
방향성을 이용한 이동객체의 최근접 질의를 위한 유효시간

강구안* · +김진덕**

A Valid Time for Nearest Neighbor Query of Moving Object using
Information of Orientation

Ku-An Kang* · +Jin-Deog Kim**

이 논문은 2004년도 산업자원부 지역 특화 기술 개발 사업(110015183)에 의하여 지원되었음

요 약

최근 GPS 및 무선통신 기술과 더불어 위치 정보시스템의 발전은 텔레매틱스 응용의 급속한 진전을 이루었다. 텔레매틱스를 위한 이동체 데이터베이스에서는 사용자에게 이동체의 실시간 현재 위치 정보를 제공하는 것만큼 그 질의 결과의 유효시간 또한 매우 중요하다.

따라서 본 논문에서는 질의 점과 객체가 동시에 이동 중일 때 현재 질의 결과를 계산하는 방법과 그 질의 결과의 유효시간 및 유효시간 후의 질의 결과를 검색하는 방안을 제안한다. 이동 객체는 실시간으로 변화하기 때문에 현재 질의 결과가 조금만 시간이 지나도 잘 못된 정보가 될 수 있고 미래의 결과를 반복연산에 의해 계산하기 어렵기 때문에 우리는 수학적식으로 유효 시간을 예측하고자 하는 것이다.

ABSTRACT

The latest Global Positioning System, wireless communications technology and Location-Based Service bring about the rapid developments of telematics application areas. In the moving object database for telematics, it is very important to deal with database queries related to the real time current positions of a moving objects and the valid time of the query results as well.

In this paper, we propose how to get not only the current result of query but also the valid time and the result after the valid time when a query point and objects are moving simultaneously. We would like to predict the valid time by formula because the current results will be incorrect due to the characteristic of the continuous movements of the moving objects and the future results can not be calculated by iterative computations.

키워드

텔레매틱스, 최근접 질의, 실시간 위치데이터

* 동의대학교 컴퓨터공학과 박사과정

** 동의대학교 컴퓨터공학과 조교수

I. 서 론

최근 GPS가 장착된 텔레매틱스 단말기와 같이 이동 객체에 대한 위치 정보를 활용한 응용이 급속히 확산되고 있다. 이는 무선 통신 기술, GPS(Global Position System)와 LBS(Location-Based System)의 눈부신 발전으로 휴대폰과 PDA와 같은 휴대용 단말기의 사용이 일반화되면서 이를 응용한 서비스들이 보편화되고 있음과 동시에 관련 기술들이 텔레매틱스 단말 기술에도 적용되고 있기 때문이다. 즉 LBS와 GPS(Global Positioning System)의 측위기술을 이용하여 위치 추적과 위치 관련 정보를 실시간 제공할 수 있는 지능형 교통정보 시스템(ITS), 이동 중인 사용자가 현재 위치로부터 가장 가까운 택시를 찾는 서비스, 고속도로 주행 중에 일정한 시간 후에 나와 가장 가까운 주요소를 찾는 서비스와 같은 것이 실생활에 많이 이용되고 또한 많이 연구되고 있다[1, 2, 3, 6]. 따라서 시공간 상에서 이동체에 대한 데이터베이스는 연속적으로 이동하는 이동체의 위치 정보와 궤적에 관련된 데이터베이스 질의를 효과적으로 처리하여 사용자에게 이동체의 현재 위치 정보를 제공하는 것은 아주 중요하며 시간이 지난 후의 이동체의 위치 정보 또한 아주 중요하다고 볼 수 있다. 왜냐하면 이동체의 특성상 현재 질의 결과가 조금만 시간이 지나도 위치의 변경으로 잘 못된 정보가 될 수 있기 때문이다[8].

텔레매틱스 응용 중 주요 분야인 최근접 질의는 주로 이동체의 위치를 기반으로 하는 맞춤형 광고, 유명 관광지 및 주요 지점을 통과할 때 유용하게 사용되는 POI기반 광고, GPS를 이용한 콜택시 서비스 등에 주로 이용된다.

이와 같은 최근접 질의(Neighbor Nearest Query: NN Query)에 대한 지금까지의 연구는 주로 두 이동 객체가 정적인 경우, 이동 객체 중 한쪽이 정적이고 다른 쪽이 동적인 것에 대한 연구에 치중되어 있다. 그러나 텔레매틱스 응용과 같이 항상 이동 중인 차량 내에서 가장 가까이 있는 이동객체의 위치를 예측하고 검색해야 하는 시간 기반 최근접 질의의 처리가 반드시 요구된다.

