

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.1.223>

IIBC 2015-1-29

무선 데이터 방송을 이용한 국지성 폭우 예보 서비스 프레임워크의 설계와 구현

Design and Development of Framework for Local Heavy Rainfall Forecasting Service using Wireless Data Broadcasting

임석진*, 최진탁**

Seokjin Im*, JinTak Choi**

요약 기후 온난화에 의한 한반도의 아열대화된 기후는 국지성 폭우가 내는 경향을 높이고 있으며 이로 인해 돌발 홍수등의 피해가 증가하고 있다. 국지성 폭우의 피해를 피하기 위해 대규모의 클라이언트들에게 국지성 폭우 예보 서비스가 필요하지만 이러한 서비스를 가능하게 하는 무선 데이터 방송 기반의 서비스 프레임워크 개발이 보고된 것이 없다. 본 논문에서는 대규모 클라이언트들에게 정보 서비스를 가능하게 하는 무선데이터 방송 기법을 이용하여 국지성 폭우 예보 서비스를 가능하게 하는 프레임워크를 설계하고 구현한다. 개발된 서비스 프레임워크는 다양한 데이터 스케줄링 기법과 인덱싱 기법을 적용할 수 있는 확장성을 가진다. 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하여 개발된 프레임워크가 효율적으로 국지성 폭우 예보 서비스를 제공함을 보였다.

Abstract Korean climate becoming increasingly subtropical by climate warming makes local heavy rainfall frequently. To avoid damages from the local heavy rainfall, we need a forecasting service for a great number of clients. However, there is not the framework for the service based on wireless data broadcasting yet. In this paper, we design and implement a service framework for local heavy rainfall forecasting using wireless data broadcast. The developed service framework has scalability that can adopt various data scheduling and indexing schemes. We show the efficiency of the proposed framework to forecast local heavy rainfall through a simulation study.

Key words : Local Heavy Rainfall Forecasting, Service Framework, Wireless Data Broadcast, Data Scheduling, Indexing Scheme

1. 서 론

최근들어 기후의 온난화로 인해 한반도의 기후가 아열대화되면서 많은 양의 비가 짧은 시간에 집중적으로 내리는 형태의 폭우로 내리는 경향이 높아지고 있다^{1), 2)}.

아열대화에 의한 폭우에 영향으로 돌발 홍수가 발생하고 많은 인명과 재산 피해가 발생하고 있다. 이러한 돌발적인 상황에서 피해를 최소화하기 위해서는 폭우를 정확히 예측할 수 있는 기상예측기술과 함께 이러한 예측을 대규모의 사람들에서 예보할 수 있는 국지성 폭우 예보 시

*정회원, 성결대학교 공과대학 컴퓨터공학부

**정회원, 인천대학교 정보기술대학 컴퓨터공학과(교신저자)
접수일자 2014년 11월 18일, 수정완료 : 2014년 12월 18일
게재확정일자 : 2015년 2월 13일

Received: 18 November, 2014 / Revised: 18 December, 2014

Accepted: 13 February, 2015

**Corresponding Author: choi@incheon.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, College of Information Technology,
Incheon National University, Korea

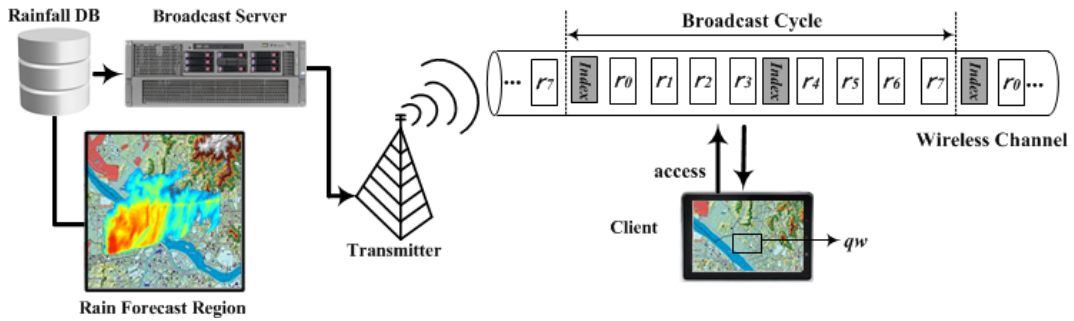


그림 1. 폭우 예보 서비스를 위한 무선 데이터 방송 시스템
 Fig. 1. Wireless Data Broadcasting System for Local Heavy Rainfall Forecasting

스텝의 구축이 매우 중요하다.

