

GPS와 시각적 OLAP 기술을 이용한 공간행태분석 연구

Analysis of Human Spatial Behavior with GPS and Visual OLAP Technology

조 재 희 (Jaehye Cho) 광운대학교 경영정보학과 교수, 교신저자
서 일 정 (Il Jung Seo) 광운대학교 일반대학원 경영정보학과 박사과정

요 약

최근 성능이 우수하고 가격이 저렴한 GPS 수신기가 개발되면서 이동객체분석과 공간행태분석에 관한 관심이 높아지고 있다. 이러한 분석을 위한 정보기술과 방법에 관한 연구들이 다각적으로 이루어지고 있지만, 아직 실무에 적용하기에는 한계가 있다. 본 연구는 다차원 모델과 OLAP이라는 데이터분석 기법과 도구들을 이용하여 GPS를 활용한 공간행태분석 방법을 소개하고, 실제 사례를 통해 분석방법 및 분석결과를 제시하였다. 또한, GPS를 활용한 공간행태분석의 유용성과 한계점을 논하였다.

키워드 : GPS, 공간행태분석, 시공간 데이터, 이동객체, OLAP, 다차원 모델, 정보 시각화

I. 서 론

인간의 공간행태에 관한 연구는 사람들의 공간 이동에 관심을 가지며 보행자 이동, 주거이동, 공간의사결정, 공간인식, 환경지각 등의 광범위한 주제를 다룬다(Kwan, 2000; Golledge and Stimson, 1997). 이에 수반되는 공간행태분석은 공간설계, 공간계획, 공간평가 등을 지원하기 위해 특정 공간을 이용하는 사람들의 행태를 분석하는 것이다(Kwan, 2000). 예를 들어 소매유통업체의 입지선정을 위한 소비자 공간이동 행태분석(현기숙, 이금숙, 2004), 공원의 기능과 역할을 점검하

기 위한 공원이용자 행태분석(이현욱, 2003), 광장의 활성화 방안 마련을 위한 광장 보행자 행태분석(양성운, 박진자, 2003) 등이 공간행태분석에 포함된다.

공간행태분석을 위한 전형적인 데이터 수집 방법에는 육안관찰, 설문, 시공간일지(time-space diary) 등이 있으며(Hill, 1984; Thornton *et al.*, 1997), 이 외에도 저속촬영 사진, 비디오, CCTV 등이 데이터 수집에 사용 가능하다. 이러한 데이터 수집 방법들은 관측 범위가 제한적이거나 위치 및 시간 측정에 있어 정확성과 정밀성이 떨어지는 단점이 있다. 최근에는 디지털 기반의 측위 기술을 데이터 수집에 사용하여 관측 범위가 확대되었고 정확하고 세밀한 시공간 데이터를 수집할 수 있게 되었다(Shoval and Isaacson, 2006).

† 본 논문은 2007년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었다.

대표적인 디지털 기반 측위 기술인 GPS(Global Positioning System)는 미 국방성에서 자국의 군사 목적을 위하여 개발한 것으로, 인공위성을 이용하여 지구상 어디에서나 수신 장치의 위치, 시간, 속도를 측정할 수 있게 해주는 항법 시스템이다. 2000년 5월 미 국방성이 GPS의 민간 사용을 제한하였던 선택적 이용성(selective availability)을 해제함으로써, GPS의 정확성이 크게 개선되었고 다양한 분야에서 GPS의 활용이 빠르게 이루어지고 있다. GPS를 공간행태분석에 활용하면 이전에는 불가능했던 정확하고 자세한 시공간 정보를 빠르게 수집할 수 있을 뿐만 아니라 범위와 지역의 제약도 받지 않는다(Kwan, 2000; Shoval and Isaacson, 2006).

최근 성능이 우수하고 가격이 저렴한 GPS 수신기가 개발되면서 특히 지리학 분야에서 이를 이용한 공간행태분석에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있으며(Shoval, 2008; Asakura and Iryo, 2007), 수집된 GPS 데이터의 분석을 위한 환경으로 GIS(Geographic Information Systems)를 사용하고 있다. 하지만 GIS는 공간정보의 지리적 표현에는 유용하지만, 대량의 데이터를 탐색하거나 패턴을 발견하는 데는 적절하지 않다(조재희, 서일정, 2006). 이에 다각적이고 심층적인 데이터 분석 기능을 제공하는 OLAP(On-Line Analytical Processing)과 GIS를 통합하려는 연구노력이 진행되었다(Rivest *et al.*, 2001; Han *et al.*, 1999; Kuijpers and Vaisman, 2007). 이와 더불어 이동객체(사람, 동물, 운송수단 등)의 시공간 데이터 모델, 집계, 색인, 질의에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있지만 아직 연구 단계이며, 실무적으로 이를 활용하기에는 한계가 있다.

이에 본 연구는 실무에서 활용 가능한 기존의 데이터분석 기법과 도구들을 사용하여, GPS를 이용한 공간행태분석 방법을 소개하고자 한다. 본 연구에서 제시하는 공간행태분석 방법은 GPS 데이터의 수집과 전처리, 다차원 데이터 모델링, 시각적 분석도구를 이용한 데이터 표현과

탐색 과정을 포함한다. 즉, 이들을 자세히 소개함으로써 실무에 바로 적용할 수 있는 공간행태분석 방법의 전형을 제시하고자 하는 것이 본 연구의 주목적이다. 또한, GPS를 활용한 공간행태분석의 유용성과 한계점을 논하고자 한다.

II. 문헌연구

2.1 공간행태분석의 요구사항

공간행태의 주체는 이동객체이며, 이동객체는 시간에 따라 객체의 공간정보가 연속적으로 변경되는 객체로 크게 이동점(moving point)과 이동영역(moving region)으로 나눌 수 있다(Erwig *et al.*, 1999). 이동점은 시간에 따라 객체의 위치만 변하는 것으로 이동하는 사람, 동물, 운송수단 등을 예로 들 수 있고, 이동영역은 시간에 따라 객체의 위치뿐만 아니라 모양까지 변하는 것으로 숲의 발달, 태풍의 이동, 식물의 서식지 변화 등을 예로 들 수 있다. 본 연구에서는 이동객체 중 이동점 객체만을 연구 대상으로 하였다. 공간행태 또는 이동객체의 이동행태를 분석하기 위해서는 이동을 정의하는 변수는 무엇이며, 이동에 영향을 주는 요인들에는 어떠한 것들이 있는지를 이해하는 것이 필요하다.

Dodge *et al.*(2008)은 이동을 정의하는 이동변수를 공간차원, 시간차원, 시공간차원으로 구분하고, 각 차원은 기본 변수, 1차 파생변수, 2차 파생변수로 구성하였다. 공간차원의 기본변수는 객체의 위치이며, 1차 파생변수는 거리와 방향이고, 2차 파생변수는 공간분포인데, 이는 특정 시간에 이동객체의 위치를 스냅 샷으로 표현하는 것이다. 시간차원의 기본변수는 시간이며, 1차 파생변수는 이동시간이고, 2차 파생변수는 시간분포인데, 이는 시간에 따른 사건의 분포(이동궤적)를 뜻한다. 시공간차원의 기본변수는 존재하지 않으나, 1차 파생변수는 속도, 2차 파생변수는 가속도이다.

