관계 설정 및 보간

현재 위치에서 전경물체의 형태를 얻기 위하여, 검색된 주변 TIP 환경 모델에 포함된 전경물체들을 다음과 같이 보간한다. 우선 사용자는 세 TIP 환경 모델에 포함된 전경 물체들 중 같은 물체들이 어떤 것인지 지정한다. 같은 물체가 세 환경 모델 모두에 포함되어 있지 않은 경우에는 우선 크기가 0인 가상의 전경 물체를 생성한다. 같은 전경 물체들이 지정되면, 전경 물체를 이루는 정점들의 대응 관계를 설정한다. 서로 다른 TIP 환경 모델에 포함된 전경 물체들이 원과 같은 위상을 가지고 있지만, 같은 개수와 형태의 정점을 가지지는 않는다고 가정한다.

본 연구에서는 기존의 영상 모핑(image morphing) 기법을 이용하여 정점 사이의 대응 관계를 설정하고 새로운 위치에서의 전경 물체 형태를 생성하였다. 같은 물체가 세 환경 모델에 모두 포함되지 않아 가상물체가 생성된 경우에는 컴퓨터 비전 분야의 운동 추정(motion estimation) 기법을 이용하여 가상 물체의 형태를 추정하였다.

가상 물체의 형태가 얻어지면, 정점과 픽셀 간의 거리를 이용한 가중합과 영상변형(image warping)을 통하여 새로운 위치에서의 텍스처를 얻어낸다. 세 환경 모델로부터 텍스처 영상이 얻어지면 현재 위치와 환경 모델의 중심 간의 위치의 역에 비례하는 가중치를 설정하여 이들을 픽셀 단위로 합성(blending)함으로써 최종 텍스

쳐 영상을 얻는다. 개발된 기술은 라이브러리 형태로 제작되어 본 네비게이션 시스템의 PDA용 가상 환경 탐색기에 통합되었다.

### 3. 배경 모델의 변형 및 합성

전경 모델과는 달리, 배경 모델은 TIP 환경 모델의 위치에 관계없이 일정한 형태를 취하고 있다. 따라서 형태의 변형보다도 텍스처 영상 간의 변형 및 합성이 중요한 문제가 된다. 우선 사영기하학을 통하여 배경 모델들을 이루는 픽셀들 간의 대응 관계를 찾는다.

이를 기반으로, 각 배경 모델로부터 새로운 위치에서의 텍스처 영상을 영상 변형을 통하여 생성한다. 각 배경 모델로부터 생성된 배경 영상들을 현재 위치와 환경 모델의 중심 간의 위치의 역에 비례하는 가중치를 설정하여 이들을 픽셀 단위로 합성(blending)함으로써 최종 텍스처 영상을 얻는다. 개발된 기술은 라이브러리 형태로 제작되어 PDA용 가상 환경 탐색기에 통합되었으며, 전경 물체 보간 기술과 결합되어 최종 영상 합성에 사용된다.

### 4. 전경 모델 배치 및 새로운 시점에서의 TIP 영상 합성

최종적으로, 보간에 사용된 전경 물체들의 영상획득시의 3차원 좌표를 기반으로 하여, 보간된 전경 물체의 3차원 좌표를 사영 기하학을 이용하여 추정하고, 이들을 3차원 배경 모델 위에 배치한다. 전경 물체의 보간을 통하여 얻어진 텍스처 영상은 알파 텍스처(alpha texture)로서 배경 모델과 전경 모델의 부드러운 융합을 위하여 사용되었다. 한편, 현재 상용화되어 있는 PDA들은 대부분 소프트웨어적으로 3차원 렌더링을 구현하고 있으며, 본 연구에서는 Env logic 사의 PocketGL 3D 개발 환경을 이용하였다.

## IV. 2차원 네비게이션 시스템

### 1. 사용자 위치 파악 및 예측

#### 1.1 GPS를 이용한 사용자 위치 파악 및 전송

본 연구에서 개발한 네비게이션 시스템은 실제 GPS

(Global Positioning System) 좌표와 동일한 스케일을 갖는 지도 데이터를 사용한다. 차량이 이동할 수 있는 경로마다 일정 간격으로 지점을 설정하고, 각 지점마다 실사 영상들을 촬영하여 3차원 네비게이션을 위한 파노라마 영상을 획득한다. 시스템에서 현재 사용자의 위치를 표시하거나 원하는 목적지까지의 경로 탐색을 위해서는 사용자의 현재 위치를 알 필요가 있다. 지도 데이터가 GPS 좌표에 기반하므로 시스템과 연결되어 있는 GPS 장치로부터 현재 사용자의 지도상의 위치를 쉽게 얻을 수 있다.