또한 기존의 최근접 질의에 대한 연구 중 유효 시간을 이용한 연구는 미흡한 실정으로 현재 질의 결과를 찾기 위하여 거리 계산법을 사용하여 질의 결과를 제시하는 연구는 많이 이루어 졌는데, 단순 거리차를 반

복적으로 계산하여 유효시간을 산출하는 방식으로 많은 시간이 소요된다. 반면, 텔레매틱스 단말기와 같이 끊임없이 움직이는 이동 객체에 대한 최근접 질의에서는 현재의 결과가 불과 수초 이내에 의미 없는 정보가 될 확률이 매우 높다[9]. 그러므로 시간 기반 최근접 질의는 이동 객체의 현재 위치를 미래 위치를 예측하여 현재 질의 결과의 유효 여부를 판단해야 하고, 그 유효시간을 빠른 시간 내에 산출하는 것이 매우 중요하다.

따라서 본 논문은 시간 기반 최근접 질의에 대한 연구로서, 질의점 또는 질의 객체가 동적이고, 질의 대상 객체 또한 이동객체인 경우를 고려하고, 이동객체의 질의 결과를 시간이 지난 후에도 사용자에게 정확한 정보를 제공하기 위하여 유효시간 계산법으로 최근접 객체를 찾는 방법과 유효시간을 산출하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 특히 반복 계산에 의한 유효시간의 산출은 유효시간의 결과 값이 유효시간이 지난 후에 계산될 정도로 엄청난 계산 비용을 요구하므로, 이 논문에서는 이동체의 현재 위치와 방향 및 속도 정보를 이용하여 유효 시간을 산출할 수 있는 수식을 도출하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 다루고자 하는 공간 데이터베이스에서 이동객체의 최근접 질의에 관한 관련 연구 및 시간 기반 질의에 대하여 기술하고, 3장에서는 시간 기반 최근접 질의의 현재 질의 결과 검색 방안을 설명하고, 수식을 이용한 유효시간 산출법을 자세히 소개한다. 또한 이 논문에서 제안하는 이동체의 방향성을 고려한 유효시간 산출법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련연구

TPR-tree[1, 2, 3, 9]는 미래 위치를 예측하기 위해 R-Tree[5] 기반에 속도 및 방향 정보를 추가한 것으로 이동객체의 현재 위치 및 미래 위치 계산에 대표적으로 이용되는 색인이다. 삽입 삭제는 R*-tree와 비슷하다. 이동 객체는 (i) 현재 시간에 확장된 MBR를 가지고 표현되거나, (ii) 속도 vector를 가지고 표현된다. MBR은 이동 객체의 최하위 속도와 최상위 속도를 가지고 MBR를 재구성함으로써 모든 이동 객체를 MBR

에 포함할 수 있다. 이동체의 최고 속도와 최저 속도 규칙을 이용하여 MBR의 크기를 변화 시켜 시간이 지난 후에도 여전히 이동객체를 MBR에 포함하게 한다. 그림 1은 객체 u와 v가 현재 시간과 시간이 1이 지난 후의 MBR의 변화를 보여 주는 그림이다.

