

## 신호 세기 변동에 강인한 WPS용 라디오 맵 구축 기법

이현섭<sup>1</sup> · 김진덕<sup>2\*</sup>

### Construction of a Radio map for WPS Resistant to Signal Strength Fluctuation

Hyoun-Sup Lee<sup>1</sup> · Jin-deog Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Multimedia Engineering, Dong-eui University, Pusan 617-714, Korea

<sup>2\*</sup>Department of Computer Engineering, Dong-eui University, Pusan 617-714, Korea

#### 요 약

WPS는 2단계 과정으로 측위를 수행한다. 측위 위치의 무선 신호 정보를 수집하여 라디오 맵을 구성하는 구축단계, 구성된 정보와 수집된 무선 신호를 비교하는 측위 단계로 나누어진다. WPS는 구축된 라디오 맵과 수집된 신호가 상이할 경우 측위 정확도가 하락한다. 정확도 하락은 측위 알고리즘에 따라 차이가 있지만 모든 WPS 시스템이 가진 문제이다. 신호의 변동 이유는 측위 신호 대상 기기의 고장, 장애물 발생, 채널 간섭 현상 때문이다.

본 논문에서는 신호 변동 문제점을 해결하기 위해 신호 변동에 강인한 라디오 맵 구축 기법에 대하여 제안한다. 제안하는 기법은 구축 단계에서 신호 변경에 강인한 라디오 맵을 구성하는 방법과 측위 수행 단계에서 변동된 정보를 수집하여 라디오 맵에 반영하는 방법이다. 이 방법을 적용할 경우 신호변동에 강인한 라디오 맵을 통해 WPS 측위의 정확도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

#### ABSTRACT

WPS determines position via a two-step process. In the construction phase, a radio map is constituted by collecting radio information signals. Positioning procedure is a step of comparing the radio signal newly acquired with the radio map. If the signals collected and the radio map are different the accuracy decreases. Even though the rate of accuracy is different according to positioning algorithms, accuracy drop is an issue common to all WPS systems. Signal strength fluctuation is caused by the malfunction of the device that receives positioning signals, obstruction and channel interference, etc.

In this paper, in order to solve the problem caused by signal strength change, we propose a new radio map construction technique. The proposed method is intended to constitute a strong radio map to changes in the signal strength and updated by collecting the signal strength changes to the radio map. The use of this method is expected to enhance the accuracy of WPS by actively counteracting signal fluctuation.

**키워드** : 신호 잡음, 실내 위치 추적, 측위 정확도, 측위 정밀도

**Key word** : IPS, WPS, signal strength, radio map

접수일자 : 2014. 10. 01 심사완료일자 : 2014. 10. 31 게재확정일자 : 2014. 11. 05

\* **Corresponding Author** Jin-deog Kim(E-mail:jdk@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1745)

Department of Computer Engineering, Dongeui University, Busan 614-714, Korea

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.11.2685>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

IPS(Indoor Positioning System)는 GPS 음영 지역인 실내의 위치를 판단하기 위해 개발된 시스템이다. wifi, bluetooth, 자기장, 센서 정보 등의 신호를 활용하여 실내 위치를 판단한다. 그 중 WPS(Wifi Positioning System)는 IEEE 802.xx 표준의 2.4GHz 대역의 wifi 신호를 활용한 측위 시스템으로 무선 통신 인프라가 많이 발달되어 있는 현 시점에 가장 많이 사용되고 있는 대표적 IPS이다.

WPS는 현실 세계에 산재해 있는 무선 AP의 신호를 수집 및 가공 하여 라디오 맵을 구성하고 측위 과정에서 수집된 AP의 정보와 구성된 정보를 비교하여 현재 위치를 판단한다[1].

위치 판단을 위한 측위 알고리즘은 일반적으로 핑거프린트를 주로 사용한다. 구축된 라디오 맵정보와 수집된 정보의 유사도의 정도를 비교하는데 이 비교방식을 핑거프린트라고 한다. 핑거프린트 방식에 사용되는 측위 알고리즘은 수집된 신호 세기의 강약 정보를 활용하는 방식과 유클리드 거리 및 TDOA, 단순 비교 방식 등 여러 가지가 있다[2-5].