GPS는 기본적으로 위도나 경도 같은 유용한 지리적 정보를 얻기 위한 장치이며, 추가적으로 시간, 날짜, 방위, 속도 등의 정보 또한 얻을 수 있다. GPS 장치는 최소 3개에서 14개까지의 위성을 이용하여 사용자의 위치를 계산한다. 대부분의 GPS 장치들은 NMEA0183 프로토콜을 지원하며 이는 GPS로부터 지리적 정보를 데스크톱 PC나 Pocket PC 등의 장치로 전송하는 역할을 한다. 이 때, GPS와 Pocket PC는 시리얼 케이블을 통해 연결된다. 본 연구에서는 Sam Blackburn의 공개 NMEA0183 프로토콜 라이브러리를 기반으로 시스템의 GPS 수신부를 구현하였다.

#### 1.2 지도 DB의 통계적 예측 검색 기술

사용자의 현재 위치를 나타내는 GPS 좌표가 주어지면 지도상의 각 지점마다 준비되어 있는 파노라마 영상을 이용하여 현재 위치에서의 가상 환경을 구성하여 보여주어야 한다. 그러나 지도상의 모든 가능한 GPS 좌표에 대해 파노라마 영상을 준비하는 것은 불가능하므로 일정 간격을 두고 획득한 파노라마 영상들 중 현재 사용자의 위치와 가장 가까운 것들을 선택하여 이를 조합하여 원하는 장면을 구성해야 한다. 사용자는 차량 주행이 가능한 도로 상에 있다고 가정하면, 파노라마 영상 DB에서 사용자의 현재 위치에서 가장 가까운 두 개를 선택하면 충분하다. 아래 그림과 같이 교차로의 경우에는 단순히 가까운 두 개를 고르는 것보다 사용자의 이동 방향을 고려하는 것이 더 적합할 수도 있다.

#### 1.3 퍼턴 이동분석을 통한 사용자 위치 예측

GPS 장치에서 받은 사용자의 위치에 칼만 필터를 적

용하여 사용자의 현재 위치 추정치와 향후 예측 위치를 구하고, 이를 이용하여 사용자의 현재 위치에 가장 가까운 두 개의 파노라마 영상을 사용자의 예상 이동 경로 상에서 선택할 수 있다.

칼만 필터는 관찰하고자 하는 어떤 현상을 선형 시스템으로 표현하고, 그 현상을 최적으로 묘사하는 선형 시스템을 구성하는 파라미터들의 값을 추정하는 데 사용된다. 칼만 필터는 파라미터 추정을 위해 두 그룹의 등식들을 이용한다. 시간 갱신 등식들은 시간  $t+1$ 에서 이전의 파라미터 상태 예측에 사용될 현재 파라미터 상태와 공분산 행렬을 구하는 데에 사용된다. 측정 갱신 등식들은 시간 갱신 등식들에서 생긴 에러를 보정하는 데에 사용된다. 어떤 면에선 다음 상태의 추정 신뢰도를 높이기 위해 이전 상태의 값을 새로 얻는 과정이라 볼 수 있다.

#### 1.4 CDMA-2000 환경을 통한 지도 정보 전송

2차원/3차원 지도 정보는 CDMA-2000 망을 통하여 PDA로 전송된다(위 그림 참조). 본 연구에서는 HP사의 IPaq8350 기종의 PDA에 (주)모바일웬컴의 CDMA-2000 모듈 확장팩을 장착하여 실험하였다. 우선 PDA에서 계산된 현재의 위치가 지도 서버로 전송되고, 필요한 2차원/3차원 지도 정보가 검색된 후 다시 CDMA-2000 무선망을 통하여 PDA로 전송된다.

