The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 16, No. 1, pp. 65-77, April 2008

실시간 제약을 고려한 RFID 기반 주차 경로 안내 시스템

강구안* · 김진덕**

A System of Guiding Path for Parking Lots based on RFID to Consider Real-time Constraints

Ku-an Kang* · Jin-Deog Kim**

요 약

GPS를 이용하여 이동 차량의 현재 위치를 정의하는 기술이 많이 연구되어 왔다. 그러나 GPS를 이용한 차량안내 시스템은 실시간으로 변하는 주차 상황과 도로 조건을 고려한 최적화된 주차 경로를 검색하는데 어려움이 있다. 또한, GPS 시스템은 고층 빌딩, 지하주차장과 빌딩내부 도로에서는 동작하지 못한다. 반면, RFID를 사용할 경우 도심의 밀집지역내에서도 실시간 주차 및 도로 현황을 반영할 수 있다.

이 논문에서는 실시간 제약 조건을 고려한 RFID 기반 주차경로 안내 시스템을 제안한다. 구현 결과는 주차장 및 도로 정보의 변화를 즉시 감지한 후 새로운 경로를 적절히 안내할 수 있음을 보여 주었다. 이동 중 주차장이 만차일 경우 시스템은 즉시 새로운 경로를 재추출해서 고객의 모바일 단말기로 전송한다. 그리고 지정된 경로상의 도로가 갑작스런 사고나 공사 중일 때는 우회 경로를 안내한다. 제안한 기법은 진보된 통합 주차 관제 시스템에서 유용하게 사용될 것이다.

주요어 : RFID, GPS, 실시간 제약, 통합 주차관제

ABSTRACT : There have been many studies and technologies that define a current location of a moving vehicle with GPS(Global Positioning System). However, the navigation system with GPS has troubles to search an optimized route considering data such as realtime parking status and road conditions. Moreover, the GPS systems show malfunction in the downtown with very tall buildings, underground parking lot and the inside of buildings. On the contrary, the RFID systems are able to reflect real-time status of parking lots and roads in the

*동의대학교 컴퓨터공학과 박사과정
**동의대학교 컴퓨터공학과 부교수

downtown.

This paper proposes a system of guiding path for parking lots to consider real-time constraints based on RFID. The results obtained from the implemented system show smooth guiding of a new route after immediately sensoring the change of the information of parking lots and roads: if a parking lot that a vehicle is heading to is fully occupied, the system re-searches a new route for a neighbor parking lot and immediately transfers it to customer's mobile, and if the designated route is under construction, the system guides a detour path. The proposed method will be useful for advanced integrated parking control system.

Keywords : RFID, GPS, Real-time Constraints, Integrated Parking Management System

1. 서 론

현재 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 이동 중인 차량의 현재 위치를 파악하고 최적의 주행 경로를 탐색하는 연구가 많이 되어 있다[(Pallottino, 1998), (Winter, 2001), (Kaindl, 1997), (H. Lee, 2004), (S. Lee, 2004)]. 그러나 GPS만을 이용한 경로 안내 시스템은 도심에서의 GPS 수신율 한계와 실시간 정보를 활용한 능동적인 경로 안내가 어렵다는 단점이 있다.

그리고 주차장 관리는 주로 RFID를 이용하여 입차/출차 관리를 하고 있으며, 여러 개의 주차장을 통합하여 관리하는 시스템의 개발이 시도되고 있다[(Ostojic, 2007), (Pala, 2007), (강구안, 2008)]. 이러한 통합 주차관제 시스템은 GPS 없이 RFID 리더기 Tag를 부착한 고객의 차량이 상권으로 진입했을 경우 RFID 리더기에서 Tag정보를 읽어 미들웨어에 전달하고, 미들웨어는 Tag 데이터를 정제 및 판별하여 서버에 전달하여 통합관리한다. 그러나 기존의 연구는 주차장 현황의 변경등과 같은 실시간 제약 조건을 고려하지 않고 있다.

따라서 이 논문에서는 전술한 RFID 기반 통합 주차 관제 시스템[강구안, 2008]에서 각 주차장의 실시간 주차 가능 현황과 주차장으로 향하는 도로 상황의 실시간 변화를 통신을 통해 실시간으로 서버의 DB에서 관리하며, 이러한 변경에 영향을 받는 모바일 단말기에 새로운 경로가 포함된 지도 정보를 즉시에 전송하여 최적의 주차 경로를 안내하는 시스템 구현을 목적으로 한다.

구체적으로 차량이 이동 중 발생할 수 있는 여러 가지 실시간 상황 중에 만차 등의 해결 방법을 제안하고 실시간 도로조건에 따른 경로 추출 방법 등을 제안한다.

구현 및 테스트를 통해 실시간 주차현황을 고려한 최적 경로 추출 기법도 원활히 동작함을 보이고자 한다.

이 논문에서 제안한 기법을 적용한 통합 주차관제 시스템은 기존 GPS를 이용한 경로 안내 시스템과 달리 다음과 같은 장점이 있다 첫째, RFID만을 이용하기 때

문에 주차장관리에서부터 고객차량의 경로 안내까지 RFID로 일원화할 수 있다. 둘째, 주차장현황과 도로 상황의 변화와 같은 실시간 제약 조건을 고려한 최적의 주차장 경로 안내가 가능하다는 장점이 있다. 셋째, 고객이 주어진 경로를 이탈하였을 경우, 다소의 일정 거리 및 시간이 지체된 후 경로 이탈이 확인되는 GPS 기반 시스템과는 달리 본 시스템은 안테나가 Tag를 인식하는 즉시 경로 이탈을 확인할 수 있다. 넷째, 복잡한 도시의 빌딩 숲이나, 주차장으로 향하는 빌딩 내부, 지하 주차장에서 경로 안내가 가능한 장점이 있다. 따라서 이 논문에서 제안한 기법은 진보된 통합 주차 관제 시스템에서 유용하게 사용될 것이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RFID 시스템 및 주차관제 시스템, 제약 조건을 고려한 경로 안내 시스템에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 이 논문에서 제안하는 실시간 제약 조건을 고려한 최적 주차장 경로 추출 기법에 대해 자세히 설명한다. 4장에서는 이 논문에서 적용하는 통합 주차 관제 시스템의 구조를 설명하고, 구현 결과를 중심으로 설명한다. 마지막으로 5장에서 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

우선, RFID를 이용한 주차관제 시스템과 주차장으로 향하는 경로 검색 모델에 관한 연구들에 대해 살펴보고자 한다.