공간행태는 참여하는 이동객체의 수에 따라 다르게 나타나며, 크게 개인행태와 집단행태로 구분할 수 있다. 집단행태는 기준에 따라 다시 분류할 수 있는데, 시간 축의 간격에 따라 특정 시간에 초점을 맞추는 ‘순간’ 집단행태와 일정 기간 동안의 집단 행태에 초점을 맞추는 ‘동적’ 집단행태로 구분할 수 있다(Andrienko and Andrienko, 2007). 먼저 순간 집단행태는 특정 시점에서 집단의 공간분포를 분석하는 것으로 동일 시점의 집단 간 행태 또는 다른 시점에 있는 집단 행태의 유사점과 차이점을 발견하는 것이다. 한편 동적 집단행태는 일정 기간 동안 모든 집단의 행태를 분석하는 것으로 동일 기간 동안 집단 간 행태, 다른 기간 동안 동일 집단의 행태, 다른 기간 동안 다른 집단 간 행태 등을 비교하는 것이다. 또한, 집단 내의 이동객체 간 기능적 관계에 초점을 맞추어 기능적 관계를 공유하는 그룹(가족, 친구, 동료, 연인 등)과 단순히 인구

통계적 유사성을 갖는 그룹(연령, 성별 등)으로 집단을 구분할 수도 있다(Dodge *et al.*, 2008).

다양한 요인들이 이동의 특성과 행태에 영향을 미칠 수 있다. Andrienko and Andrienko(2007)는 영향 요인들을 공간, 시간, 시공간, 이동객체로 구분하여 설명하고 있으며, Xie and Shibaski(2001)는 인간특성, 조건과 제약, 인지적 환경, 정책 등으로 기술하고 있다. 이들을 종합하여 정리하면 <표 1>과 같다.

2.2 GPS 데이터(NMEA 0183)

NMEA 0183은 해양 기기간의 통신을 위한 전기적 인터페이스와 데이터 프로토콜로 GPS 수신기의 데이터 프로토콜로 널리 사용되고 있다. NMEA 0183은 크게 물리 계층, 데이터링크 계층, 응용 계층으로 구성되는데 물리 계층은 RS-232, RS-422 등의 전기적인 전송 규격이고, 데이터링크

<표 1> 공간행태의 영향요인

| 차원 | 요인 | 예 |
|--------|---------|------------------------------------|
| 공간 | 지형의 특징 | 고도, 경사, 모양 등 |
| | 공간의 접근성 | 장애물, 도로 등 |
| | 표면의 특성 | 땅 또는 물, 콘크리트 또는 토양, 숲 또는 들판 등 |
| | 지형 지물 | 빌딩, 나무, 산 등 |
| | 사용 모드 | 주거, 쇼핑, 산업, 농지, 수송 수단 등 |
| | 장소의 의미 | 집, 일터, 스포츠 또는 레저 공간 등 |
| 시간 | 시간 주기 | 년, 월, 일, 시간 등 |
| | 활동 관점 | 평일, 주말, 휴일, 낮, 밤 등 |
| 이동객체 | 개인 속성 | 나이, 성별, 건강, 직업, 수입, 직업, 교육 결혼 상황 등 |
| | 인지적 환경 | 친숙도, 동기, 경험, 태도 등 |
| | 이동 수단 | 자동차, 배, 비행기, 도보 등 |
| | 이동 목적 | 관광, 산책, 운동 등 |
| | 수행 활동 | 관광, 식사, 담화, 관찰 등 |
| 시공간 환경 | 기상 조건 | 온도, 습도, 날씨 등 |
| | 사건 | 스포츠 행사, 문화 이벤트, 교통 사고 등 |
| 정책 | 사회 | 법, 관습 등 |
| | 경제 | 통행료, 석유 가격 등 |

```
$GPGGA,015337, 3742.9262,N,12701.5963,E,1,05,01.9,00056.0,M,018.5,M,,*41
$GPGSA,A,3,01,16,23,25,31,,,,,,,,,04,6,01.9,04.2*0C
$GPGSV,3,1,09,01,43,186,35,03,34,202,44,06,14,042,00,16,71,331,42*7A
$GPGSV,3,2,09,23,38,302,46,25,36,311,41,31,53,101,32,19,,,32*40
$GPGSV,3,3,09,07,,,27,,,,,,,,,72
$GPRMC,015337,A, 3742.9262,N, 12701.5963,E,007.9,055.2,241107,,,*79
$GPVTG,055.2,T,M,007.9,N,014.7,K,A*03
```

<그림 1> NMEA 0183 데이터

크 계층은 전송 속도, 데이터 비트 수, 패리티 비트, 정지 비트 등을 정해 놓았으며, 응용 계층은 데이터를 전송하는 구문(sentence)에 대한 규약이다. 응용 계층에서 사용하는 데이터 형식은 <그림 1>과 같이 ASCII 형태로 되어 있으며, 이들은 모두 특정시간에 수집된 단일 이동점에 관한 공간정보를 나타낸다.

GPS를 위한 구문은 <표 2>와 같이 7개가 있지만 수신기에 따라 수집되는 구문 수에 차이가 있다. 본 연구에서 사용한 소니 GPS 수신기에는 GPGLL 구문과 GPZDA 구문을 제외한 5개의 구문이 수집된다. 각 구문은 구문 식별자, 데이터, 체크 섬으로 구성되고 데이터는 ‘;’로 구분한다. 체크 섬은 \$와 *사이 문자들의 XOR 연산

<표 2> NMEA 0183 구문과 주요 데이터

| 구 문 | 주요 데이터 |
|-------|-------------------------|
| GPGGA | 시간, 경도, 위도, 고도 |
| GPGLL | 위도, 경도, 시간 |
| GPGSA | 위치 결정에 사용된 위성과 기하학적 오차 |
| GPGSV | 수신할 수 있는 모든 위성의 고도, 방위각 |
| GPRMC | 시간, 경도, 위도, 속도, 방향, 날짜 |
| GPVTG | 방향, 속도 |
| GPZDA | 시간, 날짜 |

값으로 데이터 검사를 위해 사용된다.