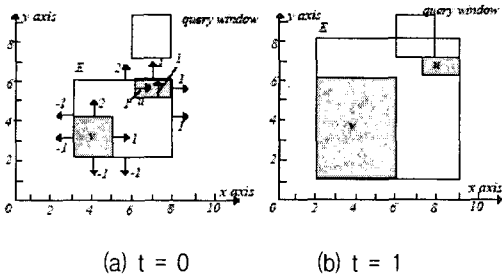


그림 1. TPR 트리의 MBR
Fig. 1 MBR of TPR-tree

TP 질의[1,3]는 시공간 상에서 연속적으로 이동하는 객체에 대한 질의의 결과를 제공한다. TP 질의의 결과는 기본적으로 $\langle R, T, C \rangle$ 를 가진다. R은 현 시점에서의 최근접 객체에 해당하는 질의의 결과이고, T는 결과값 R이 유효한 시간이며, C는 R과 T에 영향을 받는 질의의 결과이다. 예를 들어 TP 질의의 결과가 " $\langle \text{ObjA}, 3.5, \text{ObjB} \rangle$ "이라면 질의의 객체 ObjQ에 가장 가까운 객체는 현재 ObjA이며, 3.5 초 후에는 ObjB가 가까운 객체임을 의미한다. 현재 질의의 결과 R과 변경이 될 수 있는 C 객체의 집합으로 우리는 다음 결과를 계산으로 구할 수 있다. 이와 같은 시공간 상에서 많이 사용되는 TP 질의의 종류에는 TP 범위 질의(TP Window Queries), TP 최근접 이웃 질의(TP Nearest Neighbor Queries), TP 조인 질의(TP Join Queries), TP 최근접 쌍 질의(TP Closest Pair Queries) 등이 있다[7]. TP Window 질의의 가장 일반적인 방법은 t시간 후의 질의에 대해서는 t 시간 후에 MBR를 확장 하여 MBR이 모든 이동 객체를 포함하게 하여 질의의 결과를 제공하는 것이다.

III. 최근접 질의의 검색과 유효시간

이 장에서는 TP 기반 최근접 질의의 R, T, C를 도출

하기 위한 방법을 자세히 기술하고자 한다.

3.1 최근접 질의의 현재 질의 결과 검색

이 논문에서는 질의의 객체와 질의의 대상이 되는 객체가 모두 동적으로 이동중일 때 객체가 모두 이동 중일 때 현재 질의의 시점에서의 최근접 객체를 보다 효율적으로 검색하기 위해 우선 TPR 트리의 후보 노드를 최소화하는 방법을 이용한다. 이를 위해 다음과 같은 용어를 정의한다.

그림 2에서 minminDist는 질의의 객체와 인접한 MBR 변화의 최소거리를 의미하며, minmaxDist는 질의의 객체와 인접한 MBR 변화의 최소거리이다. 그리고 maxDist는 질의객체와 MBR 내 변화의 최대 거리이다.

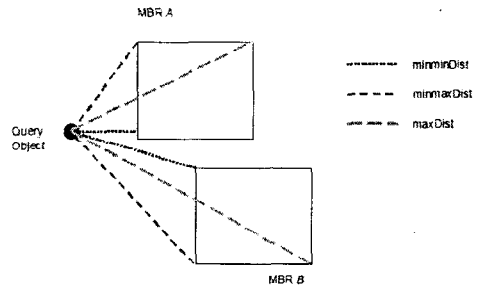


그림 2. 후보 MBR의 여과를 위한 용어 정의
Fig. 2 Symbol Definition for filtering Candidate MBR

다음은 최근접 객체의 현재 질의의 결과를 찾기 위한 알고리즘이다.

- ① TPR-tree의 Root Node로부터 검색하여 최소의 minminDist를 갖는 Leaf Node의 minmaxDist를 변수 D로 설정
- ② Root Node로부터 검색하여 D보다 작은 minminDist를 갖는 Leaf Node를 Filtering 하여 최소 거리 우선 Heap에 넣음
- ③ Heap 내에서 첫 번째 원소의 객체들과 질의객체와의 거리를 조사하여 최소 거리를 변수 S로 설정
- ④ S보다 작은 minminDist를 갖는 MBR 내의 후보 객체들과 질의 객체의 거리를 조사하여 최소거리 S를 재설정
- ⑤ S보다 큰 minminDist를 갖는 Heap의 LeafNode MBR을 제외

⑥ 최소거리 S를 갖는 객체가 최근접 객체임

여기서 minmaxDist가 필요한 이유는 최소거리인 minminDist만을 후보 MBR로 설정하면 MBR내의 객체의 위치에 따라 minmaxDist보다 짧은 minminDist를 가진 MBR내의 객체가 보다 가까운 경우가 있을 가능성이 있기 때문이다. 예를 들어, 그림 3에서 객체 a를 포함한 MBR A의 minminDist보다 큰 MBR B내에 포함된 객체 b가 오히려 질의객체에 근접함을 알 수 있다. 그렇지만 minmaxDist 보다 큰 minminDist를 가진 MBR 내에는 더 이상 근접객체가 존재하지 않으므로 후보 MBR에서 제외된다.