Ostojic(2007)은 RFID 기술을 이용하여 세르비아의 Novi Sad시의 주차장 접근 제어 시스템을 구축하였다. 주차장마다 다른 요금 체계에 따른 인력투입 비용과 주차 요금 정산을 하지 않은 채 도시 내의 타 주차장을 주차하는 문제를 RFID와 네트워크를 통해 연결된 중앙 관제시스템을 둠으로써 해결하였다. 그리고 사용자는 모바일 단말기를 통해 문자메시지로 받아 유휴 주차장을 확인할 수 있도록 하였다.

Pala(2007) 또한 RFID 기술을 이용한 통합 주차 시스템을 제시하고 있지만, check-in과 check-out의 기록 및 과금을 통합 처리하는 시스템이다. 따라서 기존의 주차장 진출입시 발생하는 정지현상을 줄여 교통 체증을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 이 시스템은 모의 주행환경을 구축하여 성능을 검증하였다.

강구안(2008)은 RFID를 이용한 경로 안내 시스템에서의 방향인식 기법을 제시하고 있다. 이 연구에서는 이 기법을 바탕으로 통합 주차 관제 시스템을 구현하여 원활이 동작함을 보이고 있다. 통합관제 시스템의 구성 모듈과 주요기능을 다음과 같다.

통합 주차관제 서버의 기능은 미들웨어에서 받은 RFID 리더기 위치와 Tag의 안테나 순서 정보를 이용하여 DB의 경로 테이블에서 최적 주차장 경로를 추출한다. 이 때 DB에는 주차 현황과 도로 상황이 실시간 기록된다. 그리고 추출한 경로를 모바일 단말기에 전송한다.

미들웨어는 현재 지역 내에 존재하는 모든 태그에 대해 서버로부터 검색된 경

로를 받아 CPT(Current Path of Tag)에 저장을 하고 현재 통합 주차관제영역에 진입한 모든 차량의 경로관리와 모든 차량의 목적지 주차장 이동을 관리하는 역할을 한다. 고객 모바일 클라이언트는 경로 데이터를 받아 고객에게 그래픽으로 안내해주는 역할과 고객이 원하는 서비스를 단말기에서 선택하여 서버로 전달한다. 주차장 관리 클라이언트는 각 주차장마다 설치되며, 각 주차장의 주차가능한 차량 수를 실시간으로 서버에 전송하는 역할을 수행한다.

그러나 상기의 시스템에서는 사용자가 이동 중에 실시간으로 변하는 주차현황 및 도로 상황 등을 확인하는 것은 불가능하며, 원하는 주차장으로 향하는 주차 경로를 모바일 단말기로 안내받는 기능은 없다.

Thompson(1998)은 운전자의 주차장 검색 행동을 표현하는 모델을 제시하였다. 이 모델은 access, native, waiting이라는 3가지 비용 요소로 구성하였다. Access 비용은 주차장으로 주행하는 비용이며, Native 비용은 주차요금 정산 비용과 주차 후 목적지에 도달하는 도보 비용이 포함한다. 그리고 Waiting 비용은 주차장 진출입 시 소요되는 대기시간이다. 운전자마다 다양한 사전 행동 양식을 기록하고 제안한 모델에 대입하여 주차장 검색 방법의 유용성을 실험을 통해 입증하였다.

Arnott(1999)은 운전자의 유휴 주차장 검색을 위한 각 주차장의 주차 가능 대수를 확률적으로 예측하는 모델을 제시하고 있다. 주어진 면적에 존재하는 주차장 수, 각 주차장의 주차면수 등을 고려하고 있다.

위 두 연구는 수학적인 모델로서 최근에 통합 주차관제에 많이 사용되고 있는 RFID, 네트워크 연결에 의한 실시간 데이터의 활용과는 다소 거리가 있다.

다음은 도로 네트워크에서의 경로 탐색 알고리즘에 관한 연구와 본 논문에서 다루는 실시간 제약 조건을 이동객체 관점에서 다루는 연구에 관해 살펴보고자 한다.

경로 탐색을 하기 위한 알고리즘 또한 현재 많이 제안되어 있다. 제안된 대부분의 알고리즘은 Dijkstra 알고리즘[Dijkstra, 1959]과 A* 알고리즘의 응용[Jacob, 1998]들이다. 본 논문에서는 관제 영역이 중소상가 밀집지역으로 고정되어 있으므로 실시간으로 위의 탐색 알고리즘을 적용하여 경로를 탐색하는 것이 아니라 설치되어 있는 리더기와 존재하는 주차장을 대상으로 미리 A* 알고리즘을 활용하여 모든 경로를 탐색한 후 데이터베이스에 저장하는 방법을 사용한다는 점이며, 실시간 상황 정보를 보유하고 있는 데이터베이스와 연계하여 최적의 주차 경로를 추출한다.

반재훈(2003)은 제약을 가진 최소근접을 찾는 이동 질의에서 질의영역의 제한이 있으며, 질의 점은 이동이며 질의 대상은 고정을 대상으로 하여 최근접 객체를 검색했다. 이 연구에서는 질의 대상에 대해서 실시간 제약 조건을 고려하지 않았다. 이 연구와의 차이점은 본 논문에서는 질의 영역은 고객이 지정한 주차장의 RFID에 인접한 주차장들이다. 질의 점을 주차장으로 보고 주차장의 실시간 현황을 고려하여 최근접 주차장 경로를 검색했다.

3. 실시간 제약을 고려한 최적 주차장 경로 추출 기법

3.1 경로 추출을 위한 테이블 정의

RFID로부터 판별된 방향정보를 이용하여 최적 주차장 경로를 추출 하기위해서는 다음과 같은 테이블들이 필요하다.

① 사용자 테이블 : 고객의 RFID Tag ID, 고객 명, 고객의 휴대전화 번호 등이 기록된다. RFID Tag ID는 미들웨어에서 인식을 하기 위함이며, 고객의 모바일 단말기 전화번호는 WIPI 플랫폼을 통해 경로 및 출력할 데이터를 모바일 단말기로 보낼 때 사용된다.