국지성 폭우 예보 시스템을 구축하기 위해서 클라이언트-서버 형식 또는 데이터 방송 형식을 이용할 수 있다. 클라이언트-서버 형식은 다수의 클라이언트들이 예보시스템의 서버에 정보 요청을 하고 서버는 각 클라이언트들에게 요청한 정보를 보내는 방식으로, 정보를 요청하는 사용자가 급격히 늘어날 경우 서비스를 제대로 할 수 없는 상황이 될 수 있다. 그러나 무선 데이터 방송 형식은 그림 1에 보인 것과 같이 예보 시스템의 서버가 무선 채널에 폭우 예보 정보를 방송하고 클라이언트들이 무선 채널에 접속하여 원하는 정보를 검색하는 방식으로 데이터를 전달하기 때문에 사용자가 급격히 증가하더라도 예보 서비스의 품질이 저하되지 않는다^[3, 4, 8, 9]. 무선 데이터 방송 기법을 이용한 국지성 폭우 예보 시스템에서 각 클라이언트들은 자신이 원하는 지역의 폭우 예보 정보를 얻기위해 그림 1에서 보인 것과같이, 폭우 정보 조회를 위한 범위 qw 를 지정하고 이 지역에 대한 폭우 예보 정보를 무선 채널로부터 다운로드할 수 있다.

무선 데이터 방송 기법을 적용한 시스템의 성능은 액세스 시간(access time)과 튜닝 시간(tuning time)으로 측정할 수 있다. 액세스 시간은 클라이언들이 절의를 처리를 시작할 때부터 원하는 데이터를 다운로드 하는 데까지 걸리는 시간이며 튜닝 시간은 그 액세스 시간동안 에너지를 사용하며 채널을 청취하는 시간의 합이다^[3, 4].

무선 데이터 방송 기법에서 튜닝 시간을 줄이기 위해 클라이언트들이 채널에서 원하는 정보만 선택적으로 청취할 수 있도록 에어 인덱스(air index)를 사용한다. 에어 인덱스는 방송되는 데이터들의 방송 시간을 유지하고 있으며 방송 서버는 무선 채널에 데이터와 에어 인덱스를

교차적으로 방송하여 클라이언트들이 에어인덱스를 이용하여 자신이 원하는 데이터의 방송시간을 확인하고 그 시간에 원하는 데이터를 방송채널에서 다운로드할 수 있도록 한다. 에어 인덱스를 이용하여 클라이언트는 에너지 효율적으로 자신이 원하는 정보를 무선 채널에서 청취할 수 있다. 무선 데이터 방송 기법을 적용한 국지성 폭우 예보 시스템에서 지역별 폭우 정보에 대한 에어 인덱스는 CEDI, HCI, DSI등의 무선 데이터 방송 기법을 위한 공간데이터 인덱싱 기법등을 사용할 수 있다.

국지성 폭우 예보 시스템에 무선 데이터 방송 기법을 적용하면 서울과 같은 대도시에서 클라이언트 수의 급속한 증가에도 예보 서비스의 품질이 저하되지 않아 효율적인 서비스가 가능하다. 그러나 아직까지 국지성 폭우 예보 서비스를 위해 무선 데이터 방송 기법을 적용한 사례가 보고되지 않고 있다.

본 논문은 효율적인 국지성 폭우 예보 시스템구축을 위해 무선 공간 데이터 방송 기법을 적용한 프레임워크를 설계하고 구현한다. 본 논문에서 설계하고 구현한 국지성 폭우 예보 서비스를 위한 프레임워크는 다양한 인덱싱 기법을 적용하는 것이 가능하도록 설계되어 서비스의 효율성을 높일 수 있도록 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 관련 연구로 무선 데이터 방송 기법에서 무선 채널에서 데이터를 검색하는 기법과 에어 인덱스를 리뷰한다. 3장에서는 국지성 폭우 예보 서비스 프레임워크를 설계한다. 4장에서는 설계된 프레임워크를 이용하여 방송 서버와 클라이언트를 구현하고 에어 인덱스를 적용하여 클라이언트의 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 무선 데이터 방송에서 질의 처리