사용자가 고속으로 주행할 때에는 지도 데이터의 갱신 간격이 짧아지는데, 이 시간 간격 동안 사용자가 예측 이동 경로에 맞는 다수의 지도 정보를 모두 전송 받을 수 있도록 하기 위해 2차원 영상, 3차원 환경에 대하여 각각 압축 기술을 사용한다. 2차원 영상에는 JPEG 표준 압축 방식을 적용하였으며, 3차원 환경의 경우 Garland와 Heckbert의 이차 에러(quadric error)에 기반한 표면 최적화(surface optimization) 기법을 사용하였다.

전송에 사용된 프로토콜은 HTTP(HyperText Transfer Protocol)이며 지도 서버 접속을 위하여 사용자 인증 과정을 추가하였다. CDMA-2000 1x 망에서 실제로 테스트한 결과 초당 약 120 kbps 이상(최대 144 kbps)의 속도가 유지되었다. 자동차의 속력이 시속

100Km 이내이고 압축시 30KB의 TIP 모델(비압축시 약 1.12MB)이 약 50m에 한 개 꼴로 놓여있을 경우, 지도 정보를 끊김 없이 전송할 수 있었다.

#### 2. 지도 가시화 모듈

본 연구에서 사용하는 지도 데이터는 AutoCAD로 제작되었으며 시중에서 쉽게 구할 수 있다. 이 지도 데이터는 정밀한 지형 정보를 가지고 있어서 넓은 면적의 지도를 모두 저장하기에는 무리가 있을 뿐만 아니라 성능이 일반 데스크탑 PC보다 떨어지는 PDA 환경에서 가시화하기에는 어려움이 있다. 또한, 네비게이션 시스템은 주요 도로 및 지명 등의 간략화된 지형 정보만으로 충분하다. 따라서 정밀한 지도 데이터를 처리하여 간략화된 정보만을 갖는 새로운 지도 데이터를 생성한다.

#### 3. 최적 경로 탐색

본 시스템의 2차원 네비게이션 모듈은 사용자가 지정한 출발 지점과 도착 지점 사이의 최적 경로 검색 기능을 갖는다. 최적 경로는 요일, 날씨, 계절 별 도로 교통량 통계 데이터와 각 도로의 거리를 기반으로 결정된다. 검색된 최적 경로는 3차원 네비게이션 모듈로 전송되어 모의 주행에 사용된다.

##### 3.1 도로상황 통계파악

본 연구에서 사용하는 도로 상황 데이터는 각 도로에 대한 시간별, 요일별, 계절별 교통량이다. 실제로 경찰청 등에서 측정하는 교통량 정보를 연동하여 사용하는 것은 현실적으로 어려움이 많았다. 따라서 실제 도로에 설치되어 있는 루프 디텍터와 영상 검지기가 측정한 데이터를 샘플로 삼았다. 샘플 데이터는 교통량, 속도, 점유시간, 비점유시간, 차두시간, 차종, 차량길이, 대기행렬 길이 등의 실시간 교통 정보를 포함하고 있다.

본 연구에서는 이들 교통 정보 중에서 교통량과 속도 데이터를 이용하였다. 실제 측정 데이터를 실시간으로 받을 수 없기 때문에, 대신 시간에 따른 교통량과 속도 데이터를 생성하는 트래픽 생성기를 제작하고, 이를 시스템의 지도상에서의 각 도로에 배치하여 가상으로 교통량 정보를 전송하였다. 이를 위해 먼저 주요 도로에서

의 시간별 교통량 정보를 대전지방경찰청에서 조사, 수집하였다. 수집된 교통량 정보를 바탕으로 시간별 교통량 함수  $T(t)$ 를 세웠다.

측정된 교통량 함수  $T(t)$ 는 통계적 데이터이므로 실제로는 어느 정도의 편차가 있을 수 있다. 교통량의 편차를 가우스 노이즈(Gaussian Noise)로 표현하여 통계적으로는  $T(t)$ 와 같은 교통량 분포를 가지면서도 실제로는 어느 정도의 편차를 갖는 교통량 함수  $T'(t)$ 를  $T'(t) = T(t) + N$ 로 세울 수 있었다. 여기서  $N$ 은 평균을 0으로, 표준편차를  $T(t)$ 의 최대값과 최저값의 차이의 5%로 갖는 가우스 함수이다.