앞서 언급한 측위 알고리즘은 라디오 맵을 구축할 때 수집된 신호 세기와 측위 수행시점에 수집된 특정 위치의 무선 신호 세기의 차이가 거의 없을 경우 비교적 정확한 측위를 수행한다.

그러나 현실세계에서 빈번하게 발생하는 AP기기의 고장, 장애물 발생, 채널 간섭 등의 신호 변동 정보는 측위 시점에 구축되어 있는 라디오 맵 정보와 차이가 있는 신호 정보 수집으로 이어져 측위 정확도에 심각한 영향을 줄 수 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 신호 변동에 강인한 WPS용 라디오 맵 구축 기법에 대하여 제안한다. 구축 기법은 두 가지 방법으로 나누어진다.

첫 번째는 신호 변동에 강인한 특징을 가지는 라디오 맵을 작성하기 위한 환경을 만드는 것으로 구축, 측위 두 단계로 나누어진 WPS의 구축 단계를 최적화 하는 방법이다.

두 번째는 측위 시점에 수집된 무선 신호의 정보를 분석하여 기존 라디오 맵과 상이한 신호가 수집되면 이 신호정보를 라디오 맵을 관리하고 있는 측위 서버에 제공하여 구축된 라디오 맵을 재구성하는 방안으로 측위

단계에서의 해결 방안에 대하여 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존 WPS 측위에서 정확도에 영향을 주는 환경을 해결하기 위한 연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 신호 잡음에 강인한 라디오 맵 설계에 대하여 WPS의 구축 단계와 측위 단계 별로 제안하고 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

현실 세계에서 WPS 측위에 활용되는 무선 신호 세기에 영향을 줄 수 있는 신호 변동 요인은 서론에서 언급한 AP 고장, 장애물 발생, 채널 간섭 등이다.

세 가지의 요인 모두 현재 측위 과정에서 수집된 신호 세기와 구축된 라디오 맵의 신호 정보 사이에 발생하는 차이로 인한 측위 정확도의 하락 문제를 야기한다. 측위 정확도 하락은 신호 변동 요인들의 공통된 특징이지만 각각의 하락 상황은 서로 다르다.

AP 고장은 신호가 상실된 상황이며 장애물 발생의 경우 신호의 감쇠 및 상실, 채널 간섭은 신호잡음으로 나눌 수 있다.

무선 AP 정보를 이용한 실외 측위 시스템 설계[6] 및 여러 WPS 연구에서 신호 상실 문제를 최초 라디오 맵을 구축할 때 측위를 위한 AP를 구성하고 남은 주변 AP 정보를 활용하여 보조 라디오 맵을 구성하는 방안으로 해결하고 있다.

저준위 신호세기와 실외 환경 특징을 활용한 측위 시스템 설계 및 구현[7]에서는 높은 신호 세기를 기반으로 한 기존의 측위 방식과는 달리 저준위 신호를 기준으로 측위를 수행하여 장애물 및 신호 감쇄를 효과적으로 해결하고 있다.

앞선 연구들은 신호 감쇄 및 상실의 경우 일정 수준의 정확도를 유지할 수 있도록 설계되어 있다. 하지만 채널 간섭이 발생하여 신호잡음이 광범위한 측위 구역에 영향을 주거나 신호 변동이 점점 누적되는 상황에서는 효과적으로 대처하기 힘들다.

즉, 측위 환경의 변화에 능동적으로 대응하기 위한 시스템이 필요하며 이를 위해서는 신호 변동에 강인한 라디오 맵 구축 또는 지속적인 신호 정보의 갱신과 라디오 맵의 업데이트 방안이 필요하다.

### III. 신호 변동에 강인한 라디오 맵 구축

본 장에서는 앞서 언급한 신호 변동에 강인한 라디오 맵 구축 기법에 대하여 설명한다. WPS 측위의 구축 단계와 측위 단계 각각 적용할 수 있는 기법에 대하여 설명하고 각 특징을 비교한다.