② 경로 테이블 : 각각의 RFID 리더기에서 모든 주자장까지의 최적의 주차장 경로를 관리한다. 이 때 경로는 통합 관리되는 지역의 도로 정보를 이용하여 사전에 A*-알고리즘을 이용하여 가능한 모든 경로를 사전에 추출해 놓는다. 각 리더기마다 진입 방향과 진출방향에 따른 모든 경우의 경로를 보유하고 있다. 이 논문에서는 소규모 중소 상가 밀집 지역에서 운영되는 경로 안내 시스템이므로 사전 탐색 방법에 의한 경로 저장도 큰 부담이 되지 않는다.

③ RFID 리더기 테이블 : 각각의 RFID 리더기와 연관된 최근접 주차장 이름을 관리한다. 현재 위치에서 최근접 주차장 경로를 검색할 때 현재 리더기의 최근접 주차장 정보를 검색할 때 사용한다. 각 리더기로부터 해당 주차장까지의 거리가 Val 필드에 저장된다. 이 논문에서는 각 리더기의 최근접 주차장 정보를 리더기마다 3개씩 보유한다.

④ 주차장 테이블 : 주차장 관리 클라이언트의 정보를 관리 한다. 이 테이블은 주차현황을 실시간 적용하여 서버가 실시간 제약 조건을 고려한 경로 추출에 중요한 역할을 한다. 주차장 테이블은 각 주차장마다 현재 주차 가능한 대수값을 보유하고 있다.

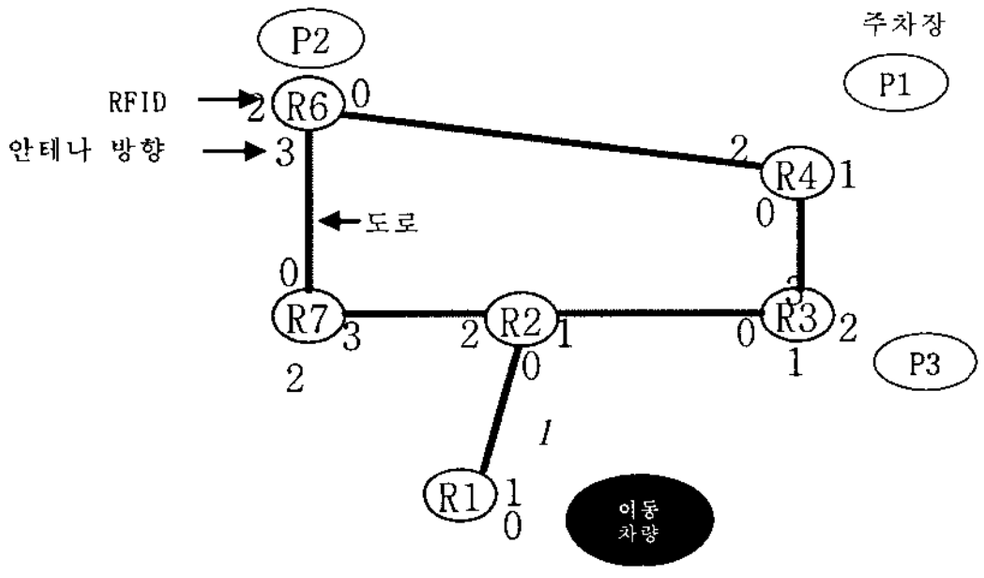
⑤ Map 테이블 : 고객의 단말기에 지도를 보내주기 위한 지도 데이터를 저장하고 있다. 실제로 MAP데이터의 용량이 크기 때문에 전송 시에 많이 고려해야 되는 부분이다. 이는 Flag의 변화에 따라 MAP 데이터 전송 유무를 결정한다.

⑥ CPT(Current Path of Tag) 메모리 배열 : 이 데이터는 미들웨어에서 관리하는 정보로서 현재 상권 내에 진입한 모든 고객의 Tag_ID와 이동할 경로 문자열(String)로 보관하고 있다. 또한 각 고객의 목적지 주차장이 포함되어 있다. 그리고 고객이 이동할 때 마다 지나간 경로는 문자열에서 삭제하는 작업을 미들웨어에서 한다. 따라서 CPT는 모든 Tag의 현재 위치로부터 목적지까지의 경로에 대한 최신성을 유지한다. 또한 이동 중 목적지 주차장이 만차가 되었을 경우 그 목적지 주차장이 해제될 것을 감안하여 현재 경로 및 목적지 주차장에 대한 이력 기록을 남겨둔다. CPT는 고객 Tag_ID가 상권을 벗어났다고 미들웨어에서 감지될 경우 해당 Tag_ID에 해당하는 모든 기록을 삭제하는 등 동적으로 메모리에서 관리된다.

⑦ 도로 예외 상황 메모리 배열 : 이 데이터는 현재 진행이 불가능한 도로에 대한 정보를 보관하고 있다. 경로 추출시에 해당 도로가 포함된 경로가 있을 경우 그 경로를 제외한 나머지 경로를 안내 대상으로 삼는다.

3.2 DB와 연계한 주차장 경로 추출 방법

[그림 1]은 DB에서 경로추출 방법을 설명하기 위한 가상 도로이다. 이 가상 도로를 예로서 경로테이블 정의, RFID 리더기 테이블 정의는 다음과 같다. P1, P2, P3은 주차장 이름이다. 그리고 R1~R7은 RFID의 위치를 나타내고 0, 1, 2, 3은 안테나의 위치를 나타낸다. <표 1, 2>는 [그림 1]의 경로 추출을 위한 테이블들이다. <표 1, 2>에서는 모든 데이터를 표현하는 것이 아니라 일부만을 보여주고 있다.



[그림 1] 경로 추출 용 도로 예

<표 1> 경로 테이블의 예

R-ID	Park	Ant1	Ant2	R-Path
R2	P1	0	1	R2,0,1R3,0,3R4,0,1
R2	P1	0	2	R2,0,2,R73,0,R63,0,R4,2,1
…	…	…	…	…

<표 2> RFID 리더기 테이블의 예

R-ID	Ant1	Ant2	Park	Val
R1	0	1	P3	5
R2	0	1	P3	3
…	…	…	…	…

예를 들어 현재 고객의 위치가 R2일 때 최근접 주차장인 P2로 가기 위한 경로 추출은 다음과 같은 과정을 거친다. 현재 이동 차량의 진행은 RFID 리더기 R2에서 안테나 방향 0과 2번을 지나고 있다고 가정한다.

① 먼저 RFID 리더기 테이블에서 현재 위치 R2 안테나 0번과 2번에서 제일 가까운 주차장 이름을 RFID 리더기 테이블에서 검색한다. 검색결과는 P2이다.

