

위치 기반 서비스를 위한 Rend 3DR-tree를 이용한 색인 기법*

남지은** · 임기욱** · 이정배** · 이종욱*** · 신현철****

요 약

최근 이동 객체의 위치 데이터를 이용하기 위한 무선 측위 기술과 모바일 컴퓨팅 기술이 급속도로 발전하였다. 이동 객체의 수가 많고 위치 획득 간격이 짧을수록 위치 데이터가 급격히 늘어나기 때문에 대용량의 위치 데이터 처리가 가능해야 하며, 위치 기반 서비스를 위한 다양한 시공간 인덱싱을 지원해야 하고, 또한 이동 객체의 불확실성 문제를 해결할 수 있어야 한다.

따라서, 본 논문에서는 이동 객체의 위치 데이터를 효과적으로 갱신하면서 현재 데이터와 과거 데이터의 인덱싱을 지원하는 색인 구조로 3DR-tree 기법을 활용하여 색인시 노드간의 겹침을 보완하고 사장 공간을 줄이는 Rend 3DR-tree 기법을 제안한다.

Index method of using Rend 3DR-tree for Location-Based Service

Ji-Yeun Nam** · Kee-Wook Rim** · Jeong-Bae Lee** · Jong Woock Lee***
Hyun-Cheol Shin****

ABSTRACT

Recently, the wireless positioning techniques and mobile computing techniques have rapidly developed to use location data of moving objects. The more the number of moving objects is numerous and the more periodical sampling of locations is frequent, the more location data of moving objects become very large. Hence the system should be able to efficiently manage mass location data, support various spatio-temporal queries for LBS, and solve the uncertainty problem of moving objects.

Therefore, in this paper, innovating the location data of moving object effectively, we propose Rend 3DR-tree method to decrease the dead space and complement the overlapping of nodes by utilizing 3DR-tree with the indexing structure to support indexing of current data and history data.

Key words : Moving Objects Databases, Location-Based Service, Spatio-temporal Indexing

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0020).

** 선문대학교 컴퓨터정보학과

*** 한국폴리텍I대학 제주캠퍼스 전자통신학과

**** 백석문화대학 컴퓨터정보학부

1. 서론

텔레매틱스/LBS용 실내외 연속 측위를 위해 무선통신 기반 실내측위 및 실외측위 기술은 이동통신 분야, 홈/오피스 네트워크 분야, 지능형 로봇, 텔레매틱스 그리고 USN 등 산업 전 분야에 대해서 적용되고 있으며, 앞으로 시장 및 기술 파급성이 클 것으로 예측되는 기술이다.

또한, 유비쿼터스 사회가 구체화되면서 위치 인식 기술을 기반으로 이동 중인 사용자나 자동차와 같은 이동 객체(Moving Object)를 활용하기 위한 필요성이 증가되고 있다. 이러한 수많은 이동체의 핵심적인 요소는 데이터베이스를 관리하는 기술이다. 특히 이동체 위치 데이터의 영역질의, 궤적 질의, 현재 위치 검색 연산을 효율적으로 수행하는 3차원 시공간 색인 기술이 매우 중요하다.

이동 객체는 시간의 변화에 따라 공간적인 위치 및 모양이 연속적으로 변화는 객체로 시계열 데이터(time series data) 또는 시공간 데이터(spatio-temporal data)의 특수한 형태이다. 이러한 이동 객체는 위치 변화를 서버로 전송하고 이를 통해 이동 객체의 위치를 추적할 수 있다. 이동 객체에 대한 활용이 점차 증가되면서 이동 객체를 효과적으로 저장, 관리하기 위한 이동 객체 데이터베이스(MOD : Moving Object Database)에 대한 관심이 진행되고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 이동체의 위치 측위 기술에 대해 기술하고, 제 3장에서는 이동체의 위치 검색을 위한 색인 구조에 대해 기술한다. 제 4장에서는 제안한 색인구조에 대해 설명하며 제 5장에서는 성능 평가를 수행하고 마지막으로 제 6장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

위치 기반 서비스에서 측위기술은 핵심·기반 기

술로 오늘날 GPS가 그 중심을 차지하고 있지만 실내와 같은 음영지역에서는 새로운 방식의 측위기술을 필요로 하고 있으며, 무선통신 인프라 기반의 측위 기술이 연구되어 오고 있다. 실외에서는 CDMA 기반 무선측위 기술, 실내에서는 WLAN, UWB, 적외선, 초음파, RFID 등의 인프라를 이용한 무선측위 기술이 연구되고 부분적으로 상용화되고 있다. 그러나 아직 실내외 연속측위를 위한 기술은 개념적으로 설계만 되고 있으며 상용화를 위한 기반기술이 연구중에 있다.