#### 3.1. 구축 단계의 라디오 맵 구축 기법

그림 1은 구축단계에서 구성된 라디오 맵의 특정 AP 신호 세기와 이후 발생한 외부 요인으로 인해 변경된 AP 신호 세기 정보를 나타내고 있다.

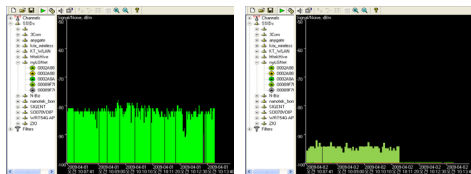


그림 1. AP 신호 변동  
Fig. 1 Fluctuations in the AP signal



그림 2. 시간의 흐름에 따른 신호 변화  
Fig. 2 Signal variation along the time flow

그림 2는 특정 위치에서 수집된 AP 신호의 변화 추이를 8시간 동안 10분 단위로 수집한 결과이다. 현실 세계는 그림 1,2와 같은 현상이 지속적으로 발생한다. 즉, 최초 구축단계의 라디오 맵 신호 정보와 측위 시점 수집된 신호 정보의 변동으로 인해 그림 3과 같이 측위 정확도가 하락하는 현상이 발생한다.

약 10m 이상의 범위로 측위 영역이 나누어져 있을 경우 라디오 맵 구축 과정에서 인접 영역별 중복 AP를 제외하고 map을 구축하면 앞서 언급한 신호 변동에 비교적 강인한 측위 정확도를 가지게 된다. 이 경우 신호 세기보다 SSID가 측위를 위한 중요 요소로 바뀌기 때문에 신호 변동의 영향을 줄어든다.

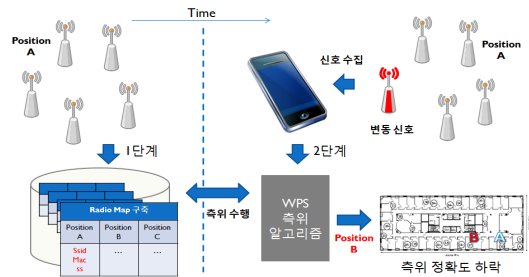


그림 3. 측위 정확도 하락 문제  
Fig. 3 Problem of degradation of positioning accuracy

그러나 이 경우 측위 정확도는 유지할 수 있으나 실제 측위 정밀도는 많이 낮아진다. 10m 이상 거리는 특정 위치를 찾기 보다는 특정 영역을 구분할 수준의 범위이기 때문이다.

측위 영역을 5m 이하 단위로 좁게 설정하게 되면 인접 영역을 구분할 수 있는 중복 AP 삭제가 불가능 하다. 이 경우에는 신호 세기가 측위를 위한 중요 요소가 되는데 앞서 신호 변동 문제가 발생할 경우 측위 정확도에 치명적인 문제가 발생한다.

WPS 측위 알고리즘에 따라 정확도 하락은 차이를 보이며 100% 회피 가능한 측위 알고리즘은 없다.

표 1. 신호 변화가 측위 알고리즘에 미치는 영향  
Table. 1 The effect of a variation of the signal is given to the positioning algorithm

측위 알고리즘	특징	신호 변동 영향
TDOA	- 삼각 측량법 활용 - 측위 AP 3개	매우 높음
유클리드 거리	- 현재 수집된 AP 신호 세기 활용 - 구축된 핑거프린트 값과 비교	높음
단순 비교	- SSID 비교	낮지만 정밀도 하락
저순위 신호 비교	- SSID 비교 - 측위 영역별 저순위 신호 수집 및 비교	낮음

현실세계에서 가장 심각한 신호 변동을 주는 요인은 채널 간섭으로 인한 신호 잡음 현상이다. WPS 구축 과정에서 측위 정확도를 높이기 위해서는 신호 간섭의 영향을 최대한 낮출 수 있는 AP를 대상으로 라디오 맵을 구축하는 것이 효과적이다. 그러나 산재한 AP를 활용

하여 라디오 맵을 구축하는 시스템에서는 어떤 AP가 강인한 특성을 가지는지 알 수 없으며 AP의 위치 및 특성을 정확하게 파악할 수 없는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위해 신호 변동에 강인한 특징을 가지는 5.0GHz대역의 AP를 활용하여 라디오 맵을 구축하는 방안에 대하여 제안한다.