### 3.2 그래프를 이용한 2차원 도로의 표기

본 연구에서는 도로를 [그림 2]와 같이 2개의 계층을 갖는 그래프로 표현하였다. 상위 계층은 각 도로를 교차로 사이를 잇는 선으로 보고 각 도로 사이의 연결 관계를 표현하고, 하위 계층은 각 도로가 파노라마 영상을 획득한 지점들로 구성된다고 보고 이들 간의 연결 관계를 표현한다.

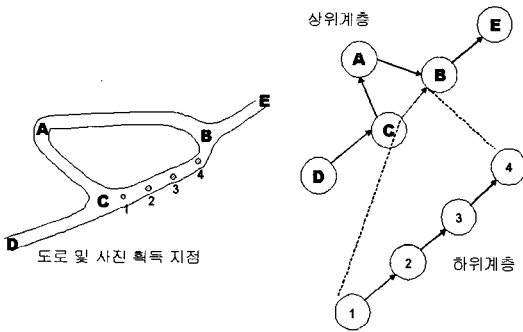


그림 2. 도로정보의 그래프화

하위 계층에서 파노라마 영상을 획득한 각 지점을 하나의 노드(node)로 나타내고, 이들 사이의 길을 에지(edge)로 나타낸다. 각 파노라마 영상 획득 지점의 실제 GPS 좌표를 미리 알고 있기 때문에 각 node가 가리키는 실제 지점의 위치를 알 수 있다. 따라서 각 노드가

가리키는 지점들 사이의 정확한 거리를 하위 계층 노드들의 실제 GPS 좌표 간의 유클리드 거리(Euclidean Distance)로 구할 수 있으며, 이 거리를 임의의 두 노드 사이를 연결하는 에지의 가중치(weight)로 정의한다.

상위 계층에서는 교차로를 하나의 노드로 나타내고, 이들 사이의 도로를 에지로 나타낸다. 따라서 상위 계층에서의 하나의 에지는 하위 계층에서의 노드와 에지의 나열 즉, 하나의 경로(path)를 갖는다. 상위 계층에서의 각 에지의 가중치는 그 에지에 해당하는 하위 계층 내의 모든 에지의 가중치의 합과 도로 통계 데이터 값의 가중치 합으로 정의한다.

사용자가 임의의 지점을 선택했을 때, 실제 지도상의 지점에 대응하는 그래프 상의 노드는 하위 계층별로 이에 포함되는 각 노드와 선택된 지점의 거리를 비교하여 가장 가까운 것을 하나 선택함으로써 얻을 수 있다. 그러나 일반적으로 차량용 네비게이션 시스템에서 사용하는 2차원 지도는 하나의 시 이상의 범위를 포함하기 때문에 노드의 수가 매우 많으며, 이 경우에는 보다 효율적인 검색 기법이 필요하다.

본 연구에서는 바운딩 박스(bounding box)를 이용한다. 지도를 구성하는 단계에서 상위 계층의 그래프에서 각 에지마다 하위 계층의 노드들을 모두 포함할 수 있는 최소 면적의 바운딩 박스를 전처리(preprocessing)로 설정할 수 있다. 사용자에게 의해 입력된 지점이 어떤 에지의 바운딩 박스 내부에 있지 않다면 그 에지의 하위 계층에 포함된 모든 노드는 그 지점에 해당하지 않는다고 볼 수 있다. 따라서 바운딩 박스에 입력 지점이 포함되는 에지에 대해서만 하위 계층의 각 노드 별로 검색하면 보다 효과적이다. 이 때, 아래 그림의 오른쪽과 같이 바운딩 박스의 내부에 있지는 않지만 충분히 가까이 있는 경우에도 현재 에지 상의 지점에 해당할 가능성이 있다. 따라서 최소 면적의 바운딩 박스가 정해지면 바운딩 박스의 각 변을 미리 정해진 오차 범위만큼 확장하여 그 오차 범위 내에 들어오는 입력 지점을 처리할 수 있도록 한다.