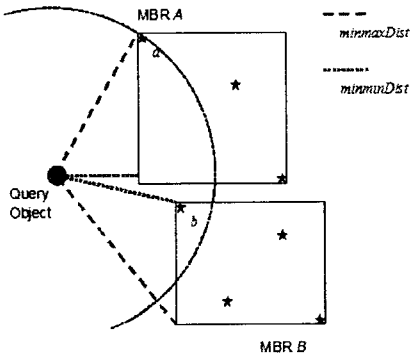


그림 3. 후보 MBR 선정
Fig. 3 Decision of Candidate MBR

3.2 질의 결과의 유효 시간

(1) 방향성을 고려하지 않는 경우

이 절에서는 최근접 질의의 현재 결과가 유효한 시간을 산출하기 위해 다음과 같은 용어를 정의한다.

- Onn : 질의 결과로 도출된 현재 최근접 객체
- Oc : 유효 시간 산출을 위한 후보객체
- Q : 질의 객체

Oc는 3.1에서 제시한 현재의 질의 결과 객체 도출 시 최근접 객체를 제외한 K개의 인접 객체를 의미한다.

위와 같은 가정하에서 미래 시점의 최근접 객체를 순환 반복문의 거리치를 기반으로 하는 반복 계산 방법은 정확한 시간 주기를 설정하기 어렵다. 우선 연산 시간 주기를 매우 짧게 하는 경우 그 계산량이 증가하여 유효시간을 산출 시점이 실질적인 유효시간이 지난 후이기 때문에 무의미한 결과가 될 가능성이 있다. 반면, 연산 시간 주기를 길게 할 경우 정확한 유효시간이

도출되지 않는다. 그래서 이 논문에서는 보다 정확한 유효시간을 빠르게 유도하기 위해 수학적 수식을 기반으로 하는 방법을 제안하고자 한다.

우선 객체의 방향성을 고려하지 않은 경우 최근접 질의 결과의 유효시간은 ONN과 Q 사이의 거리가 Oc와 Q 사이의 거리보다 같거나 작아야 한다는 조건을 만족해야 한다. 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

$$\|O_c, Q\| \leq \|O_{nn}, Q\| \tag{1}$$

수식 1을 전개하기 위해 우선 각 객체의 시간 매개화된 위치(t 시간에 i차원의 위치)는 아래와 같이 표현된다.

- $ONN(t,i) = ONN.Li + ONN.Vi * t$
- $Oc(t,i) = Oc.Li + Oc.Vi * t$
- $Q(t,i) = Q.Li + Q.Vi * t$

이 때 O.Li는 객체의 i차원의 현재 위치를 의미하며, O.Vi는 객체의 i차원의 속도이다.

각 객체의 위치 표현 값을 수식 1에 대입하면 수식 2와 같이 표현할 수 있다.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_c.L_i + O_c.V_i * t - (Q.L_i + Q.V_i * t))^2} \leq \sqrt{\sum_{i=1}^n (O_{nn}.L_i + O_{nn}.V_i * t - (Q.L_i + Q.V_i * t))^2} \tag{2}$$

수식 2를 전개하면 수식 3과 같이 표현된다.

$$\sum_{i=1}^n (O_c.L_i + O_c.V_i * t - (Q.L_i + Q.V_i * t))^2 \leq \sum_{i=1}^n (O_{nn}.L_i + O_{nn}.V_i * t - (Q.L_i + Q.V_i * t))^2 \tag{3}$$

수식 3을 상수 값과 매개변수 t에 대해 정리하면 수식 4와 같이 표현된다.

$$\sum_{i=1}^n (O_c.L_i - Q.L_i + (O_c.V_i - Q.V_i) * t)^2 \leq \sum_{i=1}^n (O_{nn}.L_i - Q.L_i + (O_{nn}.V_i - Q.V_i) * t)^2 \tag{4}$$

수식 4를 전개하면 유효시간 t의 2차 방정식으로 표현이 가능하므로 수식 5와 같이 표현이 된다. 이 때 A,

B, C는 수식 4로부터 아래와 같이 요약될 수 있다.