R-ID	Ant1	Ant2	Park
R2	0	2	P2

② 현재 위치 R2, 0, 2와 최근접 주차장 P2를 검색 조건으로 <표 1>의 경로 테이블과 동등 조인(Equi-Join)을 하면, R2의 0번 안테나를 거쳐 2번 안테나로 나갈 경우의 P2까지의 경로를 아래와 같이 추출할 수 있다.

R-ID	Park	Ant1	Ant2	R-Path
R2	P2	0	2	R7,3,0,R6,3,2

③ 이 검색된 경로 데이터(R-Path)를 고객의 모바일 단말기에 전송하면, 이미 전송되어 있는 모바일 단말기의 GIS 지도 위에 새롭게 전송된 경로를 보여 준다.

3.3 실시간 제약 조건 해결 기법

지금까지는 이동 차량이 현재 위치에서 지정된 경로를 예외 사항 없이 지정된 주차장에 도착한 경우의 예를 들었다. 그러

나 실제 이동 차량이 지정된 주차장에 도착하는 과정에 다음과 같은 많은 실시간 제약 조건이 발생할 수 있다.

첫째, 이동 중 지정된 주차장이 만차가 발생하는 경우이다. 이 경우 새로운 주차장을 향하는 경로를 안내해 주어야 한다.

둘째, 갑작스런 사고나 도로공사로 인해 지정된 경로로 이동이 불가능할 경우 우회 도로를 찾아야한다.

셋째, 고객이 처음에 선택한 주차장이 만차로 인해 현재는 갈 수 없어 타 주차장으로 이동 중 원래 주차장에 주차가 가능하면 다시 처음에 선택한 주차장으로 고객을 인도해야 한다.

(1) 진행 중 목적지 주차장이 만차일 경우의 경로 재추출 기법

주차장이 만차가 되었을 경우 주차장 관리 클라이언트는 서버에 통신으로 보고하게 된다. 서버의 주차장 테이블의 '주차 가능 수'에 0으로 설정됨과 동시에 CPT 배열을 참고하여 해당 주차장이 경로의 마지막(최종목적지)인 Tag에 대해 새로운 인접 주차장 경로 추출을 원하는지 여부를 고객의 모바일 단말기에 전송하며, 고객이 새로운 경로 추출을 원한다고 응답했을 경우 <알고리즘 1>과 같은 인접 주차장 경로 추출 함수가 수행된다.

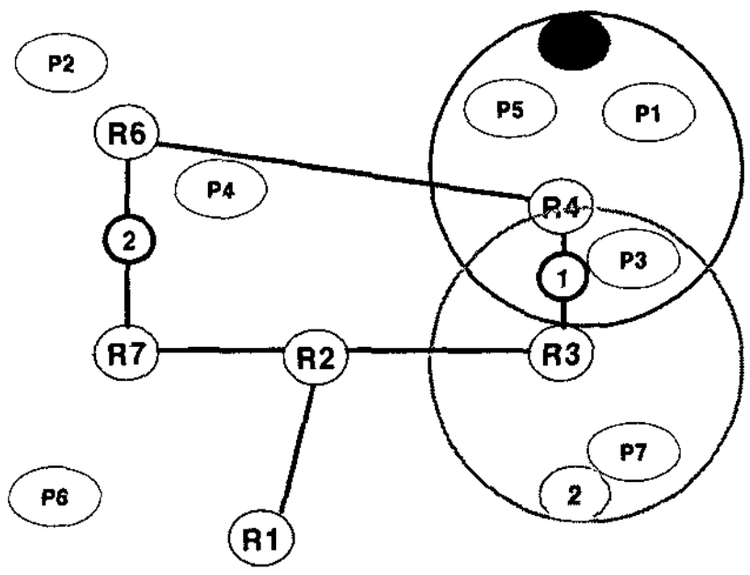
<알고리즘 1>에서 CPT로부터 만차가 된 주차장과 고객이 진행하는 방향에 존재하는 리더기 번호 및 출입하게 되는 안테나 번호를 얻는다(Step1). 그 뒤 만차가 된 주차장에 인접한 주차장을 구하는 과정(Step2)을 수행하며, Step3은 인접한 주차장 중 만차

<알고리즘 1> 인접 주차장 경로 추출 알고리즘

```
Function : 주행중 만차로 인한 새로운 경로 추출
Input : Tag_ID / Output : 새로운 경로
(STEP1) SQL1 = SELECT 경로 FROM CPT(Current Path of Tag)
               WHERE CPT.Tag_ID = Tag_ID
               F_RFID = SQL1.경로의 마지막 RFID 리더기번호
               S_RFID = SQL1.경로의 첫 RFID 리더기번호
               S_ant1 = SQL1.경로의 첫 번째 안테나 번호
               S_ant2 = SQL1.경로의 두 번째 안테나 번호
(STEP2) SQL2 = SELECT 인접주차장 FROM RFID_리더기_테이블
               WHERE R-ID = F_RFID
(STEP3) FOR_EACH( 주차장 in SQL2.인접주차장 )
        {  if(주차장 != 만차)
        {  SQL3 = SELECT 경로 FROM 경로테이블
                  WHERE 주차장.번호 = 경로테이블.주차장
                     and S_RFID = 경로테이블.RDID
                     and S_ant1 = 경로테이블.ant1
                     and S_ant2 = 경로테이블.ant2
        break; } }
(STEP4) if( SQL3.경로 == NULL STRING)
         then{ SQL2 = 인접주차장_탐색영역_확대(Tag_ID); go to (STEP3) }
         else 모바일 단말기에 SQL3.경로를 전송
(STEP5) 모바일 단말기에 새로운 경로 디스플레이
```

되지 않은 주차장에 대해 고객의 현재 위치로부터 해당 주차장까지의 경로를 추출하는 과정이다. Step4에서는 추출한 경로가 NULL이 아닐 경우 그 경로를 모바일 단말기에 전송하지만, NULL일 경우(인접 주차장이 모두 만차일 경우)는 인접 주차장을 탐색하기 위한 영역을 확대한 후 다시 Step3을 수행함을 보여준다.

