

최단 시간 목적지 이동을 위한 교통 정보 시스템

이종찬, 서민구, 박상현, 원정임
연세대학교 컴퓨터 과학과

e-mail: {jlee, mkseo, sanghyun, jiwon}@cs.yonsei.ac.kr

Intelligent Traffic System for Reaching Destinations in the Shortest Time

Jongchan Lee, Minkoo Seo, Sanghyun Park and JungIm Won
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

최근 모바일 기기의 보급이 증가되고, 고급 어플리케이션의 동작이 가능해지는 등 모바일 장비의 사용 편의성이 급속도로 증가되고 있다. 또한 GPS 기술의 발전으로 인해 위치 기반 서비스가 여러 분야에서 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 고정된 노선을 이동하는 버스를 대상으로 목적지까지의 최단 시간 경로를 제공하는 교통 정보 시스템을 제안한다. 이를 위해 우선, 이동 객체인 버스와 관련된 정보를 효율적으로 저장, 관리, 검색할 수 있는 스키마와 질의 모델을 제안한다. 또한, 제안된 시스템에서는 최단 시간 경로를 위해 버스의 노선 정보 및 위치 정보, 정류장간 소요 시간 정보, 사용자의 근접 정류장까지의 이동 시간, 사용자의 도보 이동 시간 등의 정보를 활용한다. 대부분의 위치기반 서비스를 위한 시공간데이터베이스 기술에서는 이동 객체가 시간의 흐름에 따라 속도와 방향의 변화로 인한 임의의 동선으로 움직인다고 가정하고 있으며, 버스와 같이 고정된 노선을 이동하는 이동 객체의 관리 기법은 다루어지지 않고 있다. 따라서 본 논문의 연구 결과는 고정된 노선을 이동하는 이동 객체의 저장 및 이동 객체의 미래 위치 예측 기법에 활용될 수 있다.

1. 서론

최근 GPS 기술의 발전으로 인해 이를 기반으로 한 위치 기반 서비스(Location Based Service)에 대한 관심이 늘고 있다. 이에 따라 GPS를 이용하는 사용자 위치 정보 안내, 현 위치와 근접한 곳에 위치한 관광지 및 음식점 안내, 교통 상황에 따른 최적 경로 안내 등의 서비스를 제공하는 시스템이 활발히 개발되고 있다.

본 논문에서는 위치 기반 서비스를 활용한 교통 정보 시스템을 일반 차량에 비해 비교적 속도와 방향이 정해져 있는 고정 노선을 갖는 버스를 대상으로 제안한다. 제안된 시스템은 목적지까지의 최단 시간 경로를 제공하며, 이를 위해 버스의 노선 정보, 위치 정보, 정류장간의 소요 시간 정보뿐만 아니라 근접 정류장까지의 사용자 이동 시간, 최종 도착 정류장에서 목적지까지의 사용자 이동 시간 등의 정보

를 활용한다.

본 시스템에서는 최단 시간 경로 계산 시, 기존 시스템과 다음과 같은 차별성을 갖는다. 첫째, 사용자의 현 위치와 가장 가까운 위치에 있는 정류장을 무조건적으로 제시하는 대신에 사용자의 근접 정류장까지의 도보 이동 시간, 버스의 정류장 도착 예정 시간 및 도착 정류장부터 목적지까지의 도보 이동 시간을 고려하여 정류장을 사용자에게 제시한다. 예를 들어, 신촌에서 동대문으로 이동하기 위한 경로 질의가 주어졌을 경우, 사용자의 현 위치와 최근접 정류장이 연세대 정류장 일지라도 신촌로터리까지 도보로 이동할 경우 보다 신속하게 버스를 이용할 수 있다면 신촌로터리 정류장을 사용자에게 제시한다. 둘째, 현재 시점뿐만 아니라 미래 시점에서의 최적 정류장을 제시할 수 있다. 예를 들어 30분간 신촌지역에서 업무를 수행하고 나서 동대문으로 이동

한다고 하면, 사용자는 본 시스템에 30분 후에 동대문 방향의 버스가 도착하게 될 최적의 정류장을 검색할 수 있으므로 30분간의 업무 처리 시의 동선을 계획할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련 연구로 위치 기반 서비스에서 필수적으로 사용되는 시공간 데이터베이스에서의 질의 종류 및 본 연구와 관련된 기존의 서비스로 Nate의 '버스도착 알람이'를 분석한다. 제 3장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 시스템에서 최단 시간 경로를 위한 질의를 정의하고, 제 4장에서는 효율적인 질의 처리를 위한 자료 구조를 정의한다. 제 5장에서는 검색 알고리즘을 소개하고 제 6장에서는 실험계획, 제 7장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련연구

시공간 데이터베이스에서의 질의는 크게 이동 객체의 정적인 위치 검색[1][3][6], 현재 위치 검색 및 이를 기반으로 한 미래 위치 예측[2][5], 궤적 검색의 세 가지로 나눌 수 있다[4]. 그러나 위의 세 가지 질의 유형은 버스와 같이 고정된 궤적을 가지고 이동하는 객체에 대한 질의를 구제적으로 다루고 있지 않다.