위치 인식 기법은 크게 Range-free 기법과 Range-based 기법으로 분류된다. Range-free 기법은 신호를 송수신하는 무선 노드간의 거리를 직접 계산하지 않고 무선 노드의 위치를 추정하는 방식이고, Range-based 기법은 무선 노드 간의 거리를 측정하여 위치를 계산하는 방식이다. 위치 인식을 위한 네트워크는 무선 노드와 anchor 노드로 구성된다. 무선 노드는 위치 인식 기법을 통해 자신의 위치를 계산하는 노드이고, anchor 노드는 배치 시 미리 정해진 자신의 위치 정보를 알고 다른 무선 노드가 위치 인식을 할 수 있도록 돕는 노드이다.

2.1 무선통신 기반 실내 측위 기술

2.1.1 WLAN 기반 측위 기술

WLAN 기술은 RF 신호 강도를 측정하여 신호 감쇠로 인한 거리로 위치를 계산하는 방법으로 RADAR 시스템[1], Ekahau[2], Intel의 Place Lab [3]등이 있다.

2.1.2 적외선 기반 측위 기술

실내 곳곳에 부착된 적외선 센서가 고유 ID 코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 위치를 찾아내는 방식이다. AT&T Lab에서 개발한 active badge system[4]이 대표적이다.

2.1.3 초음파 기반 측위 기술

초음파를 이용한 방식으로 빠른 RF 신호와 상

대적으로 느린 초음파의 전송 속도차를 이용하여 대상체의 위치를 찾아내는 방법이다.

2.1.4 Bluetooth 기반 측위 기술

RSSI를 이용하여 계산된 Bluetooth간 거리정보를 이용하여 위치를 알고 있는 Bluetooth 장치를 기준점으로 생각하고 삼각측량을 이용하여 위치를 계산한다.

2.1.5 RFID 기반 측위 기술

RFID는 tag와 reader로 분류되며 reader 내부의 transmitter가 activation 신호를 보내면 근처의 tag는 고유ID를 회신하고 reader가 이를 읽어서 근방에 있는 tag를 판단한다.

2.1.6 UWB기반 측위 기술

저전력으로 단거리구간에서 넓은 스펙트럼 주파수를 통해 대량의 디지털 데이터를 전송하기 위한 무선 기술이다.

2.2 무선 측위 기술

2.2.1 Range-free 기법

(1) APIT(Approximate P.I.T test)

이동노드에서 무선으로 연결 가능한 anchor로 삼각형을 형성하고 이동노드가 삼각형의 내부에 있는지 여부를 계산하며 삼각형들이 겹치는 영역의 중심점을 이동 노드의 위치로 인식한다. 정밀한 위치 인식을 위한 무선 네트워크에서는 사용하기 어렵다.

(2) DV-Hop

홉간 라우팅(Hop-by-Hop Routing) 정보 전송 방법과 삼변측량법(Trilateration)을 이용하여 무선 노드의 위치를 계산한다. DV-Hop은 anchor 노드가 같은 간격을 두고 떨어져 있는 네트워크에서

작동하는 단점이 있다. 각 홉마다 거리의 차이가 크다면 평균 홉 당 거리 무선 노드의 위치 오차가 커진다. 또한 anchor의 개수가 많을수록 위치 인식을 보다 정확히 할 수 있지만, 자신의 위치 정보를 방송하는 횟수가 증가하여 네트워크 내 통신 비용이 증가하는 단점이 있다.

(3) Centroid

anchor를 등간격의 그리드 형태로 배치한 후 무선 노드의 위치를 인식하는 기법이다. anchor의 수가 증가하면 정밀한 위치 인식이 가능하지만 통신 비용은 증가하게 된다.