본 연구는 5개의 구문 중에서 이동객체의 위치, 시간, 속도, 고도, 방향에 대한 정보를 얻기 위하여 GPGGA 구문과 GPRMC 구문을 사용하였다. <표 3>과 <표 4>에서 이를 자세히 소개하였다. <표 3>의 2번은 세계 표준시로 우리나라를 기준으로 하려면 9시간을 더하여야 한다. 도분 단위인 3번 경도와 5번 위도를 지도에 표현하기 위해서는 도 단위의 좌표포맷으로 변환해야 한다. 이를 위해 분에 해당하는 숫자를 60으로 나누어 도 단위의 소수 자리로 환산해야 한

<표 3> GPGGA 구문 분석

| 번호 | 예 | 설 명 |
|----|------------|---|
| 1 | GPGGA | 구문 식별자 |
| 2 | 015337 | 수신시간(UTC) : 01시 53분 37초 |
| 3 | 3742.9262 | 위도 : 37도 42.9262분 |
| 4 | N | 북위(N = 북위, S = 남위) |
| 5 | 12701.5963 | 경도 : 127도 01.5963분 |
| 6 | E | 동경(E = 동경, W = 서경) |
| 7 | 1 | 위치결정 방법(0 = 유효하지 않음, 1 = GPS, 2 = DGPS) |
| 8 | 05 | 위치결정을 위해 사용한 위성의 개수 |
| 9 | 01.9 | HDOP(Horizontal Dilution of Precision) |
| 10 | 00056.0 | 해수면 기준 고도 |
| 11 | M | 고도 단위(M = 미터) |
| 12 | 018.5 | Ellipsoid와 Geoid간의 고도 차이 |
| 13 | M | 고도 차이의 단위(M = 미터) |
| 14 | | DGPS 사용시 마지막으로 데이터를 갱신한 이후의 시간 |
| 15 | 41 | 체크 섬 |

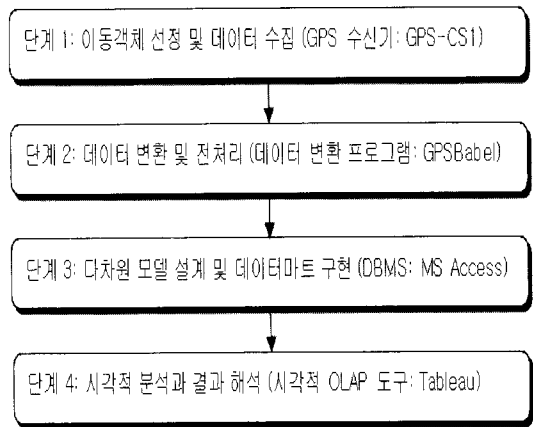
다. 14번은 GPS 수신기를 2개 이상 사용하는 상대적 측위 방법인 DGPS(Differential GPS)와 관련된 부분으로 해당 방법을 쓰지 않으면 공백 처리된다. <표 4>의 2번부터 7번까지는 데이터 신뢰성과 관련된 3번을 제외하면 GPGGA와 동일하다. 8번 속도는 단위가 배의 속도 단위인 노트(knots)로 되어 있으며, 9번은 이동 방향을 나타내는 것으로 진북(지리상 북쪽)을 중심으로 하여 시계방향으로 0도부터 359도까지의 각도이다. 11번과 12번은 진북과 자북(나침반이 가리키는 북쪽) 사이의 각인 편각에 대한 정보로 수신기가 편각에 대한 기능을 제공하지 않으면 공백 처리된다.

끝으로, 기하학적 오차는 측위 시 이용되는 위성들의 배치상황에 따라 달라지는데, 수신기 주위로 위성이 고르게 배치되어 있는 경우에 위치 오차가 작아진다. 위성 배치의 고른 정도를 DOP(Dilution of Precision)라고 하며, HDOP(Horizontal DOP), VDOP(Vertical DOP), PDOP(Positional DOP)이 있다. 이 중 위치정보의 신뢰성을 판단하는데 주로 사용되는 것은 PDOP이다. PDOP의 최적 값은 1.0이며 6.0 이상이 되는

경우에는 위치정보를 신뢰할 수 없다.

III. 공간행태분석

본 연구에서는 GPS를 활용한 공간행태분석을 위하여 <그림 2>의 분석 프로세스를 제시하며, 이에 따라 서울대공원 방문객을 대상으로 공간행태분석을 수행하였다. 괄호 안은 각 단계에서 사용한 소프트웨어 및 하드웨어이다.



<그림 2> GPS를 활용한 공간행태분석 프로세스

<표 4> GPRMC 구문 분석

| 번호 | 예 | 설 명 |
|----|------------|--------------------------------------|
| 1 | GPRMC | 구문 식별자 |
| 2 | 015337 | 수신시간(UTC) : 01시 53분 37초 |
| 3 | A | 데이터의 신뢰성(A = 신뢰할 수 있음, V = 신뢰할 수 없음) |
| 4 | 3742.9262 | 위도 : 37도 42.9262분 |
| 5 | N | 북위(N = 북위, S = 남위) |
| 6 | 12701.5963 | 경도 : 127도 01.5963분 |
| 7 | E | 동경(E = 동경, W = 서경) |
| 8 | 007.9 | 속도 : 7.9 knots |
| 9 | 055.2 | 방향 : 55.2도 |
| 10 | 241107 | 날짜 : 2007년 11월 24일 |
| 11 | | 보정 편각 |
| 12 | | 보정 편각 방향(W = 서쪽, E = 동쪽) |
| 13 | 79 | 체크 섬 |

3.1 이동객체 선정 및 데이터 수집

2007년 11월 24일 토요일에 서울대공원을 찾은 방문객을 대상으로 이동 데이터와 이동객체의 속성 데이터를 수집하였다. 동행하는 집단의 성격이 이동행태에 영향을 미칠 것으로 판단하여 <표 5>와 같이 가족, 단체, 연인으로 구분하여 5개 집단을 추적하였다. 이동 데이터를 수집하기 위하여 본 연구에서 사용한 GPS 수신기는 소니 GPS-CS1이며, 이 수신기는 내장 메모리에 15초 마다 데이터를 기록한다. GPS 수신기에 기록된 데이터는 USB 케이블을 이용하여 컴퓨터에 연결한 후 ASCII 형태의 로그파일을 추출하였다.

```
<trkpt lat="37.615323333" lon="127.065910000">
<ele>0.100000</ele>
<time>2007-11-24T14:59:27Z</time>
<course>145.399994</course>
<speed>0.000000</speed>
<fix>2d</fix>
<sat>3</sat>
<hdop>2.200000</hdop>
<vdop>1.000000</vdop>
<pdop>2.400000</pdop>
</trkpt>
```

<그림 3> GPX 파일

삭제하였다. GPS 데이터의 좌표체계는 WGS84 경위도 좌표인데, GIS를 사용하여 수치지도 상에 표현하려면 Bessel 타원체에 준거한 좌표로 변환해야 하지만, 본 연구에서는 인터넷 기반 지도 서비스와 시각적 분석도구를 사용하여 위치정보를 표현하므로 좌표 변환 없이 그대로 사용할 수 있다.

3.2 데이터 변환 및 전처리

GPS 데이터 변환 프로그램인 GPSTabel을 이용하여 GPS 포맷을 변환하였다. 입력 포맷은 NMEA 0183 Sentence로 지정하였고 출력 포맷은 GPS 데이터의 XML 표준인 GPX(GPS Exchange Format)로 지정하였다. 이렇게 하면 <그림 3>과 같은 GPX 파일이 생성된다.