현재 모바일 상에서 서비스 되고 있는 교통 정보 시스템으로 SK Telecom에서 서비스하고 있는 Nate[7] '버스도착 알람이'가 있다. 이 서비스는 ① 즐겨 타는 노선, ② 내 주변 노선 검색, ③ 첫째 자리 번호 검색, ④노선번호 직접입력, ⑤ 목적지 도착 예상 시간으로 나누어져 있다. ①은 사용자가 즐겨 타는 노선을 등록하고 관리할 수 있게 해주고, ②는 현재 자신의 위치를 기반으로 주변 정류장을 검색할 수 있도록 한다. ③과 ④는 직접 버스의 노선 번호를 입력하여 검색하는 방식이고, ⑤는 버스가 목적지까지 도착하는데 소요되는 시간을 알려준다. 만일 사용자가 ②를 선택하게 되면 우선 사용자는 버스 노선 번호에 대한 정보를 받게 되고 목적지 방향을 선택하여야 한다. 그러면 해당 버스가 정차하는 정류장 목록을 보여주며 특정 정류장을 선택하면 도착 예정 시간을 알려준다.

이러한 서비스를 이용하는 대부분의 사용자는 최단 시간 내에 목적지로 가기 위한 버스 노선과 정류장 그리고 소요되는 시간에 대한 정보를 검색하길 원한다. 그러나 Nate의 교통 정보 서비스는 목적지로 가기 위한 버스 노선의 번호뿐만 아니라 정류장

이름에 대한 사전 지식이 필요하며, 현재 시점에 대한 질의만 가능하고, 도보 이동 시간을 고려하지 않기 때문에 사용자의 요구 사항을 충분히 만족시키지 못한다는 단점이 있다.

3. 질의 유형 및 결과

본 논문에서 처리하고자 하는 질의는 사용자의 현 위치에서 정류장까지의 이동 시간, 도착 정류장에서 목적지까지 이동 시간 등을 고려하여 목적지로 가장 빠르게 이동할 수 있는 버스 및 정류장을 검색하는 것이다. 따라서 질의는 ①사용자의 현재 위치: (x,y), ②이동하고자 하는 목적지, ③승차하고자 하는 시간: (t분 후)와 같이 세 가지의 항목으로 이루어진다. 이때 첫 번째 항목인 사용자의 현재 위치는 GPS를 통하여 모바일 장비에 전송된다고 가정한다. 두 번째 항목인 목적지는 사용자가 이동하고자 하는 곳의 주요 건물 및 장소 명을 입력하는 것으로 한다. 세 번째 항목은 버스를 이용할 시점으로, 현재 또는 t분 후의 형태로 입력하도록 한다. 이와 같은 질의의 예는 다음과 같다.

- ① 현재 나의 위치에서 롯데월드까지 가는데 이용 가능한 버스를 검색하여라.
- ② 현 지역에서 30분 후에 서울역으로 이동하려고 한다. 30분 뒤에 가장 빠르게 서울역으로 갈 수 있는 버스를 검색하여라.

위와 같은 질의 처리 후, 사용자의 모바일 기기로 전송되는 검색 결과와 부가 정보는 그림 1과 같다.

정류장 이름	
정류장까지 도보소요시간:	
버스 번호:	
버스 도착까지 걸리는 예상 시간:	
도착 정류장까지 걸리는 버스 운행시간:	
도착 정류장 이름:	
도착 정류장에서 목적지까지 도보로 걸리는 시간:	
총 소요시간:	
버스 번호:	
버스 도착까지 걸리는 예상 시간:	
.....	
.....	

그림 1. 모바일 기기로 전송된 검색결과와 부가정보

4. 질의 처리 방안

본 장에서는 3장에서 정의한 질의를 처리하기 위

한 시스템 아키텍처 및 자료 구조를 제안한다.

4.1 질의 처리 프로세스

그림 2에 본 논문에서 제안하는 교통 정보 시스템의 질의 처리 프로세스를 보인다.