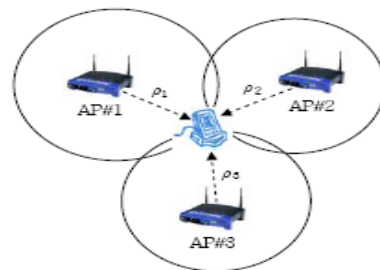
2.2.2 Range-based 기법

(1) Cell-ID

가장 기본적인 무선 측위 방법으로 proximity방식이라고도 한다. 현재 CDMA 기반 측위 및 RFID를 이용한 측위 방법으로 측위 오차는 최대 cell까지 발생 가능하여 cell 반경이 큰 경우 응용 서비스의 사용이 제한될 수 있다.

(2) TOA(Time Of Arrival)

무선 노드간 신호의 시간 정보를 사용하여 거리를 측정한다. 무선 노드와 anchor들 사이에 동기기가 맞은 상태에서 각 anchor에서 신호가 도착하였을 때 시각을 비교하여 무선 노드와 각 anchor 사이의 거리를 측정한다.



(그림 1) TOA 방식의 측위

(3) TDOA(Time Difference Of Arrival)

무선 노드는 시간 동기가 맞을 필요 없이 각 anchor들 사이의 시간 동기만 맞으면 된다. 무선 노드는 주기적으로 신호를 전송하고, anchor들 중에서 가장 먼저 신호를 받은 anchor를 중심으로 각 anchor 마다 받은 신호의 시간 차이를 가지고 무선 노드의 위치를 계산한다.

(4) ROA(Received signal strength Of Arrival)

무선 노드가 anchor로부터 신호를 수신할 때 거리에 따른 신호 감쇄 모델을 사용하여 거리를 측정한다.

(5) AOA(Angle Of Arrival)

무선 노드의 위치를 인식할 때, 각 노드에서 전송된 신호의 수신 각도를 이용하여 위치를 인식할 수 있다. 시각 동기는 필요로 하지 않지만 smart 안테나를 사용해야 하며 정확한 안테나의 장착이 필수적이다. 또한 신호가 산란이 되는 경우 큰 오차를 유발할 수 있다.

(6) Fingerprint

Fingerprint 방식은 확률론적 모델링에 의한 위치 추정 방법으로 노이즈 및 주위 환경 정보를 위치 추적을 위한 정보로 활용하는 방식이다.

이동체의 위치 추정을 위한 데이터베이스 검색의 복잡성은 시스템의 성능을 제한하는 요인이 될 수 있으며 데이터베이스 제작 시에 모델링되지 않은 상황에 의해 정확도가 떨어질 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 클러스터링 기법을 사용해서 데이터베이스 검색의 효율성을 높일 수 있다.

3. 이동체의 색인 기법

이동 객체 데이터베이스는 시간에 따라 연속적인 위치 변화를 갖는 객체를 효과적으로 저장하고

관리하기 위한 데이터베이스로 다양한 서비스를 제공하기 위해 이동 객체 모델링, 이동 객체 질의 처리, 이동 객체 불확실 위치 관리, 이동 객체 색인 구조등과 같이 다양한 분야에서 연구들이 진행되고 있다. 대용량의 이동 객체에 대한 서비스를 제공하기 위해서는 시간의 변화에 따른 공간적인 위치를 빠르게 색인하고 다양한 유형의 검색을 처리할 수 있는 색인 구조가 필수적이다. 이동 객체의 계속적인 위치 변화에 따른 삽입이나 갱신을 보다 효과적으로 처리하기 위한 색인 구조에 대한 연구가 필요하다.

이동 객체에 대한 색인 구조는 제공되는 검색 유형에 따라 현재 및 미래 위치 검색을 위한 색인 구조, 과거 위치를 검색하기 위한 색인 구조, 과거 궤적을 검색하기 위한 색인 구조로 나누어 볼 수가 있다

3.1 현재와 미래 위치 검색을 위한 색인

현재와 미래 위치를 검색하기 위한 색인에 관련된 연구로서 R-tree는 데이터 분할 방법, 공간 객체를 최소 경계 사각형을 사용, 복잡한 공간 객체를 단순하게 저장하고, R-tree를 이용한 이동체 색인으로 갱신 비용을 줄이는 LUR-tree(Lazy Update R-tree), 이동체의 위치 및 방향을 시간에 대한 선형함수로 표현하여 이동체가 치근 보고한 위치 이후의 미래 위치 검색이 가능하게 한 PMR-Quadtree 기법이 있다.