<trkpt>태그 사이에 이동점의 경도좌표, 위도좌표, 고도, 시간, 방향, 속도, 위치결정 방법, 관측 위성 수, DOP가 기록된다. 변환하는 과정에서 경위도 좌표는 도 단위로 환산되었으며, 속도는 미터/초 단위로 환산되었다. 여기에 세계 표준시간을 우리나라 기준으로 바꾸기 위하여 9 시간을 더하였으며, PDOP가 6이상인 데이터를

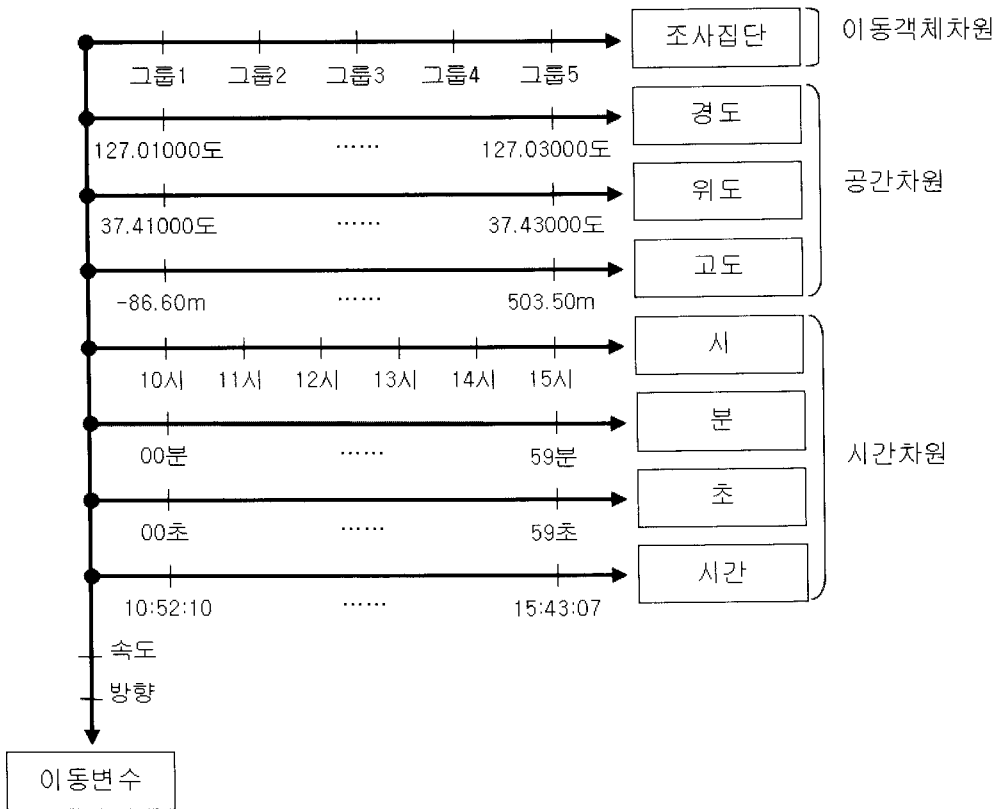
3.3 다차원 모델 설계 및 데이터마트 구현

다차원 모델은 데이터를 다차원적으로 분석하기 위한 논리적인 모델로 <그림 4>와 같이 큐브 방식으로 표현된다. 다차원 모델을 구성하는 가장 기본적인 요소인 차원은 데이터를 분석하고자 하는 관점을 나타내며, 데이터에 대한 사용자의 분석 요구를 바탕으로 유사한 일련의 차원항목들로 구성된다(조재희, 박성진, 1999).

공간행태분석을 위한 일반적인 차원은 이동객체차원, 공간차원, 시간차원, 이동변수로 구성된다. 첫째, 이동객체차원은 이동객체의 구성원수에 따라 개인차원과 집단차원으로 구분할 수

<표 5> 이동객체의 특성

| 대상 | 집단특성 | 인원 수 | 세부 구성 |
|------|------|------|------------------------------|
| 그룹 1 | 가족 | 3명 | 30대 초반 부모, 6세 여아 |
| 그룹 2 | 가족 | 3명 | 30대 후반 부모, 10세 남아 |
| 그룹 3 | 가족 | 4명 | 30대 초반 부모, 4세 남아, 3세 남아 |
| 그룹 4 | 단체 | 22명 | 인솔자 1명, 초등학교 저학년 태권도 학원생 21명 |
| 그룹 5 | 친구 | 2명 | 20대 중반의 남녀 |



(그림 4) 서울대공원 방문객의 공간행태분석을 위한 다차원 모델

있다. 개인차원은 <표 1>에서 살펴본 바와 같이 인구 통계적 속성, 환경인지적 속성, 이동목적 등의 데이터를 차원으로 설정할 수 있으며, 집단차원은 가족, 학생, 친구 등 집단으로 이동하는 이동객체의 행태를 분석하기 위해 사용될 수 있다. 둘째, 공간차원은 이동객체의 위치정보를 포함하는 차원으로 GPS 데이터를 사용하면 경도 및 위도차원과 고도차원을 설정할 수 있다. 셋째, 시간차원은 기본적으로 GPS 데이터에서 제공하는 년, 월, 일, 시간 차원으로 구성되며, 분석 목적에 따라 분기, 계절, 주 등으로 부분함을 구할 수 있다. 또한 '일'은 요일차원 또는 평일, 주말, 휴일 등을 차원항목으로 하는 차원을 구성할 수 있으며, '시간'도 오전, 오후, 야간 등으로 구분할 수 있다. 마지막으로, 이동변수는 이동을 정의하는 변수인 이동거리, 이동시간, 속

도, 방향, 가속도 중에서 GPS를 통해 얻을 수 있는 변수는 속도와 방향이다. 일반적인 차원 이외에도 이동객체의 공간행태에 영향을 줄 수 있는 온도, 습도, 날씨 등의 기상정보, 사건 및 사고, 사회 및 경제적 상황 등에 관한 데이터를 추가적으로 수집하여 차원으로 설정할 수 있다.

제 II장에서 살펴본 공간행태분석의 일반적인 요구사항, GPS의 대표적인 데이터 표준 포맷인 NMEA 0183의 이해, 그리고 세 차례에 걸친 프로토타입 개선과정을 거쳐 <그림 4>와 같이 8개의 차원과 2개의 이동변수를 갖는 다차원 모델을 확정하였다. 이동객체차원인 조사집단 차원은 그룹 1부터 그룹 5까지 5개의 차원항목을 가지며, 공간차원으로 경도차원, 위도차원, 고도차원을 갖는다. 시간차원은 GPS에 기록된 시간 데이터를 시, 분, 초로 분할하여 차원으로 설정

하였으며, 이동객체의 이동궤적을 표현하기 위해 시간차원을 별도로 설정하였다. 이동변수는 속도와 방향을 사용하였다. 속도의 단위는 미터/초이고, 방향의 단위는 도이다. 이러한 다차원 모델을 기반으로 액세스를 사용하여 이동정보(위치, 시간, 속도 등)에 관한 2,665개의 레코드를 갖는 시공간데이터 분석용 데이터마트를 구현하였다.