무선 데이터 방송 시스템에서 클라이언트의 질의 처리는 무선 채널에서 인덱스 다운로드, 데이터 방송시간 탐색, 데이터 방송식간에 데이터 다운로드의 과정으로 이루어진다^[3, 8]. 인덱스 다운로드 과정에서 클라이언트는 무선 채널에 튜닝인(tuning-in) 한후 각 데이터 버킷에 포함된 인덱스 방송시간을 확인하여 인덱스를 다운로드한다. 인덱스에 저장되어있는 데이터의 방송시간을 이용하여 원하는 데이터의 방송시간을 확인한다. 클라이언트는 에너지 절약모드(energy saving mode)로 상태로 바꾸었다가 데이터 방송시간에 채널을 청취하는 액티브 모드(active mode)로 전환하여 원하는 데이터를 다운로드하여 질의 처리 과정을 끝낸다.

2. 에어 인덱스(Air Index)

무선 데이터 방송 시스템에서 클라이언트들의 에너지 효율적인 질의 처리를 위해 다양한 인덱스가 개발되었다. HCI(Hilbert Curve Index)는 힐버트 커브를 이용하여 공간데이터의 위치정보를 인덱싱하는 트리 형태의 인덱스이다^[5]. DSI(Distributed Spatial Index)도 힐버트 커브를 이용한 인덱스로서 HCI와는 달리 테이블 형식의 분산 에어 인덱스이다^[6]. CEDI(Cell-based Distributed Index)는 데이터 공간을 그리드 분할하여 각 셀에 대해 인덱스를 구성한 인덱스로서 HCI와 DSI와 달리 공간데이터의 실제 위치를 사용하기 때문에 튜닝 시간이 짧은 에너지 효율적인 질의 처리가 가능하다^[7].

할 데이터를 전달한다.

- Channel Organizer: 스케줄링된 폭우 데이터와 그에 대한 인덱스를 Data Scheduler와 Index Generator로부터 받아 데이터와 인덱스를 교차적으로 배치하여 무선 채널에서 방송될 수 있도록 구성한다.
- Data Scheduler: 폭우DB(Rainfall DB)로부터 받은 폭우 데이터를 무선채널에 방송될 순서로 나열하여 배치한다.
- Index Generator: 폭우DB로부터 받은 폭우데이터에 대해 정해진 인덱스 생성 방법을 이용하여 인덱스를 생성한다. 이때 폭우 데이터가 위치정보를 포함하고 있기 때문에 공간데이터에 대한 인덱싱 기법을 폭우 데이터의 인덱싱 기법으로 적용할 수 있다.

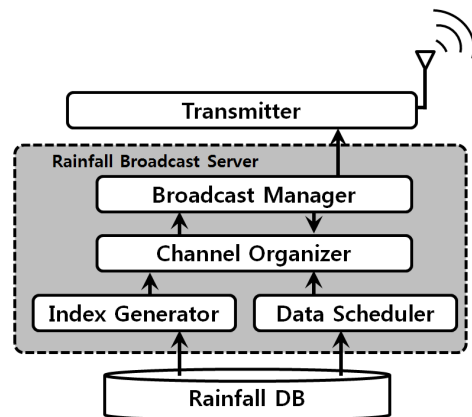


그림 2. 폭우 방송 서버의 구조

Fig. 2. Structure of the heavy rainfall broadcasting server

III. 국지성 폭우 예보 서비스를 위한

프레임워크 설계

1. 방송 서버 설계

무선 데이터 방송 시스템을 이용한 국지성 폭우 예보 서비스 프레임워크에서 방송 서버는 그림 2에서 보인 구조를 갖도록 설계된다.

- Broadcast Manager: 방송 서버 내의 각 모듈을 관리하며 방송을 위해 스케줄링된 폭우 데이터를 channel organizer로부터 받아 transmitter에 방송

2. 데이터 방송 과정

방송 서버가 무선 채널을 구성하여 폭우 데이터를 무선 채널에 방송하는 과정은 그림 3에 보인 과정을 따른다.