표 2는 2.4GHz대역과 5.0GHz 대역을 가지는 AP의 특성을 나타내고 있다.

표 2. 신호 대역에 따른 AP 특성

Table. 2 Characteristics of the AP corresponding to the signal bandwidth

신호대역	공통 특성	개별 특성
2.4GHz	- 5MHz 단위 채널 분배 - 20MHz 영역의 채널 간섭 - 채널 간섭으로 인한 신호잡음 발생	13개 채널 비 간섭 채널(4개) 간섭 심각
5.0GHz	- 거리에 따른 간섭률 동일 - 802.11.x.x 표준	200개 채널 비 간섭 채널(191개) 간섭 약함

5.0GHz 대역의 AP는 2.4GHz에 비하여 그림 4, 5 와 같이 채널 간섭으로 인한 신호 잡음이 적으며 장애물로 인한 신호 난반사 및 회절 간섭이 2.4GHz 대역보다 현저하게 낮다.

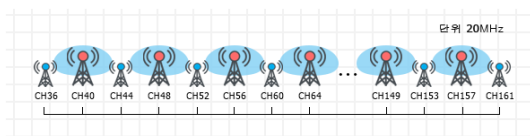


그림 4. AP의 신호 간섭 - 5.0GHz  
Fig. 4 Signal interference (5.0GHz AP)

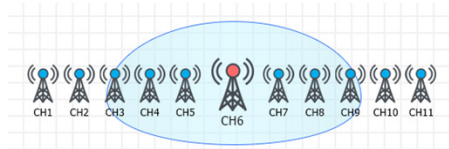


그림 5. 2.4GHz AP의 신호 간섭  
Fig. 5 Signal interference (2.4GHz AP)

앞서 나열한 특징들로 인해 5.0GHz 대역의 AP를 대상으로 구축 단계에 라디오 맵을 구성하면 이후 측위

단계에서의 채널 간섭 및 신호 변동 문제를 최소화 할 수 있다. 그러나 현재 산재한 AP의 90% 이상은 2.4GHz 대역의 RF(Radio Frequency)를 신호대역으로 사용하기 때문에 라디오 맵 구축에 필요한 만큼의 5.0GHz AP의 수가 부족하다. 따라서 별도의 구축비용을 들여 AP를 설치해야 한다. 이는 높은 비용 소모를 야기하기 때문에 현 시점에는 활용 가치가 낮다.

### 3.2. 측위 단계의 라디오 맵 구축기법

3.1 절에서는 강인한 라디오 맵을 구축하기 위한 물리적인 환경에 대하여 제안하였다. 신호 변동으로 인한 정확도 하락 문제를 근본적으로 해결 할 수 있는 방안이지만 많은 비용 소모를 야기하는 문제로 인해 현 시점에 적용하기 쉽지 않다. 본 절에서는 측위 단계에서 발생하는 신호 변동 정보를 수집하여 기존 구축된 라디오 맵에 적용하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 기존 시스템을 그대로 활용하면서 변동 신호가 발생하면 능동적으로 대처할 수 있는 시스템이다.

#### 3.2.1. 관리 client 활용

측위 단계에서 신호 변동에 강인한 라디오 맵을 구축하기 위한 첫 번째 기법은 측위 영역별 관리 client를 구축하는 것이다.

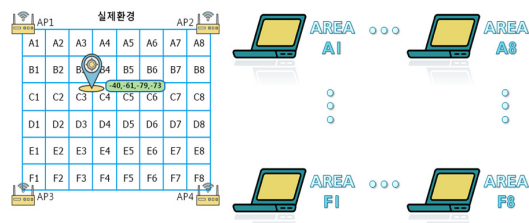


그림 6. 측위 영역 관리 client  
Fig. 6 Positioning area management client

측위 영역을 관리하는 client를 구축하여 측위 시점에서 발생하는 모든 타입의 신호 변동을 수집할 수 있다. 관리 client는 수집된 정보 중 현재 위치를 판단하는데 영향을 줄 수 있는 신호 유무를 판단하고 이 정보를 그림 7과 같이 WPS 관리 시스템에게 제공한다.