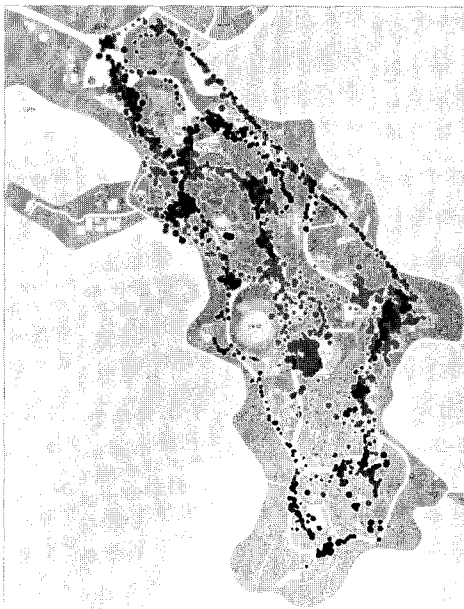
3.4 시각적 분석과 결과 해석

공간행태분석 업무는 제 II장 제 1절에서 살펴본 바와 같이 크게 이동객체의 이동분포와 이동궤적을 분석하는 것으로 정의할 수 있다. 공간차원인 경도차원과 위도차원을 이용하면 평면상에서 이동객체의 위치를 분석할 수 있는 이동분포를 표현할 수 있고, 여기에 고도차원을 추가하면 3차원 공간상에서 이동객체의 위치를 파악할 수 있다. 이동분포에 시간차원을 사용하여 시간 순서에 따라 이동점을 선으로 연결하면

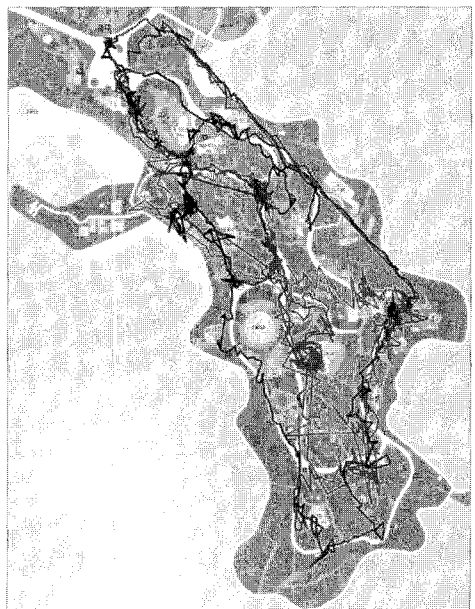
이동궤적을 표현할 수 있으며, 이동궤적도 이동분포와 마찬가지로 이동객체차원과 시간차원을 사용하여 차원항목 간 이동패턴을 비교할 수 있다.

본 연구에서는 시각적 분석도구로 Tableau Software사의 Tableau 3.0을 사용하였다. Tableau 3.0은 쉽고 강력한 시각적 OLAP 기능을 제공할 뿐만 아니라 위성사진이나 지도를 배경이미지로 사용하여 위치정보를 시각적으로 표현하고 탐색할 수 있는 기능을 제공한다. <그림 5>와 <그림 6>은 각각 이동분포와 이동궤적을 표현한 것으로 전체 이동객체, 전체 관측시간, 전체 관측공간을 포함한다. 이들을 통해 전체적인 이동패턴을 직관적으로 파악할 수는 있는 반면 표현이 너무 복잡하여 상세한 패턴을 발견하기는 쉽지 않다. 따라서 이동객체 및 공간과 시간 차원을 사용하여 상세하게 분석할 필요성이 있다.

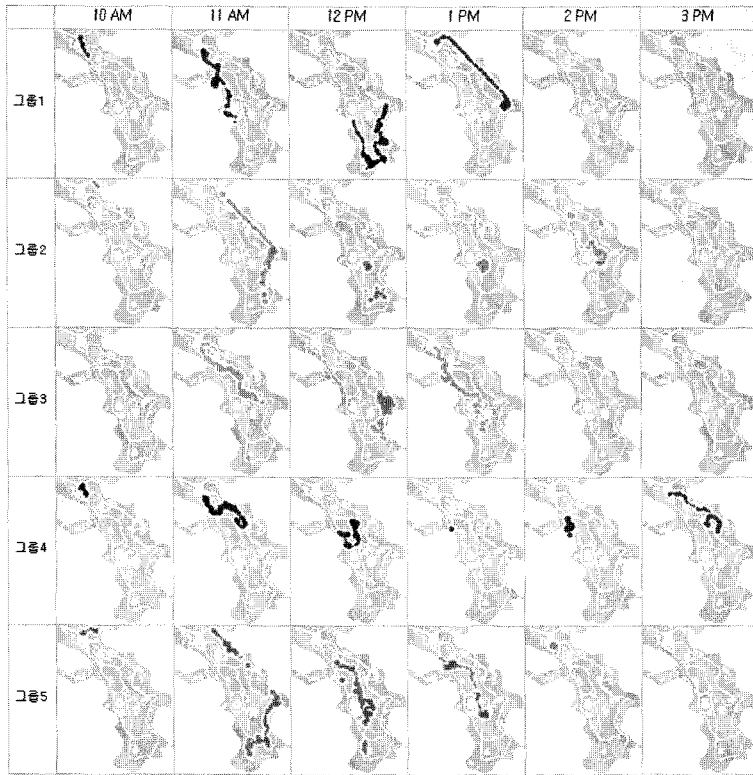
<그림 7>은 <그림 5>의 이동분포를 이동객체차원(조사 집단)과 시간차원(시)의 하부항목별로 분석한 것으로 이동객체 및 시간대별 이동분포를 파악할 수 있다. 30대 초반의 부모와 6세 여