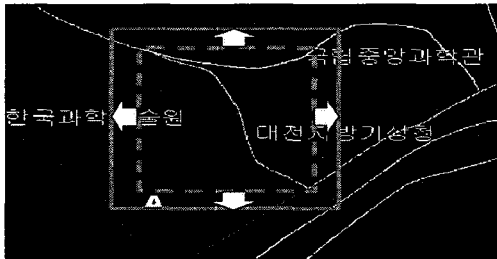
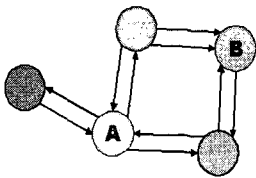


그림 3. 사용자 위치 검색

[그림 3]은 사용자 위치를 검색하는 과정을 보여준다. 현재 사용자의 위치를 포함하는 에지를 검색할 때 모든 에지 내부의 사진 촬영 지점을 다 비교해보는 대신 각 에지가 지도에서 차지하는 영역의 바운딩 박스를 미리 정하고 바운딩 박스 내에 사용자의 현재 위치가 포함되는 경우만 그 에지를 검색한다. 그림은 각 도로에 대응되는 에지마다 바운딩 박스를 하나씩 가지고 있는 예이다. 오른쪽 그림은 바운딩 박스를 오차 범위만큼 확장하여 사용하는 것을 보여준다.

### 3.3 최단 경로 알고리즘

경로 탐색 문제는 여러 분야에서 연구되어왔으며, 다양한 알고리즘이 개발되어왔다. 그래프 이론에서의 일반적인 최단 경로 알고리즘은 대단히 효율적으로 원하

는 경로를 얻을 수 있으나, 그래프의 가중치가 고정되어 있다는 가정이 필요하다. 그러나 도로 상황이 수시로 변하기 때문에 그래프의 가중치가 시간에 따라 변하게 되어 차선택이 필요하다. 이와 같이 동적인 환경에서 A\* 알고리즘은 효과적으로 원하는 결과를 얻을 수 있음이 알려져 있다. 그러나 A\* 알고리즘은 탐색 노드의 수가 증가하면서 검색 시간이 길어질 뿐만 아니라 대량의 메모리를 요구한다는 한계가 있었다. 본 연구에서는 탐색 시간을 줄이기 위해 탐색 노드의 생성에 제한을 두어서, 최적의 경로가 아니라 최적에 가까운 경로를 얻더라도 탐색 시간을 줄일 수 있도록 하였다.

A\* 알고리즘은 휴리스틱 함수에 의해 현재 노드와 이웃한 노드 중 하나를 선택하고, 경로를 반복적으로 확장해 나아간다. 탐색의 매 단계마다 현재까지 탐색한 노드들 중에서 가장  $f(x)$ 가 작은 것을 택해 이웃 노드로 탐색하기 때문에 최종적으로 얻는 경로는 최적임을 보장할 수 있다. 또한, 탐색한 경로가 사이클(cycle)이 되지 않도록 탐색을 진행하며 현재 노드로 탐색해온 보다 최적의 경로가 있다면 그것만을 취하도록 함으로써 항상 매 노드마다 그 노드까지의 최적 경로를 지닐 수 있다.

A\* 알고리즘은 이웃한 노드 모두가 탐색의 가능성이 있어서 시작 노드에서 목적 노드까지의 거리가 멀어질수록 탐색 노드의 수가 많아진다. 따라서 Open이 가질 수 있는 노드의 수를 K 개로 제한을 둔다. Open에 속해 있는 노드의 수가 K개일 때 새로운 노드가 Open에 들어오는 상황이 되면, Open에 속한 노드들과 새로 추가되고자 하는 노드 중에서  $f(x)$ 가 가장 큰 것을 제거한다. 이는 Open을 우선순위 대기행렬(priority queue)로 표현하면 간단히 구현할 수 있다.

A\* 알고리즘이 생성하는 탐색 트리는 말단 노드의 수가 기하급수적으로 늘어난다. 따라서, 탐색을 시작 노드와 목적 노드에서의 양방향 탐색으로 확장하면 보다 효과적으로 검색 결과를 얻을 수 있다.

## V. 실험결과

본 연구의 검증 및 시제품 제작을 위하여 대전시 유성



지역 일대의 TIP 모델 데이터베이스를 구축 하였다. [표 1]은 촬영내역을 보여준다.