WPS 관리 시스템은 수집된 정보를 통해 지속적으로 라디오 맵을 갱신하여 사용자에게 제공한다.

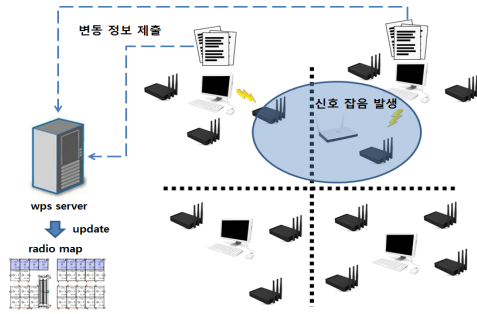


그림 7. 신호 변동 정보 관리  
Fig. 7 Variation information management of signal

신호 변동 정보를 즉시 갱신하여 측위 정확도를 계속 유지할 수 있는 장점이 있지만 client 구축을 위한 비용 증가가 발생한다.

3.2.2. 사용자 단말을 활용한 라디오 맵 갱신 기법

그림 8은 사용자의 측위 과정을 활용하여 라디오 맵을 갱신하는 시스템이다. WPS를 이용하는 사용자 및 실내 관리자가 측위를 수행하며 나타나는 신호 변동 정보를 수집하여 측위 server로 제공한다. 측위 server에서는 수집된 정보를 토대로 라디오 맵 보조 테이블을 구성하고 현재 위치를 갱신한다.

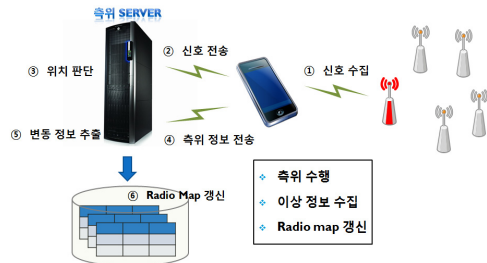


그림 8. 사용자 스마트폰을 활용한 라디오 맵 관리 기법  
Fig. 8 Radio map management approach that leverages the user's smartphone

이후 동일 위치의 측위 요청이 발생하면 기 구축된 라디오 맵과 보조 테이블의 정보를 같이 활용하여 현재 위치를 판단한다.

이 방법의 경우 특정 조건을 만족하면 별도의 추가 비용 없이 측위 정확도를 일정 수준 유지할 수 있다. 표 3은 사용자 단말을 활용한 갱신 기법의 정확도를 유지하기 위한 조건을 나타낸다.

표 3. 정확도 유지를 위한 조건

Table. 3 Characteristics of the AP corresponding to the signal bandwidth

조건	조건별 특징
초기 신호 변동에 강인한 알고리즘	- TDOA, 유클리드 거리, 단순 비교 방식의 경우 초기 신호 변동에 취약 - 저준위 신호 비교 방식의 경우 초기 신호 변동에 일정 수준 정확도 유지가 가능
라디오 맵 증가로 인한 연산 속도 저하 해결	- 복잡한 수식 연산의 경우 연산 속도 증가폭이 높음 - 단순 비교 연산의 경우 연산 속도 빠름
라디오 맵 갱신 기법	- 기존 WPS 알고리즘 => 구축, 측위 2 단계 - 유지 단계 추가 => 맵 관리 알고리즘의 개발 필요

표 3의 조건 중 가장 중요한 요소는 초기 신호 변동에 강인한 알고리즘을 선택하는 것이다. AP 저준위 신호 세기와 실외 환경 특징을 활용한 측위 시스템 설계 및 구현[7]은 실외 환경에서 적용한 WPS 연구로 기존 핑거프린트 방식(TDOA, 유클리드 거리, 단순 비교 방식 등)과 저준위 신호 비교 방식의 정확도와 연산 성능에 대하여 자세히 비교하고 있다.