$$At^2 + Bt + C \leq 0 \tag{5}$$

$$A = \sum_{i=1}^2 [(O_i \cdot V_i - QV_i)^2 - (O_{MBR} \cdot V_i - QV_i)^2]$$

$$B = \sum_{i=1}^2 2 \left[\begin{matrix} (O_c \cdot L_i - QLi)(O_i \cdot V_i - QV_i) \\ - (O_{MBR} \cdot L_i - QLi)(O_{MBR} \cdot V_i - QV_i) \end{matrix} \right]$$

$$C = \sum_{i=1}^2 \left[(O_c \cdot L_i - QLi)^2 - (O_{MBR} \cdot L_i - QLi)^2 \right]$$

수식 5의 이차 방정식으로부터 t를 구하여 양의 실수 값을 취하면 두 이동객체와 한 개의 질의 객체간에 최근접 결과가 바뀌는 유효시간이 된다. 단, 후보 객체가 되는 Oc의 개수가 여러 개이므로 각각의 t를 구할 경우 최소의 시간 값이 이동객체의 최근접 질의에 대한 최종 유효시간이 된다.

(2) 방향성을 고려한 경우

이동 객체는 항상 움직이며, 또한 한번 움직이면 일반적으로 일정시간 동안 같은 방향으로 움직일 가능성이 높다. 또한 각각의 유형에 따라 이동 속도가 제각기 다르다. 이러한 점을 고려할 경우 전술한 최근접 질의의 유효시간은 수정이 필요하다. 그래서 이 절에서는 이동 객체의 특성상 움직임 방향과 속도를 고려한 유효시간을 수식으로 표현하고자 한다.

이동 객체의 방향은 넓게 보면 임의의 방향이 될 수 있지만, 이 논문에서 기술하는 텔레매틱스 단말기 또는 휴대용 단말기를 소지한 개인은 네트워크로 구성된 도로나 인도를 움직이게 된다. 따라서 일반적으로 현재 진행 중인 질의 객체의 방향에 비해 정방향과 역방향의 여부 만을 고려하면 된다. 만일 역방향일 경우 후보 MBR 선정 시 탐색 범위를 보다 넓혀야 한다.

이 논문에서는 이와 같은 탐색범위 계산 시 객체의 속도에 따른 유형에 따라 표 1과 같이 추가 비용을 고려한다.

표 1. MBR 탐색을 위한 추가비용(EC)
Table 1. Extra Cost for MBR Search

	이동 객체 유형		
	사람	시내주행 차	전용도로 차
정방향	0	0	0
역방향	수십 m	평균 U-턴 거리	평균 Lamp거리

그리고 다음과 같이 이동객체의 방향성을 고려하여 후보 MBR 선정을 위해 탐색 범위를 확장한다.

- ① 가장 가까운 minminDist를 가진 maxDist를 D로 설정한다.
- ② 객체의 유형에 따라서 (D + EC) 보다 작은 minminDist를 가진 MBR이 후보가 됨
- ③ 후보 MBR 내의 객체에 대해 유효 시간 산술 수식을 대입

예를 들어 그림 4에서 실선 MBR을 가진 노드는 후보에 포함이 되고 점선 MBR은 후보에서 제외된다.

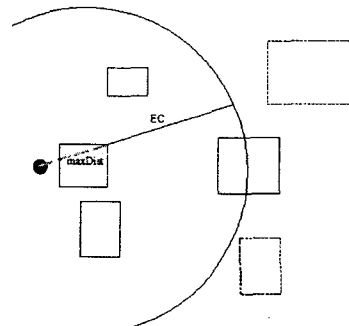


그림 4. 탐색 범위의 확장
Fig. 4 Enlargement of Search Space

그리고 추가 비용을 고려한 유효시간 추정 수식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^2 (O_c \cdot L_i + O_i \cdot V_i \cdot t - (QL_i + QV_i \cdot t))^2 + EC_1 \\ & \leq \sum_{i=1}^2 (O_{MBR} \cdot L_i + O_{MBR} \cdot V_i \cdot t - (QL_i + QV_i \cdot t))^2 + EC_2 \end{aligned} \tag{6}$$

이 때 EC₁은 질의 객체와 후보 객체사이의 추가비용이며, EC₂는 질의 객체와 현재 최근접 객체간의 추가 비용이다. 수식 6을 유효시간 t의 2차 방정식으로 표현이 가능하므로 수식 7과 같이 표현이 된다. 이 때 A, B, C는 아래와 같이 요약될 수 있다.

