

신재생 에너지 스트림 데이터 분석을 위한 필터링 기법

김성호¹, 이 훈², 김규익¹, 황미영¹, 김상엽³, 김광득³, 류근호^{1*}
¹충북대학교 전자정보대학, ²(주)ATEC, ³한국에너지기술연구원

Filtering Method for Analyzing Renewable Energy Stream Data

Cheng Hao Jin¹, Xun Li², Kyu Ik Kim¹, Mi Yeong Hwang¹, Sang Yeob Kim³,
Kwang Deuk Kim³, Keun Ho Ryu^{1*}

¹Computer Science, Chungbuk National University, Korea

²ATEC CO., LTD, Korea

³Korea Institute of Energy Research, Korea

요 약 인류가 석탄, 석유, 천연가스 화석 연료 등 연료들에 대한 무절제한 사용으로 하여 전 세계적으로 심각한 환경오염과 화석 연료의 자원 고갈문제에 직면하게 되었다. 따라서 이러한 환경오염 문제를 줄이고 또한 고갈돼가고 있는 화석 연료를 대체할 태양 에너지, 풍력, 수력, 바이오매스, 지열 등과 같은 신재생에너지 자원의 개발이 필요하게 되었다. 최근 센서 네트워크 기술의 발달로 인하여 신재생 에너지 데이터는 각종 센서들로부터 원격으로 수집이 된다. 그러나 이러한 데이터는 센서 네트워크로부터 실시간으로 연속적으로 무한히 수집되는 센서 스트림 데이터이기 때문에 주기적으로 갱신되는 데이터 수집 방법으로는 최신의 데이터를 유지하기 어려우며, 부정확한 분석 결과를 도출할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 무선 센서 네트워크 내에서 데이터 스트림을 효율적으로 수집하고 센서의 전송 횟수를 감소하기 위한 칼만 필터링 기법에 기반 한 필터링 기법을 제안하였다.

키워드 : 신재생 에너지, 스트림, 칼만 필터, 연속 질의

Abstract Recently, due to people's incontinent use all over the world, fossil fuels such as coal, oil, and natural gas were nearly to be exhausted and also causes serious environment pollutions. Therefore, there is a strong need to develop solar, wind, hydro, biomass, geothermal to replace fossil fuels to prevent suffering from above problems. With advances in sensor technology, such data is collected as a kind of stream data which arrives in an online manner so that it is characterized as high- speed, real-time and unbounded and it requires fast data processing to get the up-to-date results. Therefore, the traditional data processing techniques are not fit to deal with stream data. In this paper, we propose a kalman filter-based algorithm to process renewable stream data.

Key Words : Renewable energy, Stream, Kalman filter, Continuous query

1. 서론

인류사회의 급속한 발전과 세계 경제규모의 급성장과 더불어 무분별한 자원 개발 및 무절제한 사용으로 하여 본 연구는 한국에너지기술연구원의 지원으로 수행되었습니다.

*교신저자(khryu@dblab.chungbuk.ac.kr)

접수일(2011년 8월 30일), 심사완료일(2011년 10월 26일)

석탄, 석유, 천연가스 등과 같은 화석 에너지가 고갈의 단계에 이르렀을 뿐만 아니라 화석연료의 대량 연소로 하여 환경오염이 심각해졌고 대량의 이산화탄소를 대기에 배출함으로써 지구온난화의 문제점들이 발생하고 있다. 지구온난화가 가속됨에 따라서 오존층 파괴, 기온상승, 이상기후 현상 빈도가 높아졌으며 빙하의 얼음이 녹음에