저준위 신호 비교 방식의 경우 측위를 수행할 라디오 맵의 정보가 크면 클수록 정확도가 향상되며 구축된 map 정보의 50% 이상 영향을 주는 신호 변동이 동시에 발생되지 않으면 측위 정확도를 유지해 주는 특징을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서 제안된 사용자의 스마트폰을 활용하여 측위를 수행하고 신호 변동을 수집하여 갱신하기 위한 환경에 적합한 핑거프린트 알고리즘으로 판단된다.

IV. 결론

기존 모든 WPS시스템은 신호 변동에 따른 측위 정확도 하락 문제가 발생한다. 신호 변동은 채널 간섭으로 인한 신호잡음, 사람과 사물 등의 장애물 발생 등으로 인해 발생하며 WPS 측위 정확도에 영향을 준다.

이 문제를 해결하기 위해 구축단계에서 5.0GHz 대역의 AP를 기준으로 신호 변동에 강인한 라디오 맵 구축을 수행하여 측위 정확도를 유지시킬 수 있으며 측위

단계에서 측위 영역별 관리 client를 설치하여 변동 신호에 능동적으로 대처할 수 있는 시스템을 제안하였다.

제안된 두 개의 기법 모두 정확도를 유지할 수 있으나 비용 소모가 많다는 단점을 가지고 있었으며 이를 해결하기 위해 사용자의 스마트폰 정보를 활용하여 라디오 맵을 갱신하는 시스템을 제안하였다. 앞선 두 가지 기법의 경우 일정 영역의 테스트 베드에서 5.0GHz AP 설치와 관리 client를 적용하여 측위 정확도의 유지를 확인할 수 있었으나 사용자 스마트폰을 활용한 라디오 맵 갱신 기법의 경우 일정 규모 이상의 WPS를 구축해야 정확한 결과를 판단할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 연구로 실제 구축된 WPS에 본 기법을 적용하여 결과를 분석 검증하며 적용을 위한 구체적인 기법을 정립할 예정이다.

### 감사의 글

본 논문은 동의대학교 교내 학술 연구비(2014 AA241) 지원에 의한 결과물임을 밝힙니다.

### REFERENCES

[1] S. H. Jeong, H. S. Shin, "The Trend of WPS(WiFi Positioning System & Service)," *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences* vol. 6, no. 3,

pp.433-438, Jun. 2011.

[2] W. Y. Hwang, "Implementation of Indoor Positioning System Using Fingerprint for WLAN Environment," *Kangwon National University Graduate School. Master's thesis*, 2008.

[3] A. LaMarca, Y. Chawathe, S. Consolvo, J. Hightower, I. Smith, J. Scott, T. Sohn, J. Howard, J. Hughes, "Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild," *Proc. 3rd Int'l Conf. Pervasive Computing(Pervasive 05)*, LNCS 3468, pp. 116-133, Springer. 2005.

[4] Jia-Liang Lu, Fabrice Valois B. Widrow, and S. D. Stearns, "Performance evaluation of 802.11 WLAN in a real indoor environment," *Wireless and Mobile Computing Networking and Communications, IEEE International Conference*, pp. 140-147, Jun. 2006.

[5] M. H. Kim, Y. J. Chung, "A Design of Healthcare Zone-Service System Based indoor seamless positioning using wireless Access Point," *The Journal of the Korea Society for internet information*, vol. 9, no. 1, pp.493-497, May. 2008.

[6] H. S. Lee, J. D. Kim, "Efficient Multicasting Mechanism for Mobile Computing Environment," *Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference*, pp.411 - 413, May. 2010.

[7] H. S. Lee, J. D. Kim, "A Design and Implementation of Positioning System Using Characteristics of Outdoor Environments and Weak Signal Strength," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 11, pp.2411-2418, 2011.



이현섭(Hyun-Sup Lee)

2009년 2월 : 동의대학교 컴퓨터공학과 박사 수료  
2014년 4월 ~ 현재 : 동의대학교 멀티미디어 공학과 조교수  
※ 관심분야 : IPS, 데이터베이스, 스마트 애플리케이션, 모바일 웹



김진덕(Jin-deog Kim)

2000년 8월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)  
2001년 ~ 현재 : 동의대학교 컴퓨터공학과 교수  
※ 관심분야 : 데이터베이스, GIS, 모바일 시스템, LBS