인접 주차장 탐색 영역 확대는 다음과 같이 진행된다. [그림 2]에서 만약 고객이 P1 주차장을 선택하면 예비 주차장의 개수는 2개(P3, P5)이다 만약 3개의 주차장 모든 곳에 만차가 발생하면 시스템은 고객에게 더 이상 경로를 전달할 수 없다. 이런 경우에는 예비 주차장 후보를 지정된 경로의 역순으로 RFID 리더기 정보를 읽어 후보 주차장을 선정한다.



[그림 2] 지정된 주차장 인접 지역 확대

(2) 도로 예외 상황시의 우회도로 재추출 기법

이동 경로상의 도로에 여러 가지 예외 상황이 발생할 수 있다. 대표적인 것이 도로 공사, 교통사고, 상가지역의 짐 하역 또는 이벤트에 의한 진행 불가능 상황이다. 이때는 도로 상황을 실시간 적용하여 최적 경로 우회 도로를 탐색할 수 있어야 한다.

이 논문에서는 통합 관제 서버에서 도로의 예외 상황이 발생했다는 정보를 입수하게 되면, 이 예외 상황을 "도로 예외상황 배열"에 보관한다. 동시에 목적지 주차장으로 향하는 우회도로를 재추출하기 위해 <알고리즘 2>와 같은 함수가 수행된다.

RCHK을 통보받은 서버는 CPT에서 현재의 리더기 번호를 획득한다(Step1). 이 번호에서 P1으로 향하는 경로를 경로 테

<알고리즘 2> 우회 도로 재추출 알고리즘

```
Function : 우회 도로 재추출
Input : 예외도로 / Output : 새로운 경로
(STEP1) SQL1 = SELECT 경로, 목적지주차장 FROM CPT(Current Path of Tag)
               WHERE CPT.경로 contain 예외도로
               F_Park = SQL1.경로의 최종목적지 주차장
               S_RFID = SQL1.경로의 첫 RFID 리더기번호
(STEP2) SQL2 = SELECT 경로 FROM 경로테이블
               WHERE R-ID = S_RFID and Park = F_Park
(STEP3) FOR_EACH( 경로.i in SQL2.경로 )
        {  if(경로.i not_contain 예외상황인 도로) // 예외상황 도로 배열 참조
          { FOUND = TRUE }  }
(STEP4) if( FOUND == TRUE)
         then{  모바일 단말기에 경로.i를 전송 }
         else {  모바일 단말기에 우회도로가 없다고 전송}
(STEP5) 모바일 단말기에 새로운 경로 디스플레이
```

이블로부터 검색(Step2)하여 그 중 R2와 R3가 연속으로 포함되는 것을 제외(Step3)한 첫 번째 경로를 모바일 단말기에 전송한다(Step4). 경로 테이블은 각 리더기에서 좌, 우, 직진, 유턴 등을 하여 진행할 특정 주차장에 도달할 수 있는 경로를 이동거리의 오름차순으로 정렬해 놓고 있다.

(3) 최초 목적지 주차장의 만차가 해제되는 경우 경로 재추출 기법

고객은 최초로 지정한 주차장에 주차하기를 원한다. 그런데 최초로 지정한 주차장이 상권진입시에 이미 만차이거나, 상권진입시에는 주차가 가능하여 이동하였지만 이동 중 해당 주차장이 만차일 경우 새로운 주차장에 대한 경로를 안내받는다. 고객이 새로운 주차장으로 이동 중에 최초 목적지 주차장의 만차가 해제되었다면 그 주차장으로 안내해 주어야 한다. 이를 위해 <알고리즘 3>과 같은 함수가 호출된다.

이 논문에서는 최초 주차장 관리 클라이언트으로부터 만차 해제를 서버가 통보받았다면 CPT에 보관중인 최초 목적지 주차장에 대한 이력 정보를 활용(Step1)하여 그 고객에게 최초 목적지 주차장에 대한 경로를 추출(Step2)하여 재안내한다. 만약 고객에 재안내를 원하지 않는다면 모바일 단말기에서 재안내 취소를 선택하면 된다.

4. 시스템 구현 및 실험

4.1 통합 주차 관제 시스템 구조

통합 주차관제 시스템[강구안, 2008]은 주차관제 서버, 주차장 관리 클라이언트, RFID 리더기와 미들웨어로 구성된다. 통합 주차 관제 시스템의 서버는 Windows XP에서 구현하였으며, RFID 리더기는 900MHz를 지원하는 Alien(ALR-9780)을 사용하였다. 그리고 모바일 단말기는 상용 휴대전화(SCH-B200)와 폰 에뮬레이터를 통하여 실험을 했다. 그리고 서버 및 미들웨어의 구현은 MS-SQL 데이터베이스 Server와 Java를 이용했으며, 모바일 단말기 프로그램

<알고리즘 3> 최초 주차장 재안내 알고리즘

Function : 최초 주차장 경로 추출
Input : 만차해제최초주차장 / **Output :** 새로운 경로
(STEP1) SQL1 = SELECT Tag_ID, 경로 FROM CPT(Current Path of Tag)
WHERE CPT.History_Park = 만차해제 주차장
F_RFID = 만차해제 최초주차장
S_RFID = SQL1.경로의 첫 RFID 리더기번호
S_ant1 = SQL1.경로의 첫 번째 안테나 번호
S_ant2 = SQL1.경로의 두 번째 안테나 번호
(STEP2) SQL2 = SELECT 경로 FROM 경로테이블
WHERE R-ID = S_RFID and Park = F_Park
and S_ant1 = ant1 and S_ant2 = ant2
(STEP3) 모바일 단말기에 SQL2.경로를 전송
(STEP4) 모바일 단말기에 새로운 경로 디스플레이

또한 J2ME를 이용하였다.