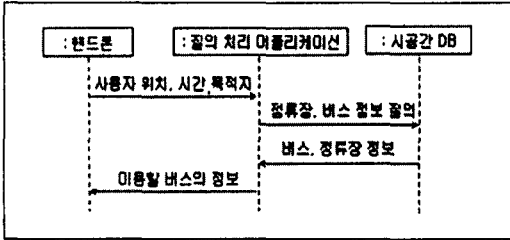


그림 2. 질의 처리 프로세스

모바일 기기를 통해 사용자의 위치와 원하는 승차 시간, 그리고 목적지를 질의 처리 어플리케이션의 입력으로 보내면 질의 처리 어플리케이션은 시공간 DB에 정류장과 버스에 대한 정보를 요청하고, 검색 결과로 이용 가능한 버스에 대한 정보가 질의 처리 어플리케이션을 통해 사용자 모바일 기기로 보내게 된다.

4.2 차량 및 정류장 정보의 저장

사용자 질의를 효율적으로 처리하기 위한 스키마 구조를 그림 3에 보인다. 스키마는 크게 차량 정보, 버스 노선 정보, 정류장 정보로 구성되며, 차량 스키마의 속성 Time_From_LastS와 버스 노선도 스키마에서의 속성 Predicted_t는 버스의 도착 예상 시간을 계산하기 위한 것으로, 4.3절에서의 지수 이동 평균에 의해 계산된 값을 저장한다. 또한, 사용자의 최종 목적지 입력이 주요 건물이나 장소 명으로 입력되므로 정류장 스키마의 속성 Nearby_building or Region에 정류장 주변의 주요 건물 및 장소 명을 저장한다.

차량 스키마 (BUS)

Bus_ID	Route_Num	Current_Loc	Last_SID	Time_From_LastS
--------	-----------	-------------	----------	-----------------

Bus_ID: 차량 번호
 Route_Num: 노선 번호
 Current_Loc: 이동 객체의 현재 위치
 Last_SID: 최근 지나간 정류장 ID
 Time_From_LastS: 최근 지나간 정류장에서부터 현재 위치까지 걸린 시간

버스 노선도 스키마 (ROUTE)

Route_Num	<(Stop_SID, Predicted_t), (Stop_SID, Predicted_t),...>
-----------	--

Route_Num: 노선 번호
 Stop_SID: 정류장 ID
 Predicted_t: 해당 정류장에서 다음 정류장까지 걸리는 데 걸리는 예상 시간

정류장 스키마 (BUS_STOP)

Stop_SID	S_Location	S_Name	{(Nearby_building or Region, B_Location)}
----------	------------	--------	---

Stop_SID: 정류장 ID
 S_Location: 정류장 위치 (x,y)
 S_Name: 정류장 이름
 Nearby_building or Region: 정류장 근처 주요 건물 혹은 지역의 이름
 B_Location: 건물 혹은 지역의 위치 (x',y')

그림 3. 데이터베이스 스키마

4.3 예상 도착 소요시간의 계산

차량의 도착 시간은 보통 일정하게 유지되나, 계절적 요인이나 행사 유무, 차량 이용자 수의 증감, 도로 상황에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 사전에 정해 놓은 고정된 도착 시간만으로는 차량의 정확한 도착 시간을 예측할 수 없다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 완화시킬 수 있는 방법으로 지수 이동 평균(Exponential Moving Average)을 이용하며, 이는 다음 식으로 정의된다.

$$P_0 = T_0$$

$$P_{n+1} = \alpha T_n + (1-\alpha)P_n \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

여기서 T_n 은 n번째 실제 정보이고, P_n 은 n번째 예측 값이다. α 는 최근 정보와 과거 누적된 정보의 상대적인 가중치를 조절하는 매개변수 역할을 한다. 즉, α 가 1이면 예측할 다음 정보에 최근의 정보만을 반영하는 것이고 α 가 0이면 최근의 정보는 무시하고 과거 누적된 정보만을 중요하게 여기는 것이다.

따라서 이 식을 사용해 버스 노선도 스키마의 예상 도착 소요 시간을 GPS를 사용해 측정한 현재 정보(T_n)와, Predicted_t에 저장된 과거의 예측 정보(P_n)를 사용하면 다음 예상 도착 소요 시간(P_{n+1})을 갱신하여 저장할 수 있다.