3.2 과거 위치 색인

과거 위치 색인에 대한 연구로서 3DR-tree [5]는 r-tree에 시간 도메인을 추가한 시공간 색인 구조로 특정 시간과 영역에 대한 질의가 가능하며 중복과 사장 영역이 큰 단점이 있다.

3DR-tree 기반으로 과거 궤적에 관한 영역질의 성능을 향상시키고 사장공간을 최소화하며, 노드 중복을 최소화 하는 TR-tree[6]와 거래시간 개념과

중복 개념을 추가한 HR-tree[7]이 있다. 또한 MVR-tree와 3DR-tree를 결합한 이중구조의 MV3R-tree [8]와 3DR-tree에 일정 시간 간격으로 r-tree를 생성하게 하는 TIR-tree[9]가 있다.

3.3 과거 궤적 색인

이동체의 이동과 같은 과거 궤적 색인에 대한 연구로서 r-tree에 이동체 궤적에 대한 효율적인 질의 처리가 가능하고 공간적인 특성이 포함되며 궤적 보전이 가능한 STR-tree[10], STR-tree보다 궤적 보존을 중요시하여 공간 구별성을 포기하고 궤적을 보존하는 TB-tree [11], r-tree와 이동체별 연결 노드를 결합한 형태를 가지는 CR-tree[9] 그리고 TB-Tree 변형으로 복합질의 성능을 개선한 MOTB-tree[12]가 있다. 아래 표는 시공간 색인 구조를 비교하였다.

〈표 1〉 시공간 색인 구조와의 비교

특징 색인	TA3DR	3D R-tree	HR-tree	MV3R-tree	STR-tree	TB-tree
시간 차원	거래 시간	유효 시간	거래 시간	거래 시간	거래 시간	거래 시간
시간 전개	연속적	연속적 또는 이산적	이산적	이산적	연속적	연속적
현재 시각 표현	가능	불가능	가능	가능	불가능	불가능
우수한 질의 종류	시공간 영역 질의	시공간 영역 질의	타임 슬라이 스 질의	타임 슬라이스 영역질의	복합 질의	궤적 질의
삽입 정책	최소겹침& 강제합병	최소 확장	최소 확장	최소 겹침	궤적 보전	궤적 보전
노드 분할 정책	시간축비 균등분할 절단정책	최소 영역	최소 영역	최소 영역	궤적 연결성	분할 없음
비전 중복	중복 없음	중복 없음	중복	중복	중복 없음	중복 없음

4. 제안하는 색인 구조

사장 공간과 오버랩의 문제들은 위에 제안된 R-tree에 기초한 모든 인덱싱 구조에 대부분 존재한다. 가능한 한 많이 줄이거나 제거하는 방법을 연구하는 것이 큰 문제이다.

이동체들의 이동은 선분들의 연속으로 표현되며 각 선분들은 2개의 연속된 샘플링 위치로 표현되어 진다. 샘플링 위치는 2개의 공간 차원과 1개의 시간 차원으로 구성되는 3차원의 점으로 표현되어진다.

각 선분들은 $(x_i, y_i, t_i), (x_j, y_j, t_j)$ 와 같은 2개의 끝점을 가진다. 현재 위치인 (x_j, y_j, t_j) 는 미래에서 변경 없이 존재한다. 시각 t_j 이후에 이동체의 이동은 알 수 없다. 시간 간격(t_j, now) 동안에, 이동체의 이동 데이터는 존재하지 않는다. 현재 위치의 보고 시각과 현재 시각 사이에 이동 데이터가 존재하지 않기 때문에, 시간 간격(t_j, now)을 포함하는 시간 간격 질의를 처리할 수 없다. 이와 같은 이유로 3DR-tree는 현재 위치에 대한 영역 질의를 처리할 수 없다. 현재와 과거 위치에 대한 영역 질의를 처리하기 위하여, 기존의 3DR-tree를 태그 now를 가지도록 수정하였다.