- 1: Broadcast Manager가 Channel Organizer에 방송 채널 구성을 요청한다.
- 2: Channel Organizer는 Data Scheduler에 방송할 폭우데이터의 스케줄링을 요청한다.
- 3, 4, 5, 6: Data Scheduler는 폭우 DB로부터 폭우 데이터를 받아 정해진 데이터 스케줄링 기법에 따라 스케줄링하여 데이터 리스트를 생

성하여 Channel Organizer에 반환한다.

- 7: Channel Organizer는 Index Generator에 인덱스 생성을 요청한다.
- 8, 9, 10: Index Generator는 폭우 DB에 공간 데이터의 위치 정보를 요청하여 받은 폭우 데이터에 대한 인덱스를 생성하여 Channel Organizer에 반환한다.
- 11, 12: Channel Organizer는 Data Scheduler로부터 받은 폭우데이터와 Index Generator가 반환한 인덱스를 교차 배치하여 방송될 채널을 구성하여 Broadcast Manager에 반환한다.
- 13, 14: Broadcast Manager는 채널 구성을 Transmitter에 전송하고 Transmitter는 데이터와 인덱스의 채널 구성을 방송한다.

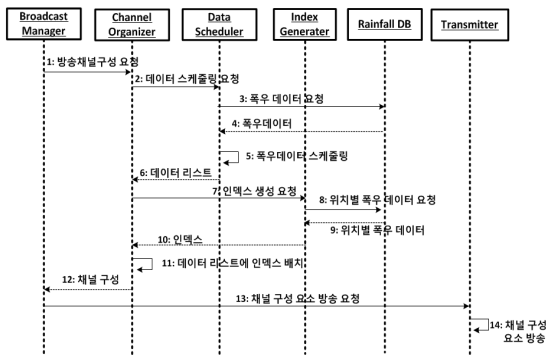


그림 3. 방송 서버의 시퀀스 다이어그램
Fig. 3. Sequence diagram for the broadcasting server

3. 클라이언트 설계

무선 데이터 방송 시스템을 이용한 국지성 폭우 예보 서비스 프레임워크에서 클라이언트는 그림 4와 같이 설계된다.

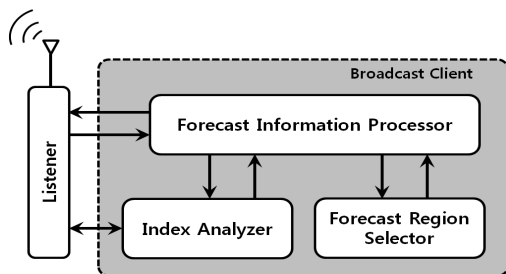


그림 4. 클라이언트의 구조
Fig. 4. Structure of a client

- Forecast Information Processor: 클라이언트 내의 각 모듈을 관리하며 폭우 예보에 대한 질의 처리하여 응답을 만들어 낸다.
- Forecast Region Selector: 사용자에게 폭우 정보를 알고자 하는 지역 범위를 설정하게 하고 설정된 범위를 Forecast Information Processor에 전달한다.
- Index Analyzer: Listener로부터 방송되는 인덱스 정보를 받아 Forecast Information Processor로부터 전달된 질의 범위에 포함되는 폭우 데이터의 방송 시간을 추출한다.

4. 데이터 탐색 및 다운로드 과정

클라이언트는 그림 5에서 보인 과정을 따라 폭우데이터가 방송되는 무선 채널에서 데이터를 탐색하고 다운로드한다.

- 1: 사용자가 폭우 예상 정보를 요청한다.
- 2: Forecast Information Processor는 Forecast Region Selector에 폭우정보 요청 지역을 선택하게 한다.
- 3: Forecast Region Selector는 사용자로부터 폭우 정보를 알고자 하는 지역 범위를 설정하게 하여 그 정보를 Forecast Information Processor에 반환한다.
- 4: Forecast Information Processor는 질의된 범위 정보를 Index Analyzer에 넘겨 정보 요청 지역에 포함되는 데이터의 방송시간을 요청한다.
- 5, 6, 7: Index Analyzer는 Listener에 무선 채널의 인덱스를 요청하고 Listener는 인덱스를 청취하여 Index Analyzer에 반환한다.
- 8, 9: Index Analyzer는 반환받은 인덱스를 이용하여 폭우 요청지경에 포함되는 데이터의 방송시간을 추출하여 Forecast Information Processor에 반환한다.
- 10, 11, 12: Forecast Information Processor는 반환받은 데이터의 방송시간을 Listener에 넘기고, Listener는 해당 시간에 방송되는 데이터를 다운로드하여 Forecast Information Processor에 반환한다.
- 13: Forecast Information Processor는 반환받은 폭우 데이터를 사용자에게 반환한다.