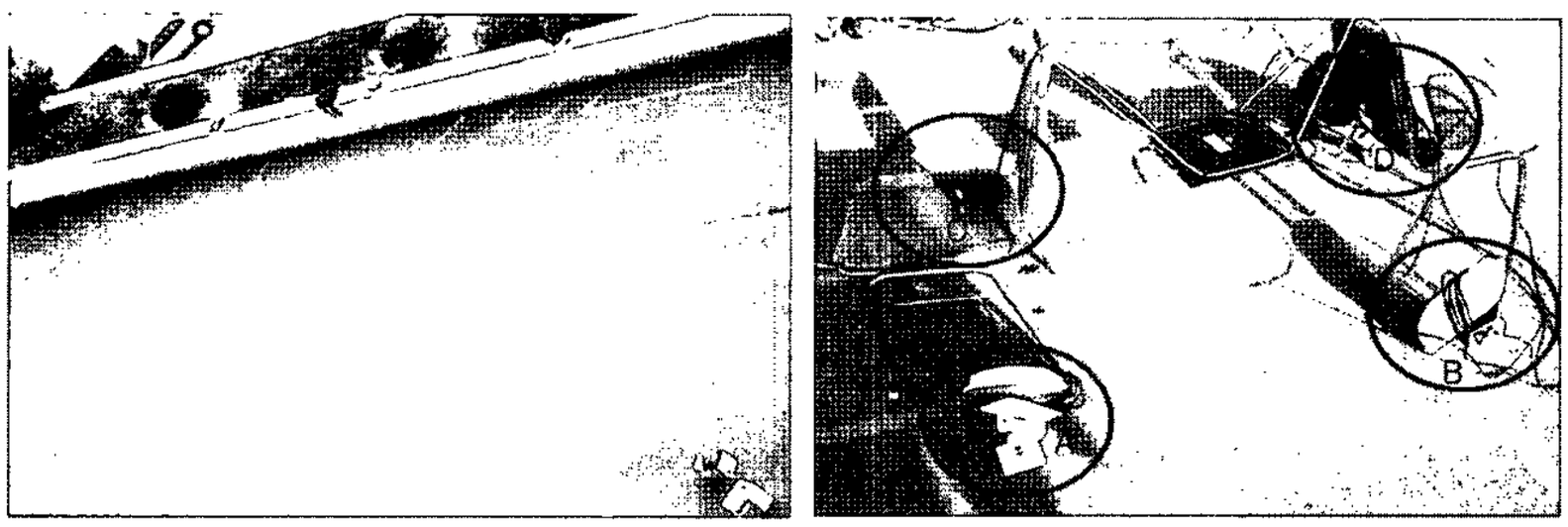
이 논문에서는 [그림 3]과 같이 도로 모형(10m × 10m)에서 실험하였다. 도로에는 직진과 사거리 조건을 주었다. [그림 3]의 오른쪽은 리더기를 설치한 모습이다. 차량의 진행 방향을 인식위해 각 진행 도로에 안테나를 설치하여 사거리 방향을 인식했다. 실제 수행 시험은 두 대의 RC Car를 이용하였다.

4.2 실험 결과

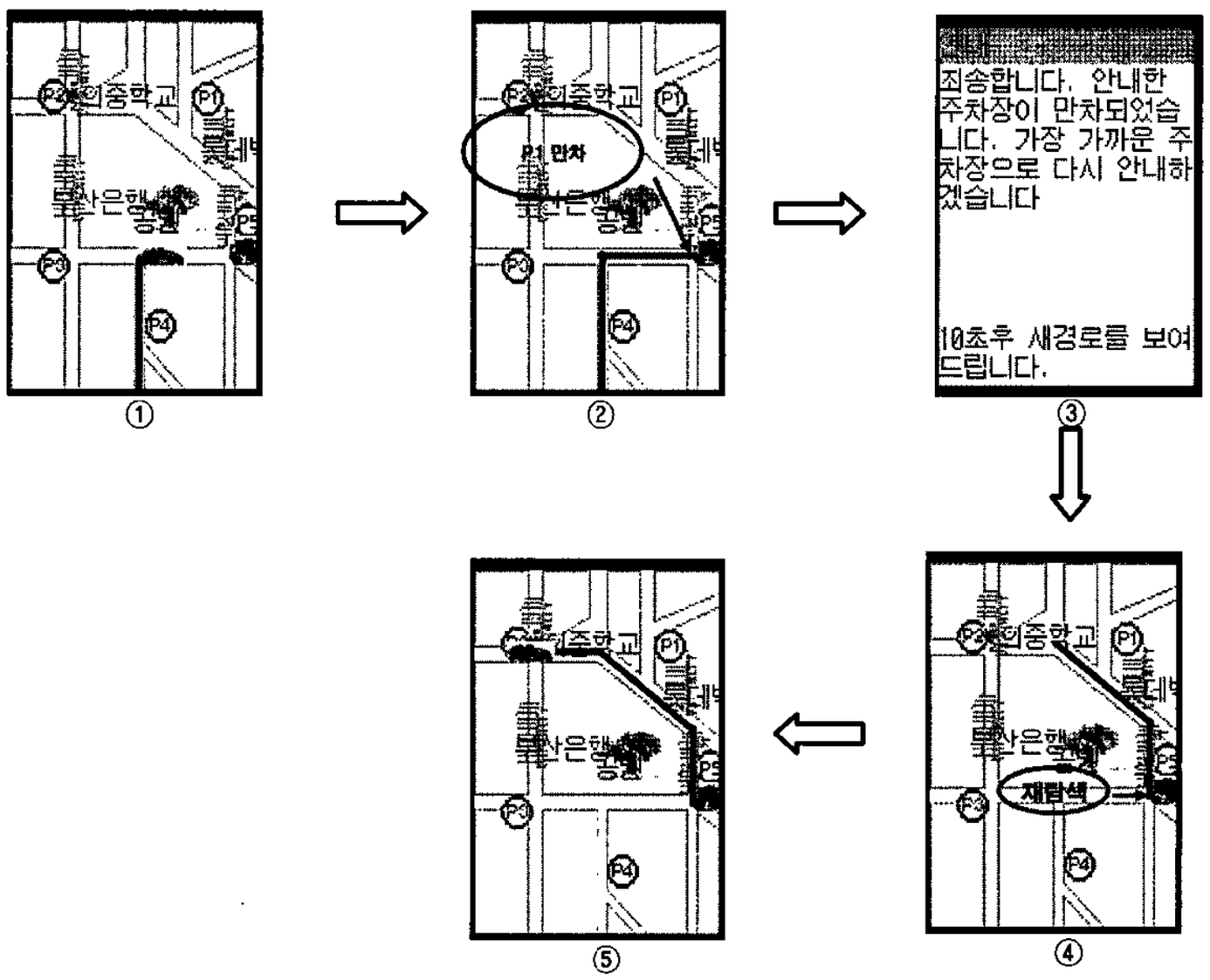
(1) 이동 중 만차인 경우 최적 주차장 재안내

이 과정을 고객이 지정된 주차장 P1으로 이동 중 지정된 주차장 P1이 만차에 의한 경로 재추출로 P2 주차장으로 이동하는 경우의 예를 [그림 4]에 나타내었다.