$$At^2 + Bt + C \leq 0 \tag{7}$$

$$A = \sum_{i=1}^2 [(O_i \cdot V_i - QV_i)^2 - (O_{MBR} \cdot V_i - QV_i)^2]$$

$$B = \sum_{i=1}^2 2 \left[\begin{matrix} (O_c \cdot L_i - QLi)(O_i \cdot V_i - QV_i) \\ - (O_{MBR} \cdot L_i - QLi)(O_{MBR} \cdot V_i - QV_i) \end{matrix} \right]$$

$$C = \sum_{i=1}^2 \left[(O_c \cdot L_i - QLi)^2 - (O_{MBR} \cdot L_i - QLi)^2 \right] + EC_1 - EC_2$$

IV. 결론

최근 텔레매틱스 단말기와 같은 이동 객체의 위치 정보를 이용한 연구가 활발한 가운데 시간 기반 최근접 질의를 활용한 다양한 응용의 필요성이 대두되고 있다. 최근접 질의에 대한 지금까지의 연구와는 달리 이 논문에서는 질의 객체가 동적이고 질의 대상 객체 또한 이동객체인 경우를 고려하고 결과의 정확도를 높이기 위한 수식 기반 유효시간 산출 기법을 제시하였다.

그래서 이동 객체의 현재 위치와 방향 및 속도 정보를 이용하여 수식을 도출하였고, 특히 이동체의 특성인 현재 진행 방향을 후보 객체 및 유효 시간 산출에 반영하여 보다 현실적인 최근접 질의가 가능하도록 하였다.

이 논문의 연구 결과는 최근 활성화 되고 있는 텔레매틱스 단말기를 이용한 POI 응용에 폭넓게 활용 가능하며, 제안한 수식은 보다 빠른 시간 내에 질의 결과를 제공할 수 있으며, 보다 정확한 질의 결과를 예측할 수 있는 장점이 있다.

앞으로는 이 논문에서 제안한 유효시간 산출 수식을 활용하고, 실제 데이터를 활용하여 성능을 분석하고자 하며, 아울러 POI 응용에 직접 적용해보고자 한다.

참고문헌

[1] Y. Tao and D. Papadias, Time-Parameterized Queries in Spatio-Temporal Databases, ACM SIGMOD, 2002
 [2] P.K. Agarwal, L. Arge, and J. Erickson, Indexing Moving Points, PODS, 2000
 [3] 권영철, 배진욱, 이석호, "이동객체 데이터베이스에서 TP 최근접 쌍 질의의 처리" 한국정보과학회, 2003
 [4] S. Acharya, V. Poosala, and S. Ramaswamy, Selectivity Estimation in Spatial Databases, ACM SIGMOD, 1999

[5] N. Beckmann, H.P. Kriegel, R. Schneider, and B. Seeger, The R*-Tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangle, ACM SIGMOD, 1999
 [6] K. Porkaew, I. Lazaridis, and S. Mehrotra, Querying Mobile Objects in Spatio-Temporal Databases, SSTD, 2001
 [7] S. Saltenis and C.S. Jensen, Indexing of Moving Objects for Location-Based Services, ICDE, 2002
 [8] S. Saltenis, C.S. Jensen, S.T. Leutenegger, and M.A. Lopez, Indexing the Positions of Continuously Moving Objects, ACM SIGMOD, 2000
 [9] Y. Theodoridis, E. Stefanakis, and T.K. Sellis, Efficient Cost Models for Spatial Queries Using R-Trees, TKDE, 2000

저자소개

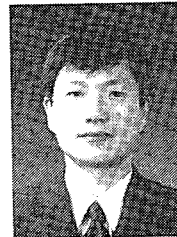
강구안(Ku-An Kang)



1998년 동의대 컴퓨터공학과(공학사)
 2000년 부경대 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 2003년 동의대 대학원 컴퓨터공학과 박사 수료

※관심분야 : 모바일 데이터베이스, 텔레매틱스, 시간 기반 최근접 질의

김진덕(Jin-Deog Kim)



1993년 부산대 컴퓨터공학과(공학사)
 1995년 부산대 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 2000년 부산대 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1998.3~2001.2 부산정보대학 정보통신계열 전임강사
 2001.3~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 조교수

※관심분야 : 객체 지향 DB, 지리정보시스템, 공간 질의, 공간 색인, 모바일 데이터베이스, 텔레매틱스