3DR-tree는 이동체의 궤적을 색인화 할 때, 색인 구조에서 노드간의 겹침이 많기 때문에, 연속적으로 이동하는 이동체의 색인으로 부적합한 부분을 보완하기 위하여 기존의 3DR-tree를 기반으로 하는 Rend 3DR-tree 색인 방법을 제안한다.

제안하고자 하는 알고리즘은 다음의 2가지 가정을 가진다.

가정 1 : 이동 객체들은 고정된 공간에서 이동할 것이다.

가정 2 : 데이터 업데이트는 안정한 업데이트 사이

클을 통해서 진행되고, 객체들의 모든 이동 단계가 타임 업데이트 사이클에 의해 변화하는 것을 의미한다. 이는 또한 이동할 때 이동체는 똑같은 이동 속도를 가진다는 것을 의미한다.

두 개의 트리들을 하나의 전체 인덱스 구조로 통합하고, 후자는 현재의 데이터를 인덱스 하는데 사용하고 하나는 궤적 데이터를 인덱싱 하기 위한 향상된 3DR-tree를 사용한다.

```

Update algorithm:
Begin
1 : if leaf node = ReadHeader(leaf) from R1 tree
   else finish
2 : now := t2 ; t1 := now ; t2 := t1
3 : reinsert R1 algorithm
4 : reinsert R2 algorithm.
end
    
```

```

Reinsert algorithm (R1, R2)
Begin
1 : if the number of root node <= 2,
   then transfer into step 3
2 : at time slice ΔT,
   if leaf node = ReadHeader(leaf)
   then object insert
3 : if node overflows,
   then divide two new nodes R1&r R2.
4 : twice reinsert operations at tend and tend + ΔT.
end
    
```

5. 실험 및 평가

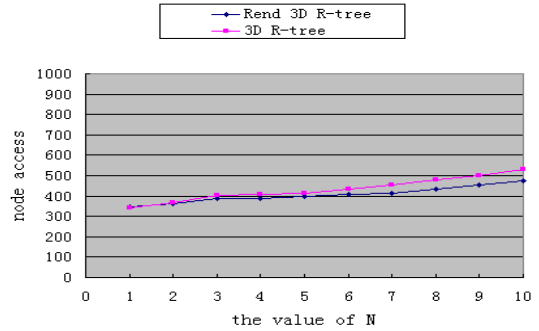
Rend 3DR-tree와 과거 궤적을 위한 3DR-tree, LUR(lazy-update)-tree와 비교한 것이다. 이동체의 초기 분배는 Gaussian 이고, GSTD[8]을 사용하며 객체의 이동은 랜덤이다.

실험 환경으로 512MB 메모리를 가지는 윈도우 XP, 펜티엄 IV 2G이며 디스크 페이지 사이즈는 2k로 세팅하였다.

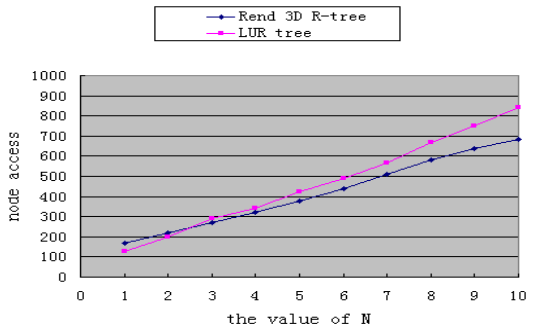
노드의 수는 1000으로 시뮬레이션 하였으며 타임 스텝은 1로 하였다.

Rend 기법은 과거와 현재의 궤적을 인덱싱하기 위한 조합된 인덱스 구조를 설립한 것이다. 실험

을 통해 LUR-tree와 3DR-tree 보다 더 좋은 수행을 가졌다는 것을 증명했다.



(그림 2) Rend 3D R-tree와 3D R-tree 비교



(그림 3) Rend 3D R-tree와 LUR-tree 비교

6. 결 론

LBS 서비스를 제공하는 데 있어 가장 핵심적인 요소는 수많은 이동체를 데이터베이스로 관리하는 기술이다. 특히 이동체 위치 데이터의 영역질의, 궤적 질의, 현재 위치 검색 연산을 효율적으로 수행하는 3차원 시공간 색인 기술이 매우 중요하다.