5. 질의 처리 방안 알고리즘

본 장에서는 실제 어플리케이션에서의 검색 알고리즘에 대해 살펴본다. 우선 출발지 (x,y)는 사용자의 위치로 GPS를 통해 모바일 기기로 송신되는 것을 전제로 한다. 그림 4에 최단 시간 경로 검색을 위한 질의 처리 알고리즘을 보인다. S는 출발 정류장 집합, D는 도착지 정류장 집합, Avail_B는 이용

가능한 버스 노선 집합을 나타낸다. 그리고 t_1 은 출발 정류장까지 도보로 이동하는데 걸리는 시간, t_2 는 사용자가 버스를 기다리는 시간, t_3 는 버스를 타고 도착정류장으로 이동하는데 걸리는 시간, t_4 는 도착 정류장에서 목적지까지 도보로 이동하는데 걸리는 시간을 의미한다. Arrival_time은 버스가 s정류장에 도착하는데 걸리는 시간이다.

```

Search ((x,y), destination, time t)
{
  /* (x,y): 출발지
  destination: 목적지 주요건물 혹은 지역 명
  t: 버스를 이용할 시각 */

  S = (x, y)와 가까운 정류장 집합;
  D = destination과 가까운 정류장 집합;
  Avail_B = S와 D의 정류장을 지나는
  버스 노선 집합;

  Avail_B의 각 노선 r에 대하여
  {
    s = 출발지 정거장
    d = 도착지 정거장
    b = 노선 r을 지나는 버스 중 t 시각 이후
    최초로 s 정거장에 도착하는 버스

     $t_1$  = (x, y)에서 s까지 도보로 이동하는데
    걸리는 시간;
    Arrival_time = 버스 b가 s에 도착하는데
    걸리는 시간
     $t_2$  = Arrival_time-t1; /* 버스를 기다리는 시간 */
     $t_3$  = 버스 b가 s에서 d까지 가는데
    걸리는 시간;
     $t_4$  = d에서 destination까지 도보로 이동하는데
    걸리는 시간;

    (s, d, b, t1, t2, t3, t4) 를 result 에 추가;
  }

   $t_1+t_2+t_3+t_4$  에 따라 result 를 내림차순 정렬
  result; 반환
}
    
```

그림 4. 질의 처리 알고리즘

6. 실험 계획

본 논문에서 제안하는 교정 정보 시스템은 버스 노선 정보를 그 대상으로 하고 있다. 따라서 실험에

서는 현재 서울 지역에서 운행 중인 728개의 버스 노선 정보를 이용하며, 모든 버스의 기본 운행 간격은 좌석 버스의 운행 간격인 10~20분으로 동일하게 적용한다. 또한, 각 정류장을 이동하는데 소요되는 시간은 정류장간 거리가 일정하지 않으므로 5~15분 사이의 임의의 난수를 사용한다.

구현을 위한 플랫폼으로는 핸드폰 시뮬레이터를 모바일 기기로 이용하며, J2ME로 질의 처리 알고리즘 및 사용자 인터페이스를 구현할 계획이다.

7. 결론 및 향후 연구 과제

모바일 기기의 보급률이 높아지고, GPS에 기반한 위치 기반 서비스의 활용 분야가 더욱 더 넓어짐에 따라 사용자의 욕구를 충족시켜줄 수 있는 어플리케이션의 개발은 시급한 과제가 되고 있다.

본 논문에서 제안한 모바일 기기를 위한 위치 기반 교통 정보 시스템은 차량의 정류장간 운행 시간을 지수 이동 평균을 사용해 저장, 관리하므로 저장 공간 소모량을 작게 관리할 수 있다는 장점이 있다.

향후에는 본 논문에서 제안한 시스템을 개발하여 실제 현장에서 적용할 수 있게 하고, 본 논문에서 언급되지 않은 다양한 위치 기반 서비스의 활용 분야를 모색할 계획이다.

참고문헌

- [1] N. Beckmann, H.-P. Kriegel, R. Schneider, B. Seeger: The R*-Tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles. SIGMOD Conference 1990: 322-331
- [2] Jamel Tayeb, Ozgur Ulusoy, and Ouri Wolfson, "A quadtree-based dynamic attribute indexing method," The Computer Journal, pp. 185-200, 1998
- [3] M. Nascimento and J. Silva, "Towards Historical R-trees," ACM SAC, 1998
- [4] Dieter Pfoser, Christian S.Jensen, Yannis Theodoridis, "Novel Approaches to the Indexing of Moving Object Trajectories", In Proc. Of the VLDB Conference, pp.395-406, 2000
- [5] S. Saltenis, C. Jensen, S. Leutenegger, and M. Lopez, "Indexing the position of continuously moving objects," Proceedings of ACM SIGMOD Conf., 2000
- [6] X. Xu, J. Han, W. Lu, "RT-tree: An Improved R-tree Index Structures for Spatiotemporal Data," Int'l Symp. on Spatial Data Handling, 1990
- [7] <http://www.nate.com>