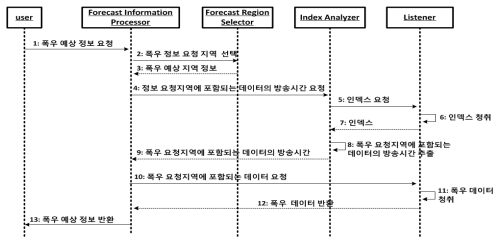


그림 5. 클라이언트의 시퀀스 다이어그램
 Fig. 5. Sequence diagram for a client

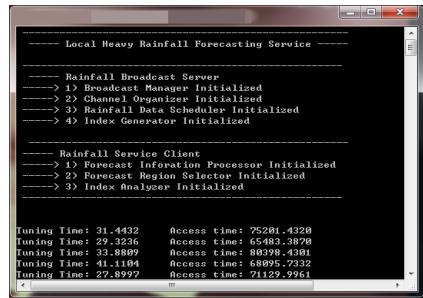


그림 7. 국지성 폭우 예보 서비스 시뮬레이션
 Fig. 7. Local heavy rainfall forecast service simulation

IV. 구현과 실험결과

본 논문에서는 제안하는 무선 데이터 방송 시스템을 이용한 국지성 폭우 예보 서비스 프레임워크를 이용한 시뮬레이션을 통하여 폭우 예보 서비스를 구현하였다. 시뮬레이션을 위하여 폭우 데이터 방송서버와 무선 채널, 클라이언트를 구현하였다. 구현은 JAVA를 기반으로 하였으며 그림 6은 구현된 폭우 예보 서비스 시스템의 기술 스택을 보인다. 구현된 프레임워크에서 시간관리는 이산 시간 스케줄러인 SimJava를 사용하였고 SimJava 위에 방송 서버와 클라이언트를 구현하여 무선 데이터 방송 시스템을 구현하였다. 본 실험을 위해 기상청에서 제공되는 강수 정보를 사용하였고 폭우 데이터의 인덱싱을 위해 그리그 분할 기반의 인덱스 CEDI와 힐버트 커브 기반의 HCI와 DSI를 사용하여 본 논문에서 제안하는 폭우 예보 서비스 프레임워크에 다양한 인덱싱 기법을 적용할 수 있음을 보였다.

그림 7은 구현된 프레임워크를 이용한 시뮬레이션의 콘솔창의 모습을 보인다. 시뮬레이션을 통해 다양한 성능 파라미터를 모니터링할 수 있다.

그림 8과 9는 제안된 프레임워크를 이용한 시뮬레이션에 CEDI, DSI, HCI의 세 가지 인덱싱 기법을 적용하여 시뮬레이션한 무선 데이터 방송 시스템의 성능을 보인다.

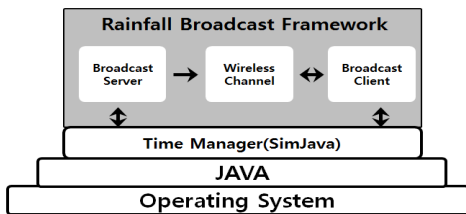


그림 6. 폭우 예보 서비스 프레임워크의 스택
 Fig. 6. Stack of the framework for heavy rainfall forecasting

그림 8은 클라이언트의 폭우 정보 예측 지역 크기에 따른 액세스 시간을 보인다. 결과에서 인덱싱 기법 중, CEDI가 다른 두 인덱스보다 액세스 시간에서 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 그림 9는 시뮬레이션에서 클라이언트의 폭우 정보 예측 지역 크기에 따른 튜닝 시간을 보인다. 결과에서 인덱싱 기법 중, CEDI가 다른 두 인덱스보다 튜닝 시간에서 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

이와 같이 제안된 제안된 프레임워크는 다양한 인덱싱 기법과 데이터 스케줄링 기법을 적용할 수 있으며 무선 데이터 방송 시스템을 이용하여 국지성 폭우정보를 대규모의 클라이언트들에게 효율적으로 전달할 수 있다.