<그림 5> 이동분포



<그림 6> 이동궤적

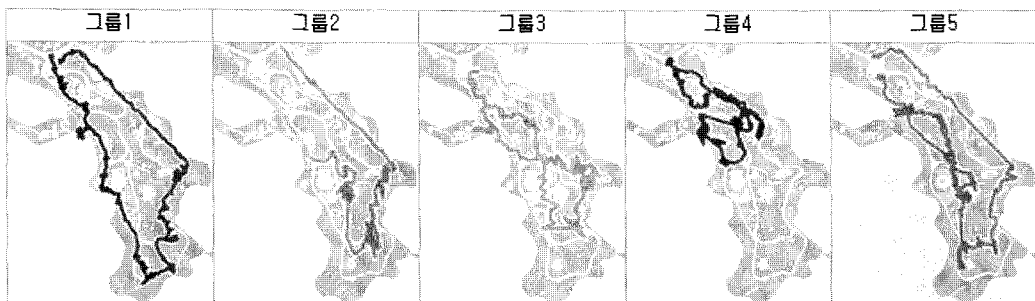


〈그림 7〉 이동객체 및 시간대별 이동분포

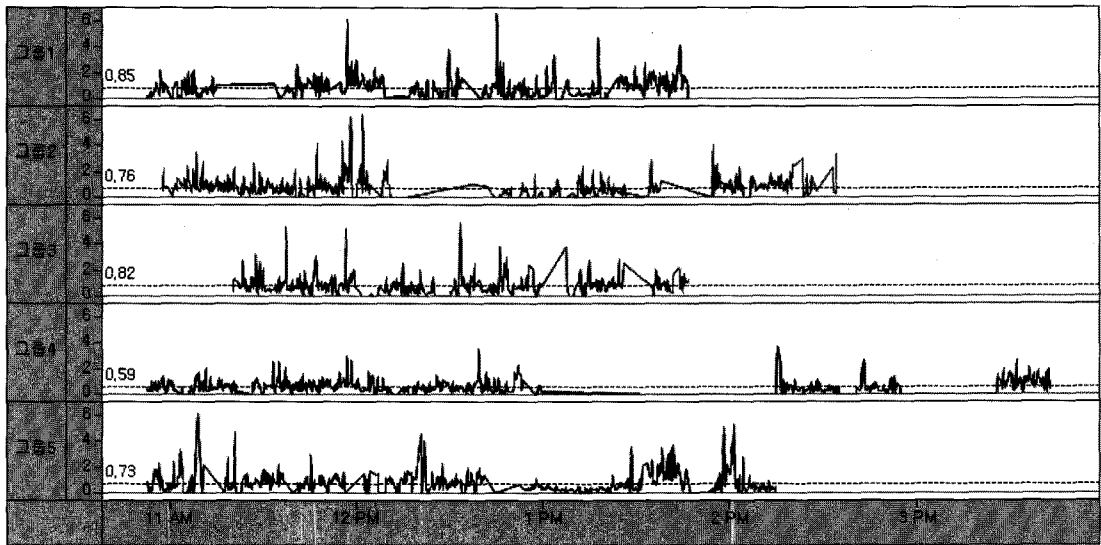
아로 구성된 가족인 그룹 1은 10시에 공원에 입장하여 11시에는 공원 서쪽을 관람하였으며, 12시에는 남쪽을 관람하고 13시에는 동쪽에 있는 리프트를 타고 입구로 이동하여 퇴장하였다. 또한 그룹 3 또는 그룹 4와 비교하여 공원 외곽을 관람하였으며 이동 범위가 넓다.

<그림 8>은 <그림 6>의 이동궤적을 이동객체

(조사집단)별로 구분한 것으로 그룹 1과 그룹 5는 공원의 외곽으로 크게 이동하였으며, 두 집단 모두 리프트(오른쪽 직선으로 표현되는 이동궤적)를 이용하였다. 30대 초반의 부모와 2명의 남아로 구성된 그룹 3은 8자 모양으로 이동하였으며, 인솔자 1명과 초등학교 저학년 학생 21명으로 구성된 그룹 4는 공원의 북쪽을 관람하였



〈그림 8〉 이동객체별 이동궤적

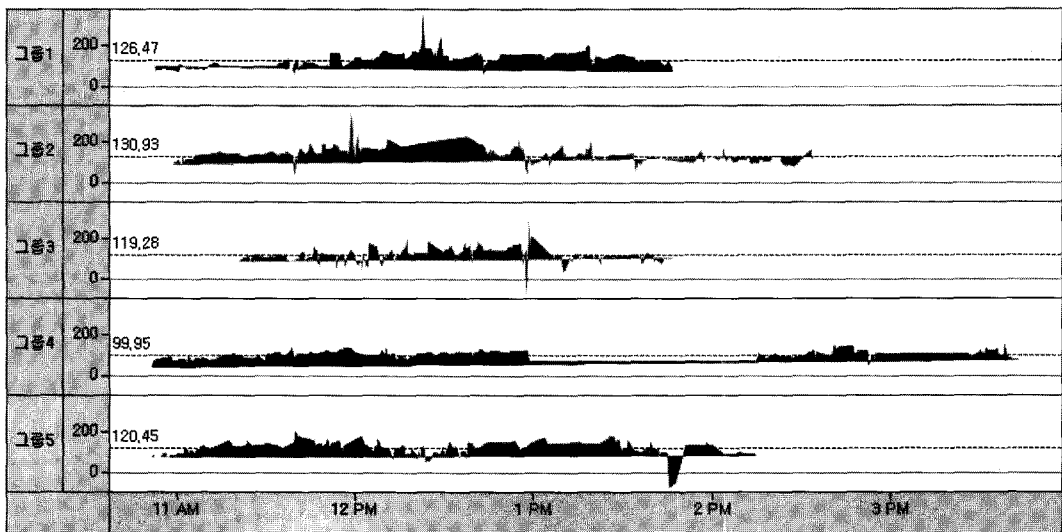


<그림 9> 이동객체별 시간에 따른 이동속도 변화(단위: 미터/초)

다. 그리고 20대 중반의 남녀로 구성된 그룹 5는 다른 그룹과 비교하여 이동거리가 가장 긴 것을 확인할 수 있다.

이 밖에도 <그림 9>와 같이 그룹 간 놀이공원 이용 시간대와 이동속도 비교가 가능하다. 22명으로 구성된 그룹 4는 2~4인으로 구성된 타 그룹과 비교하여 평균이동속도(0.59미터/초)가 느

린 것을 확인할 수 있으며, 오후 두 차례 속도가 0으로 표시되어 있는 구간은 GPS가 수신되지 않는 실내시설인 곤충관 등을 관람했기 때문이다. <그림 10>은 그룹 간 시간에 따른 고도 변화를 비교한 것으로 그룹 2의 평균고도(130.93미터)가 제일 높고, 공원의 북쪽 지역만을 관람한 그룹 4는 평균고도(99.95미터)가 제일 낮음을



<그림 10> 이동객체별 시간에 따른 고도 변화(단위: 미터)

알 수 있다.

이상과 같은 조사집단별, 시간별, 위치별 이동 변수 비교분석은 GPS 수신기를 통해 데이터가 수집되었기 때문에 비로소 가능하며, 이 상세한 이동패턴 또는 공간행태 분석내용을 향후 어떻게 각종 비즈니스에서 수익증대, 비용절감, 경쟁력 강화 등에 사용될 수 있는지가 주요한 이유로 부각되고 있다. 본 연구에서는 GPS와 시각적 OLAP을 활용한 분석결과의 유용성과 한계점을 객관적으로 판단하기 위하여, 공원 관계자(서울대공원, 에버랜드)를 대상으로 분석 시연을 포함한 인터뷰를 실시하였으며, GIS 분야에서 활동하는 업계 전문가들의 의견을 이메일을 이용하여 수집하였다. <표 6>은 공원 관계자와 업계 전문가로부터 수집된 분석결과에 대한 의견을 정리한 것이며, 이를 종합해 보면 다음과 같다.