[그림 4]의 ①과 ②는 고객의 차량이 이미 안내된 경로를 따라 정상적으로 주행



[그림 3] 모형화한 도로



[그림 4] 지정된 주차장 이동 중 만차인 경우 최근접 주차장 재추출

하고 있는 경우이다. [그림 4]의 ③은 R2의 0번과 1번을 통과한 후 주행 중일 때 P1 주차장 관리 클라이언트는 주차관제서버에 만차정보를 보낸 실시간 제약이 발생한 경우이다. 이 때, 주차관제서버는 모바일 클라이언트에게 만차라는 메시지를 전달한다. 그리고 현재 차량의 위치 정보를 기준으로 경로를 재추출(R3, 0, 3, P2 → R4, 0, 2, P2 → R6, 0, 2, P2)하여 [그림 4]의 ④와 같이 P1의 최근접 주차장인 P2로 유도한다. [그림 4]의 ⑤는 R6의 0번 안테나와 2번 안테나를 지나 P2 주차장에 성공적으로 도착함을 보여주고 있다.

이 때 해당 주차장으로 향하는 모든 고객의 모바일 단말기에 동시에 각각의 새로운 경로를 안내해 준다. 이를 위해 전술한 미들웨어의 CPT를 이용한다.

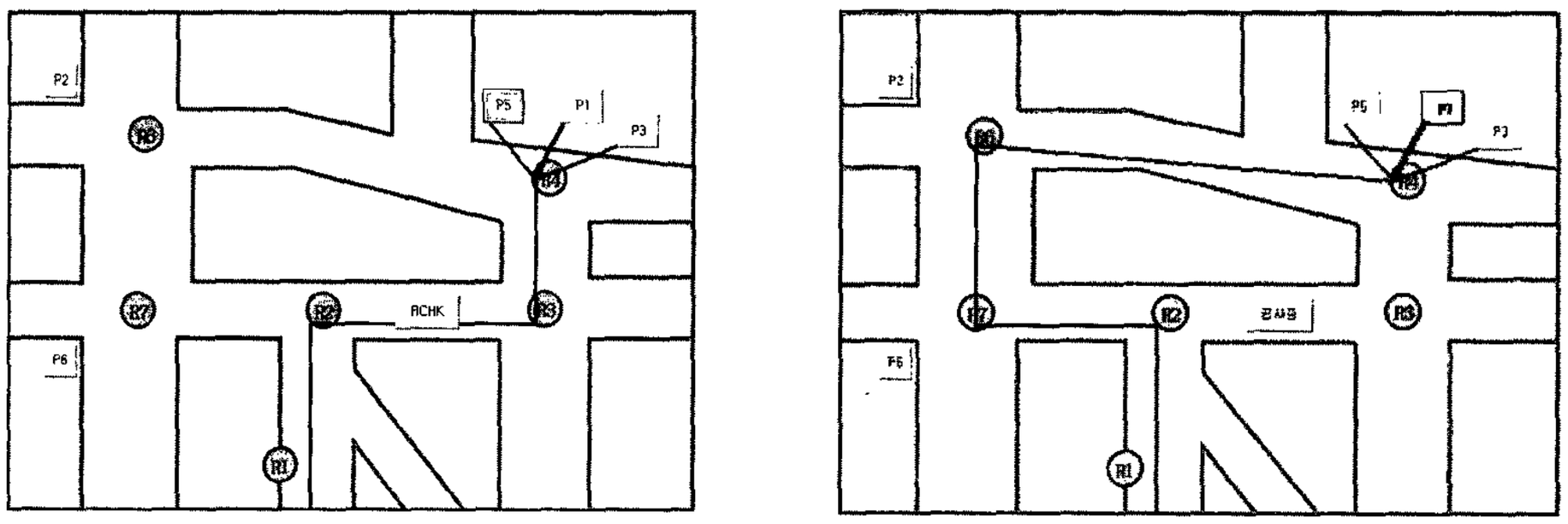
(2) 갑작스런 사고나 도로 공사 등인 경우 우회도로 재추출

[그림 5.a]와 같이 고객차량의 현재 위치는 R1, 0, 1이며, P1 주차장으로 이동하는 중 이동 경로 상에 RCHK(Road Check) 구간에 사고 발생으로 주행이 불가능함을 실시간으로 통보받으면, [그림 5.b]와 같이 새로운 우회 경로를 검색하여 모바일 단말기에 전송한다.

결과 화면은 PC Emulator 상에 출력된 것으로서 모바일 단말기의 출력과 동일하다. 단지, 모바일 단말기의 해상도가 낮음으로 인해 인식력이 떨어져 PC Emulator 결과로 대체했다.