대용량의 이동 객체에 대한 검색을 효과적으로 처리하기 위해서는 이동 객체를 관리하기 위한 색인 구조가 필수적이다. 초기의 시공간 색인 구조는 대부분 과거에서 현재까지 객체의 이동 경로 즉, 궤적을 관리하거나 현재의 위치만을 관리한다.

3DR-tree, STR-tree, HR-tree 등은 이동 객체의 과거의 위치에서 현재의 위치를 공간적인 위치와 시간 정보를 사용하여 표현한다. Rend 3DR-tree를 통해 과거와 현재의 위치를 인덱스 하기 위한 조합된 인덱스 방법을 소개하였다. 또한 실험을 통해 LUR-tree와 비교해 볼 때 현재의 쿼리뿐만 아니라, 3DR-tree 보다 향상됨을 보여준다.

지금까지 이동체의 과거, 현재, 미래 위치 및 궤적에 대한 색인들은 구분되어 연구되었다. 하지만, 앞으로의 이동체 색인 연구는 이들 모두를 저장 관리할 수 있는 단일 색인 구조의 색인 연구가 수행될 것이다. 또한 이를 기반으로 대용량의 위치 정보를 저장 관리하는 디클러스터링 연구와 병렬 처리 연구가 진행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR : AN InBuilding RF-Based User Location and Tracking System", In Proc. of IEEE Infocom 2000 Conf. on Computer Commun., Vol. 2, pp. 775-784, Mar. 2000.

[2] <http://www.ekahau.com>

[3] <http://www.placelab.org>

[4] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, "The Active Badge Location System", ACM Trans. on Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, Jan. 1992.

[5] Y. Theodoridis, M. Vazirgiannis, and T. K. Sellis, "Spatio-Temporal Indexing for Large Multimedia Applications", IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 441-448, 1996.

[6] 전봉기, 홍봉희, "연속적으로 이동하는 이동체의 색인을 위한 시간 기반 R-tree의 설계 및 구현", 한국정보과학회 논문지, 제30권, 제 3호 게재 예정.

[7] M. A. Nascimento and J. R. O. Silva, "Towards historical R-trees", ACM symposium on Applied Computing, pp. 235-240, 1998.

[8] Y. Tao and D. Papadias, "MV3R-Tree : A Spatio-Temporal Access Method for Timestamp and Interval Queries", International Conference on VLDB, pp. 431-440, 2001.

[9] 조형주, 정진완, "시공간 질의를 위한 인덱싱 기법", 한국정보과학회 한국데이터베이스 학술대회논문집, 제18권, 제2호, pp. 93-100, 2002.

[10] D. Pfoser, Y. Theodoridis, and C. S. Jensen, "Indexing Trajectories in Query Processing for Moving Objects", Chorochronos Technical Report, CH-99-3, October, 1999.

[11] D. Pfoser, C. S. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches in Query Processing for Moving Objects", International Conference on VLDB, pp. 395-406, 2000.

[12] 임덕성, 전봉기, 홍봉희, "이동체를 위한 궤적 색인의 분할 정책", 개방형 GIS 학술회의 논문집, 제5권, 제2호, pp. 173-176, 2002.



남 지 은

2000년 원광대학교 컴퓨터
공학과(공학석사)

2004년~현재 선문대학교 컴퓨터
공학부(박사과정)



임 기 욱

1977년 인하대학교 전자공학과
(공학사)

1987년 한양대학교
컴퓨터공학과(공학석사)

1994년 인하대학교
컴퓨터공학부(공학박사)

2000년~현재 선문대학교 컴퓨터공학부 교수



이 정 배

1981년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1983년 경북대학교 전자공학과
(공학석사)

1995년 한양대학교 컴퓨터
공학부(공학박사)

2002년~현재 선문대학교 컴퓨터공학부 교수



신 현 철

2002년 컴퓨터공학과(공학박사)

2004년 (주)아이비루션 자문위원

1994년~현재 백석문화대학

컴퓨터정보학부 부교수



이 중 욱

1984년 서울시립대학교
전자공학과(공학사)

1993년 광운대학교 컴퓨터
공학과(공학석사)

2007년 선문대학교 컴퓨터
정보학부(공학박사)

1995년~현재 한국폴리텍 I 대학 제주캠퍼스
전자통신학과 부교수