첫째, GPS를 활용하여 이전에는 불가능했던 공원이용 패턴을 파악할 수 있게 됨으로써 전략 수립과 운영 계획에 유용하게 활용될 수 있다. 둘째, 공간차원이 추가된 다차원 모델 및 시각화 기술을 이용하여 이동패턴에 대한 다차원적이고, 시각적인 정보를 제공한다. 셋째, GIS와

통합 또는 연계할 수 있는 방법이 요구된다. 끝으로, 좀 더 실용적인 연구를 위해서는 이동객체의 추가적인 정보 수집과 이용행태에 관한 세밀한 인과분석이 수반되어야 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 디지털 측위기술인 GPS를 활용한 공간행태분석 환경과 방법을 제시하였으며 공원 이용객의 공원 이용행태를 시각적으로 분석하는 사례연구를 수행하였다. 본 연구는 실무적인 측면에서 아래와 같이 몇 가지 의의를 갖는다.

첫째, GPS의 활용이 증대되고 있는 시점에서 이를 기업의 의사결정에 응용할 수 있는 애플리케이션을 개발하였다. 지금까지 GPS의 응용은 교통 정보, 길 찾기, 미아 찾기 등 실시간 위치추적 서비스에 집중되어있으며 인간의 공간행태 분석에 이를 활용한 사례는 매우 드물다. 공원이용행태분석을 수행하면서 GPS를 이용한 공간행태분석의 잠재적 유용성과 가치를 충분히 판단할 수 있었으며 앞으로 테마공원, 관광, 물류,

<표 6> 시각적 분석결과의 평가

| 구분 | 평가 |
|----------|---|
| 놀이공원 관계자 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 공원 전략 수립과 운영을 위해 활용할 수 있음. (1) 각종 이벤트 장소 및 시간대 선정, (2) 실제 유동인원 기반의 현실적 매점 임대료 산정, (3) 식당, 매점, 화장실 등의 편의시설 위치 선정 및 조정, (4) 관람객 이동 패턴 파악을 통한 새로운 시설물 개발 및 재배치, (5) 기타 장기적인 공원발전 계획을 위한 참고자료 2. GPS와 시각화 기술을 통해 이동패턴의 가시성을 높여 의사결정의 신속성 및 종합적인 통찰력을 높일 수 있음. 3. 향후 GIS와 병행할 수 있는 방법이 개발된다면 분석의 유용성이 더욱 높아질 것으로 생각됨. 4. 이용시간, 체류시간 등을 시간단위로 분석할 수 있게 된다면지 연휴나 평일 간 이용행태와 기타 영향요인들과의 상관관계를 파악할 수 있었으면 함. 5. 실제 활용 시 비용적인 문제로 전수 조사는 불가능할 것으로 판단됨. |
| GIS 전문가 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 특정시점의 정적 분석 위주인 기존 GIS 정보 분석과 비교하여, 이동객체 정보와 시공간 정보의 결합으로 다차원 및 지속 가능한 시계열 공간 분석이 가능함. 2. 다차원 모델에 기존 비즈니스 데이터마트에 없던 차원(경도차원, 위도차원 등)을 추가하여 공간정보의 시각적인 정보 분석이 가능함. 3. 입체적이고 다면적인 각도에서 공간 활용도 및 점유율 등의 정보를 볼 수 있음. 4. 지리 정보와 객체 또는 시설 정보등과 결합된 정보 분석이 요구됨. |

운송 분야 등에서 시설 배치, 재배치, 추가 등의 공간의사결정에 GPS를 이용한 공간행태분석이 활성화되기를 바란다.

둘째, 다차원 모델링, OLAP, 데이터 시각화 기술을 사용하는 새로운 공간행태 분석환경을 제시하였다. 기존의 공간행태 분석환경으로 사용되는 GIS는 근본적으로 사용자의 다양한 분석요구에 즉각적으로 반응할 수 없는 기술적인 문제점을 갖는다. 이에 반해 OLAP은 다차원 모델링을 기반으로 구조화된 시공간 데이터마트에 적재되어 있는 데이터에 사용자가 직접 접근하여 능동적이고 다차원적으로 데이터를 탐색하고 패턴을 발견할 수 있는 환경을 제공한다. 물론 전형적인 OLAP 툴은 공간정보를 지리적으로 표현하는데 제약이 있으며 이를 해결하기 위하여 데이터 시각화 기술을 접목한 시각적 OLAP 툴을 활용하였다.

셋째, 공간행태분석에 관한 문헌연구와 GPS 데이터의 이해를 바탕으로 GPS를 활용한 공간행태분석을 위한 차원과 이동변수를 포함하는 일반적인 다차원 모델을 제시하였다. 이를 기반으로 실무에서는 특수 목적에 맞도록 확장하거나 변형하여 사용할 수 있을 것이다. 또한 GPS를 이용한 공간행태분석의 분석과정과 구체적인 방법을 자세히 설명함으로써 실무에서 공간행태분석 수행 시 참조할 수 있는 지침을 제공하였다.

마지막으로, 공원 관계자들의 통찰을 자극할 수 있는 실제적인 공원 이용행태분석 결과를 제시하였다. 물론 본 연구에서 제공하는 분석결과는 수집 기간과 이동객체 등의 양적인 측면과 공간행태의 영향요인이라고 하는 질적인 측면에서 지극히 제한적이 것이 사실이다. 향후 <표 1>에서 정리한 공간행태의 영향요인에 관한 추가적인 데이터를 장기간 동안 수집한다면 좀 더 풍부하고 실용적인 분석을 할 수 있을 것으로 기대한다. 예를 들어, 가장 붐비는 시간, 가장 인기 있는 구경거리, 가장 선호하는 점심식사 장소 등을 파악할 수 있을 것이다. 또한 GPS 데이

터와 이동객체의 다양한 특성을 함께 분석하면, 성별, 연령별, 구성원규모별 선호 장소와 시간대를 파악하게 되어 더욱 양질의 고객 서비스를 제공할 수 있게 될 것이다.

연구의 한계점으로는 특정시설의 이용시간 또는 체류시간 등의 분석 요구가 있음에도 불구하고 본 연구에서 제시한 분석환경으로 이를 분석할 수 없다는 것이다. 왜냐하면 Rivest *et al.*(2001)은 공간차원을 특정 지명 또는 장소와 같은 명목 데이터를 사용하는 '비지리적 공간차원'과 경위도 좌표와 같은 '지리적 공간차원'으로 구분하고 이 둘을 연결한 '혼합형 공간차원'을 이상적인 공간차원으로 제시한 바 있지만, 본 연구에서는 지리적 공간차원만을 공간차원으로 사용하였기 때문이다. 최근 비지리적 공간차원과 지리적 공간차원을 연결하려는 공간 집계와 색인에 관한 연구들이 진행되고 있으며, 향후에는 시설 및 장소별 행태분석이 가능해질 것이다. 또 다른 한계점은 GPS 데이터가 갖는 한계점으로 이동을 정의하는 변수인 이동거리, 이동시간, 속도, 방향, 가속도 중에서 GPS를 통해 일차적으로 얻을 수 있는 변수는 속도와 방향뿐이다. 경위도좌표 및 속도와 시간 등의 일차적인 정보로부터 이동거리, 이동시간, 가속도 등의 정보를 파생할 수 있을 것으로 보이며 향후 이에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