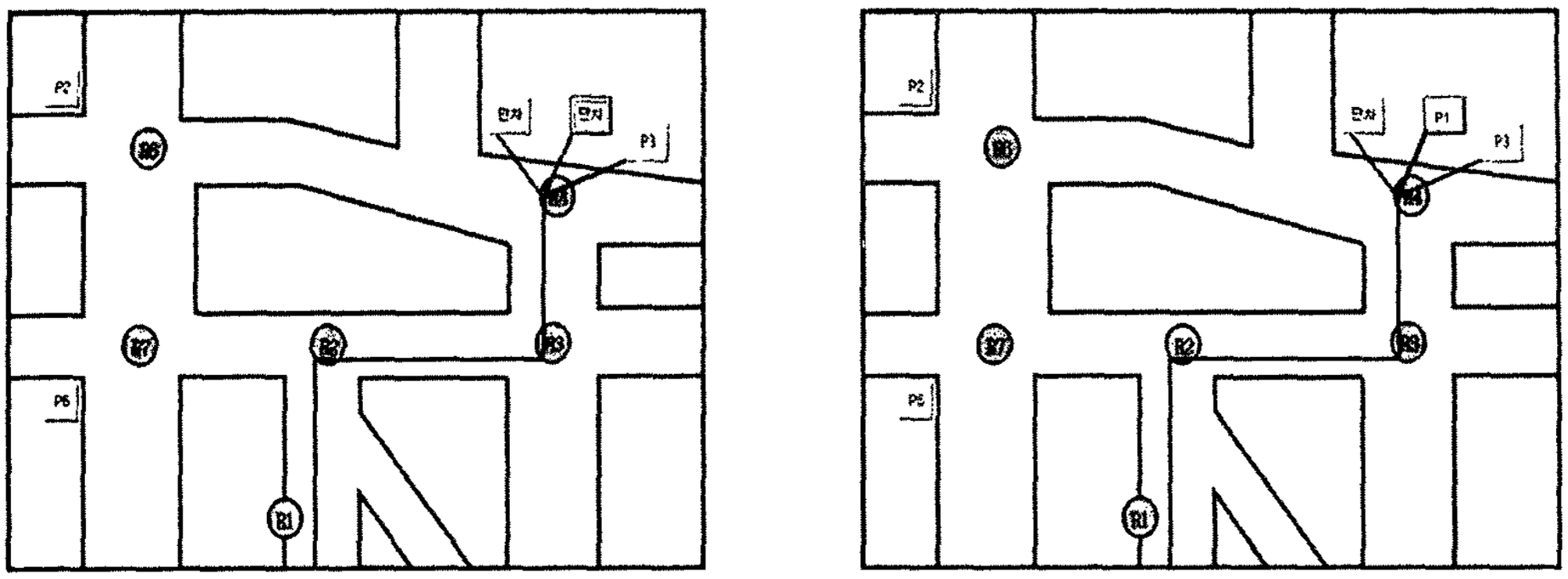
(3) 최초 목적지 주차장의 만차가 해제되는 경우 경로 재추출

[그림 6.a]는 고객이 최초 P1 주차장으로 이동 중 P1 주차장의 만차로 이웃 주차장인 P3로 향하는 경로를 새롭게 받아 진행하고 있는 상황을 보여준다. 반면, [그림 6.b]는 고객이 P3 주차장으로 이동하고 있는 도중 최초 목적지 주차장의 만차가 해제되었을 경우 경로를 P1 주차장으로 재안내하는 과정을 보여주고 있다. 이 때 CPT에 저장되어 있는 고객의 최초목적지 주차장을 참조한다.



(a) 전 (b) 후

[그림 5] 도로가 공사 중 우회도로 재추출



(a) 전 (b) 후

[그림 6] 최초 목적지 주차장으로 재안내

5. 결 론

GPS를 이용하여 이동객체의 속도, 방향 및 위치를 찾는 연구는 많이 진행되고 있고 또한 상용 제품도 많이 있다. 그러나 RFID를 이용하여 통합 주차 관제 시스템에서 실시간 주차 정보를 활용하여 최적의 주차 경로를 안내하는 시스템은 없다. 따라서 본 논문에서는 데이터베이스와 연계하여 실시간 주차 현황을 고려한 최적의 주차장을 안내하기 위한 경로 추출 기법을 제안하였다.

구체적으로 실시간 제약조건을 고려한 최적 주차경로를 추출하기 위해서 다음과 같은 경우를 고려하였다. 첫째, 진행 중 지정된 주차장이 만차인 경우는 지정된 주차장의 RFID 리더기 인접 주차장을 모두 탐색하여 최적 경로별 우선순위를 부여하는 방법을 제안했다. 둘째, 고객이 선택한 주차장인 만차에서 이동 중 만차가 해제되면 다시 검색되어 우선순위를 부여하는 방법을 제안했다. 셋째, 이동 경로가 공사 중으로 진입 불가인 경우 우회도로 재추출과 인접된 지역의 주차장을 탐색하여 우선순위를 부여하는 방법을 제안했다.

본 논문에서는 제안한 기법이 제대로 동작함을 보이기 위해 주차관제 서버, 주차장 관리 클라이언트, RFID 리더기 및 미들웨어 그리고 WIPI 기반 모바일 클라이언트로 구성된 통합 주차관제 시스템에서 실험하였다. 실험 결과 실시간 주차현황을 고려한 최적경로 안내 기법이 원활히 동작함을 보였다. 차량이 목적지 주차장으로 이동 중 만차가 되면 현재 위치에서 최적의 경로를 재추출하여 고객의 모바일 화면에 즉시 전송됨을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 구현한 RFID를 이용한 통합 주차관제 시스템은 실시간 주차정보를 제공하여 주차로 인해 소요되는 비용을 단축할 수 있다. 앞으로는 이동 중인 고객의 RFID 태그 객체 인식률을 높이기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

R. Arnott, J. Rowse, 1999, “Modeling Parking,”

Journal of Urban Economics 45, pp. 97-124.

E. W. Dijkstra, 1959, "A note on two problems in connection with graphs," Numerische Mathematik, Vol. 1, pp. 260-271.

R. Jacob, M. V. Marathe, and K. Nigel, 1998, "A Computational study of routing algorithms for realistic transportation networks," the Second Workshop on Algorithmic Engineering, NJ, 1998.

H. Kaindl, G. Kainz, 1997, "Bidirectional Heuristic Search Reconsidered," Journal of Artificial Intelligence Research, Vol. 7, pp. 283-317.

H. S. Lee, J. H. An, J. D. Kim, 2004, "Optimal Path Navigation Algorithm based on Traffic Information," Proc. of KMICS, Vol. 8, No. 2, pp. 425-428.

S. I. Lee, 2004, "Units'Path Finding Method Proposal for A*Algorithm in the Tilemap," Journal of KCSI, Vol. 9, No. 3, pp. 71-77.

G. Ostojic, S. Stankovski, M. Lazarevic, Jovanovic, V, 2007, "Implementation of RFID Technology in Parking Lot Access Control System," RFID Eurasia, 2007 1st Annual.

Z. Pala, N. Inanc, 2007, "Smart Parking Applications Using RFID Technology," RFID Eurasia, 2007 1st Annual.

S. Pallottino, M. G. Scutella, 1998, "Shortest Path Algorithms in Transportation Models: Classical and Innovative Aspects," TR, Univ. of Pisa.

R. G. Thompson, A. J. Richardson, 1998, "A Parking Search Model," Transpn Res.-A, Vol. 32, No. 3, pp. 159-170.

S. Winter, 2002, "Modeling Costs of Truns in Route Planning," Journal of GeoInformatica, Vol. 6, No. 4, pp. 345-360.

강구안, 김진덕, 2008, "주차 관제를 위한 RFID 태그 객체의 위치 인식 시스템", 한국해양정보통신학회 논문지, 12권 1호, pp. 99-107.

반재훈, 2003, "제약을 가진 최소근접을 찾는 이동질의의 효율적인 수행", 제10회 한국정보처리학회, VOL. 10 NO. 02 pp. 1429-1432.