표 1. TIP 파노라마 영상 촬영 내역

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| 카메라           | 아남 니콘 콤플렉스 4500                       |
| 촬영해상도         | 1600X1200                             |
| 파노라마 사진 촬영 키트 | Kaidan 360 One VR camera mounting kit |
| 촬영 지점 수       | 350 지점                                |
| 촬영간격          | 50미터                                  |

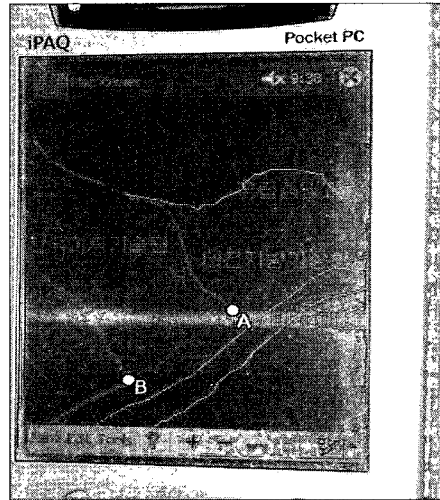
본 연구에서 사용된 3차원 개발 라이브러리는 PocketGL 1.2로, 동시 표현 가능한 색깔의 개수가 512 색으로 제한되어 있다. 실제 테스트 결과, PocketGL 자체의 색 양자화(color quantization) 기능을 쓰는 것보다는 Adobe Photoshop을 이용하여 미리 텍스처 영상을 512 색으로 양자화 한 후 사용했을 때 더 좋은 영상을 얻을 수 있었다.

사용된 PDA는 HP사의 iPaq 3850 기종으로, 64MB의 ROM과 64MB의 RAM을 내장하고 있으며 320 x 240의 해상도에서 약 65000 가지의 색깔을 표현할 수 있다. 보다 넓은 지역의 TIP 모델 데이터베이스를 저장하기 위하여 외부 확장 메모리(컴팩트 플래시 type II)를 부착하였다.

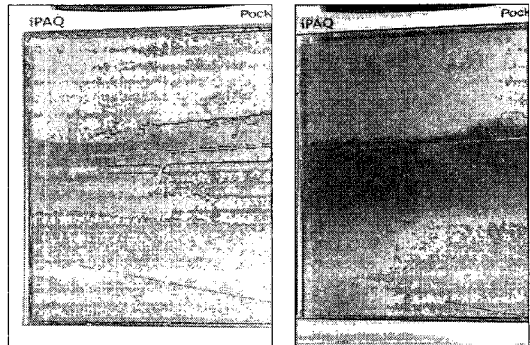
실험결과, 약 초당 25프레임의 속도로 영상 생성이 가능하였으며 새로운 TIP 모델을 읽게 될 때에는 순간적으로 초당 10~15 프레임 정도의 속도 저하가 발생하였다.

[그림 4]는 대전지방기상청 정문 앞에서 한국과학기술원 정문 앞까지의 갑천변 도로를 네비게이션한 실험 결과이다. 총 27장의 파노라마 사진이 사용되었으며, 2003년 1월 7일~8일 이틀에 걸쳐 촬영된 영상을 사용하였다. TIP 모델에 의하여 분리된 배경 영상은 빠른 렌더링을 위하여 정육면체 형태의 환경 모델에 매핑되었다. 각각의 면에는 모두 4개의 텍스처 영상이 입력되었고, TIP 모델 당 총 24개의 텍스처 영상이 사용되었다. 각각의 텍스처 영상은 128 x 128 크기의 영상으로 비압축시 약 49KB, JPEG 압축시 약 6KB의 크기를 가졌다. 총 27 개의 TIP 모델을 저장하는 데 사용된 공간은

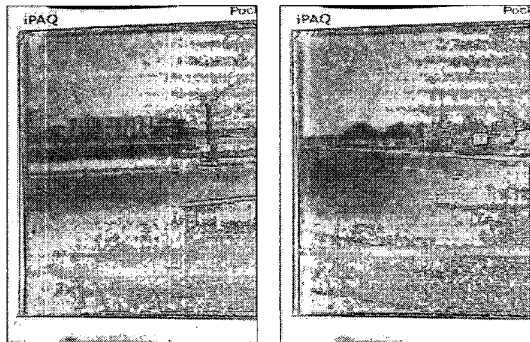
비압축시 약 30.24MB, 압축시 3.9MB 였다. 다음의 사진들은 네비게이션 결과를 시간 순으로 촬영한 것이다.