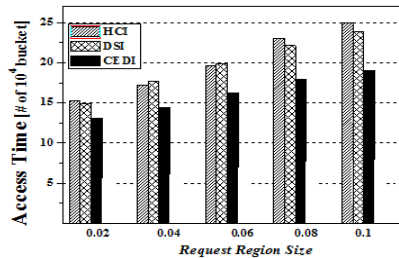


그림 8. 액세스 시간
 Fig. 8. Access Time

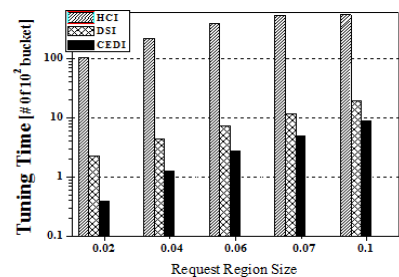


그림 9. 튜닝 시간
 Fig. 9. Tuning Time

V. 결론

본 연구에서는 무선 데이터 방송 시스템을 이용한 국지성 폭우 예보 서비스를 위한 프레임워크를 설계하고 구현하였다. 제안된 프레임워크는 폭우 예보를 효과적으로 전달하기 위해 다양한 데이터 스케줄링 기법과 인덱싱 기법을 적용할 수 있도록 유연한 구조로 설계되었다. 제안된 프레임워크의 효율성을 보이기 위해 실제 강우 데이터를 이용하여 다양한 스케줄링 기법과 데이터 인덱싱 기법을 적용하여 시뮬레이션하여 성능을 평가하였다. 제안된 폭우예보 서비스 프레임워크는 대규모의 클라이언트들에게 다양한 기상 정보서비스를 제공하기 위해 효과적으로 사용될 수 있다.

References

- [1] S. Lee, Y. Bae, H. Kim, "The Study and Analysis of Extreme Weather in Seoul", Seoul City Research, Vol. 12, No. 2, pp. 1-17, 2011.
- [2] S. Lee, Y. Bae, Y. Shin, H. Kim, "A Study on Strategy in Seoul Vulnerable to Extreme Weather", Policy Research Report, pp. 1-164, 2010.
- [3] I. Imielinski, S. Viswanathan, B.R. Bardrinath, "Data on Air: Organization and access", IEEE Trans. TKDE, Vol. 9, No. 3, pp. 353-372, 1997.
- [4] A. Datta, D. VanderMeer, "Broadcast protocols to support efficient retrieval from data bases by mobile users", ACM Trans. Database Systems, Vol. 24, No. 1, pp. 1-79, March, 1999.
- [5] B. Zheng, W.C. Lee, D.L. Lee, "Spatial Queries in Wireless Broadcast Systems", Wireless Network, Vol. 10, No. 6, pp. 723-736, December, 2004.
- [6] W.C. Lee, B. Zheng, "DSI: A Fully Distributed Spatial Index for Location-based Wireless Broadcast Services", Proc. of IEEE ICDCS, 2005.
- [7] S. Im, M. Song, J. Kim, S. Kang, C. Hwang, "An error-resilient cell-based distributed index for

location-based wireless broadcast services," Proc. of ACM Workshop MobiDE, pp. 59-66, June, 2006.

- [8] J. Ki, K. Lee "Network-Based Partially-Distributed Mobility Management Mechanism and Performance Evaluation", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 14, No. 6, pp. 75-84, Dec. 2014.
- [9] M. Shao, K. Shin "Sensor-Based Path Planning for Planar Two-identical-Link Probots by Generalized Voronoi Graph", Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society. Vol. 15, No. 12, pp. 6986-6992, Dec. 2014.

저자 소개

임 석 진(정회원)



- 1996년 2월 : 국민대학교 전자공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : 국민대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학박사)
- 2014년 4월 ~ 현재 : 성결대학교 컴퓨터공학부

<주관심분야 : Ubiquitous Computing, Spatial-Temporal Data Processing, Wireless Data Broadcasting, Smart Health Care>

최 진 탁(정회원)



- 1991년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1992년 : 펜실베이니아대학교 교환교수
- 1987년 ~ 현재 : 인천대학교 컴퓨터공학부

<주관심분야 : database, computational statistics, Ubiquitous Computing.>

※ This research was supported by a grant (KW-14-SWG) from the Smart Water Grid funded by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of the Korea Government.