GPS 또는 RFID와 같이 이전에는 불가능했던 이동객체의 이동 데이터 수집을 가능하게 하는 기술들은 날로 발전하고 있지만 이들로부터 수집된 데이터를 분석하여 기업의 의사결정에 활용하려는 실무적 노력뿐만 아니라 학문적 연구는 극히 초보적인 수준이다. 이에 앞으로 이동 데이터를 분석할 수 있는 환경과 방법에 대한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

양성운, 박전자, "서울역 광장의 이용행태 분석을

- 통한 광장 활성화 방안 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제23권, 제1호, 2003, pp. 563-566.
- 이현욱, “뉴질랜드 크라이스트처치의 도시공원 조성과 이용행태에 관한 연구”, 한국도시지리학회지, 제6권, 제2호, 2003, pp. 31-45.
- 조재희, 박성진, OLAP 테크놀로지, 시그마컨설팅 그룹, 1999.
- 조재희, 서일정, “시공간데이터 분석을 위한 다차원 모델과 시각적 표현에 관한 연구”, Journal of Information Technology Applications and Management, 제13권, 제1호, 2006, pp. 137-147.
- 현기숙, 이금숙, “소매 유통업체의 입지적 특성과 소비자 이동 행태에 대한 분석: 제주도 서귀포시를 사례로”, 한국경제지리학회지, 제7권, 제1호, 2004, pp. 97-115.
- Andrienko, N. and Andrienko, G., “Designing Visual Analytics Methods for Massive Collection of Movement Data”, *Cartographica*, Vol.42, No.2, 2007, pp. 117-138.
- Andrienko, G., Andrienko, N. and Wrobel, S., “Visual Analytics Tools for Analysis of Movement Data”, *ACM SIGKDD Explorations*, Vol.9, No.2, 2007, pp. 38-46.
- Asakura, Y. and Iryo, T., “Analysis of Tourist Behaviour Based on the Tracking Data Collected Using a Mobile Communication Instrument”, *Transportation Research Part A*, Vol.41, No.7, 2007, pp. 684-690.
- Dodge, S., Weibel, R. and Lautenschütz, A. K., “Towards a Taxonomy of Movement Patterns”, *Information Visualization*, Vol.7, No.3-4, 2008, pp. 240-252.
- Erwig, M., Guting, R. H., Schneider, M. and Vazirgiannis, M., “Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases”, *GeoInformatica*, Vol.3, No.3, 1999, pp. 269-296.
- Golledge, R. G. and Stimson, R. J., *Spatial Behavior: A Geographical Perspective*, Guilford, New York, 1997.
- Han, J., Stefanovic, N. and Koperski, K., “Selective Materialization : An Efficient Method for Spatial Data Cube Construction”, in *Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1998, pp. 144-158.
- Hill, M. R., “Stalking the Urban Pedestrian: a Comparison of Questionnaire and Tracking Methodologies for Behavioral Mapping in Large Scale Environments”, *Environment and Behavior*, Vol.16, No.5, 1984, pp. 539-550.
- Kuijpers, B. and Vaisman, A. A., “A Data Model for Moving Objects Supporting Aggregation”, in *Data Engineering Workshop, IEEE 23rd International Conference*, 2007, pp. 546-554.
- Kwan, M. P., “Analysis of Human Spatial Behavior in a GIS Environment: Recent Developments and Future Prospects”, *Journal of Geographical Systems*, Vol.2, No.1, 2000, pp. 85-90.
- Rivest, S., Bédard, Y., and Marchand, P., “Towards Better Support for Spatial Decision-Making: Defining the Characteristics of Spatial On-Line Analytical Processing(SOLAP)”, *Geomatica*, Vol.55, No.4, 2001, pp. 539-555.
- Shoval, N. and Isaacson, M., “The Application of Tracking Technologies to the Study of Pedestrian Spatial Behaviour”, *The Professional Geographer*, Vol.58, No.2, 2006, pp. 172-183.
- Shoval, N., “Tracking Technologies and Urban Analysis”, *CITIES*, Vol.25, No.1, 2008, pp. 21-28.
- Thornton, P. R., Williams, A. M. and Shaw, G., “Revisiting Time-Space Diaries: an Exploratory Case Study of Tourist Behaviour in Cornwall, England”, *Environment and Planning A*, Vol.29,

No.10, 1997, pp. 1847-1867.

Xie, R. and Shibasaki, R. "Conceptual Framework of Human Spatial Behavior Simulation Based

on HLA", in *the 22nd Asian Conference on Remote Sensing*, Vol.2, 2001, pp. 1269-1274.

Information Systems Review

Volume 11 Number 1

April 2009

Analysis of Human Spatial Behavior with GPS and Visual OLAP Technology

Jaehee Cho* · Il-Jung Seo**

Abstract

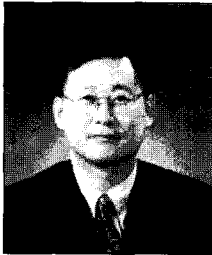
New domains in the analysis of the behavior of moving objects, particularly within human social settings, are generating research interest due to significant advances in the accuracy and production cost of global positioning system (GPS) devices. However, although potential applications have been described in multiple research areas, practical and viable business implementations of GPS technology remain challenging. This paper combines the potential of GPS capabilities with the analytical power of OLAP and data visualization to examine data on the movements of visitors in a zoological garden. Based on this example, the benefits and limitations of the application of GPS technology to the analysis of human spatial behavior are discussed.

Keywords: GPS, Human Spatial Behavior, Spatiotemporal Data, Moving Objects, OLAP, Multidimensional Model, Data Visualization

* Professor, Dept. of MIS, Kwangwoon University

** Ph.D. Candidate, Graduate School, Kwangwoon University

◎ 저자 소개 ◎



조재희 (mis1@kw.ac.kr)

연세대학교에서 경영학 학사, Miami University(Ohio)에서 경영학 석사, University of Nebraska at Lincoln에서 경영정보학 박사를 취득하였다. 펜타시스템테크놀로지와 STM(LG CNS의 전신)에서 컨설턴트로 근무하였고, 현재 광운대학교 경영대학 교수로 재직 중이다. 연구분야는 데이터 자산의 전략적 활용, 다차원모델링, OLAP, 데이터웨어하우스, 비즈니스 인텔리전스 등이다.



서일정 (eily@kw.ac.kr)

경기대학교 경영정보학과를 졸업하고, 광운대학교에서 경영정보학 전공으로 석사학위를 취득하였다. 현재 광운대학교 대학원에서 경영정보학 전공으로 박사과정에 재학 중이다. Information Systems Review, Journal of Information Technology Applications and Management, 한국IT서비스학회지 등의 국내 학술지에 논문을 게재한 바 있으며, 주요 관심분야는 비즈니스 인텔리전스, 데이터 시각화, 전략정보시스템 등이다

논문접수일 : 2009년 02월 25일

게재확정일 : 2009년 04월 05일

1차 수정일 : 2009년 03월 22일