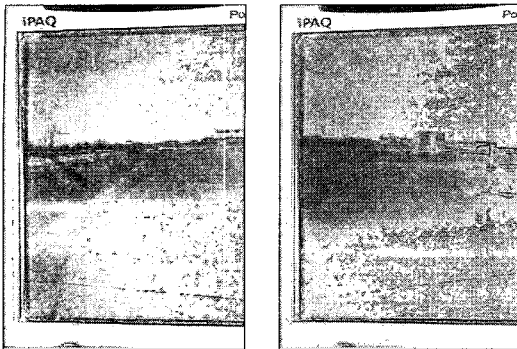
(a) 2차원 지도 (A: 대전지방기상청 정문, B: 과기원 정문)



(b) 대전지방기상청 정문 앞 (기상청, 과기원 방향)



(c) 갑천 너머 아파트 단지, 과기원 담 옆



(d) 한국과학기술원 정문 앞 (유성구형, 정문 방향)

그림 4. 3D 카네비게이션 실험결과

## VI. 결론

본 연구에서는 GPS를 이용한 3차원 내비게이션 시스템을 개발하였다. 기존 방식과는 달리 원하는 목적지까지의 경로를 실시간에 도로 전경과 동일한 3차원 영상으로 살펴볼 수 있게 하여 운전자를 효과적으로 도울 수 있었다. 이를 위하여 TIP 영상 보간 기법, 지도상의 최적 경로 탐색 기법, 실시간 데이터 전송 기법 등 세 가지 분야의 기술을 개발하였다.

시점 이동에 한계가 있었던 기존의 TIP 기법을 보완하여 자연스러운 내비게이션 동영상을 얻는 기법이 제안되었다. 또한, 사용자의 위치와 현재의 도로 상황을 동시에 고려한 최적 경로 탐색 방법을 고안하였으며, 지도 서버로부터 PDA로 2차원/3차원 영상 정보를 전송하기 위한 실시간 데이터 전송 기술을 개발하였다. 이를 위하여 CDMA-2000 1x망을 이용하였으며, 영상 정보를 고속으로 전송하기 위하여 고효율의 영상 압축 기법을 구현하였다.

본 연구 결과는 차량 내비게이션 외에도 다양한 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 실사와 같은 품질의 장면을 실시간으로 생성할 수 있는 TIP 보간 기법은 3차원 게임이나 가상공간 구축에 적용되어 이들의 사실성을 한층 높이는 데 기여할 수 있으며, 저사양의 컴퓨터에서도 구동이 가능하다는 점에서도 장점을 가진다.

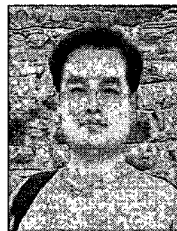
## 참고 문헌

- [1] 최재경 외 2인, "LBS 관련 기술 및 시장 동향," 주간기술동향, 통권 1067호, pp.1-14, 2002.
- [2] 이정원, "개인위치정보의 법적 문제와 위치 기반 서비스의 전망," KISDI, 정보통신 정책 통권 298호, 제14권, 제6호, pp.1-15, 2002.
- [3] Y. Horry, K. Anjyo, and K. Arai, "Tour into the picture: using a spidery mesh interface to make animation from single image," In In Proc. SIGGRAPH, pp.225-232, 1997.
- [4] H. W. Kang, S. H. Pyo, K. Anjyo, and S. Y. Shin, "Tour into the Picture using a Vanishing Line and its Extension to Panoramic Images," EuroGraphics 2001, pp.132-141, 2001.

## 저자 소개

### 노창현(Chang-Hyun Roh)

중신회원



- 1991년 2월 : KAIST 원자력공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : KAIST 원자력공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : KAIST 원자력공학과 (공학박사)

▪ 2002년 3월~현재 : 중부대학교 게임학과 교수

<관심분야> : 컴퓨터 게임, VR, Interactive Media

### 이완복(Wan-Bok Lee)

중신회원



- 1993년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : KAIST 전자전산학과 (공학박사)

▪ 2003년 3월~현재 : 중부대학교 교수

<관심분야> : 시뮬레이션, 컴퓨터 게임, 정보보호, 이산 사건 시스템