따른 해수면 상승, 해류의 변화, 저지대의 해수침수 등 수많은 문제점들을 야기하고 있다. 따라서 화석 연료의 자원 고갈, 환경오염 및 지구온난화는 전 세계적인 인류가 해결해야 할 핵심 과제로 대두되고 있다. 그리하여 환경오염을 줄이면서 날로 고갈되어 가는 화석연료를 대체할 수 있는 신재생 에너지 자원의 개발이 시급한 상태이다. 이와 같은 상황에서 신재생 에너지는 온실가스 감축, 경제성장에 따른 청정에너지의 수요 증가 등을 동시에 만족시킬 수 있는 기술로 중시되며 녹색성장의 핵심으로 대두되고 있다. 즉 화석연료의 사용으로 인한 이산화탄소의 발생이 거의 없는 친환경 에너지, 화석연료와 달리 고갈되지 않는 에너지원, 연구개발에 의해 개발될 수 있는 자원으로 각광을 받고 있다.

신재생에너지란 석탄, 석유, 원자력 및 천연가스가 아닌 태양에너지, 바이오매스, 풍력, 수력, 연료전지, 석탄의 액화, 가스화, 해양에너지, 폐기물에너지 및 기타로 구분되고 있고 이외에도 지열, 수소, 석탄에 의한 물질을 혼합한 유동성 연료를 의미한다. 그러나 실질적인 신재생에너지란, 넓은 의미로는 석유를 대체하는 에너지원으로 좁은 의미로는 신·재생에너지원을 나타낸다.

신재생 에너지 자원을 개발하고 또한 신재생 에너지 자원을 충분히 활용하려면 무엇보다도 신재생 에너지 자원 데이터에 대한 수집 및 데이터 분석이 필요하다. 이렇게 되려면 우선 먼저 각 에너지원에 대한 데이터 수집이 완성 되어야 한다. 예를 들자면, 건물의 열부하, 적정 집열면적, 태양전지 설치용량 등의 계산은 일사량 정보가 확보되어야만 가능하다. 최근 태양열 발전과 관련하여 전 세계적으로 각광받고 있는 초고온 태양에너지 시스템 기술의 개발은 기본적으로 직달일사량과 파장별 일사량에 의존한다는 점에서 시스템 설계를 위한 기본자료의 정밀도와 정확도는 더욱 중요하다. 또 하나의 예를 들자면 풍력 자원의 잠재량을 산정하고 유망후보지를 선택하기 위해서는 바람의 속도, 방향 등 지속 시간 등 정확한 데이터 수집이 보장되어야만 가능하며 이렇게 해야만 풍차의 설치 위치, 설치 면적, 설치 높이 등 요소가 결정된다. 소수력 발전에서는 소수력 발전의 잠재적 양을 산정하고, 댐의 설비 용량을 계산하며, 수자원을 합리적으로 이용하기 위해서는 수계별 하천 유량의 정밀 측정, 낙차 등 정확한 데이터가 있어야 한다. 그러나 신재생 에너지 데이터 분석을 위한 인위적인 데이터 수집은 비용이 많이 들고 또한 사람의 접근이 어려운 위험한 지역에서는

사고 발생 가능성이 많기 때문에 이러한 비용과 사고를 줄이기 위하여 USN (Ubiquitous Sensor Network) 환경 [11, 12, 13]에서 원격으로 데이터를 자동 수집하는 것이 추세가 되었다. 신재생 에너지 자원분야에서도 USN환경에서의 데이터 수집이 활발하게 진행되고 있다. 예를 들면 예서처럼 넓은 지역에 수천수만의 센서노드들을 뿌려 놓고 이러한 센서노드들로부터 무선 환경에서 온도, 습도, 태양열, 지열 등 데이터를 수집한다. 센서들로부터 수집된 데이터의 특징은 데이터 전송 속도가 가변적이며 많은 센서들이 데이터를 전송하고 또한 데이터의 사이즈가 아주 거대하여 무한한 데이터 스트림을 형성하기 때문에 센서 네트워크 환경에서의 데이터 전송 비용은 엄청 많이 든다. 또한 사용자들은 스트림 데이터로부터 신속한 연속적인 질의처리 결과를 요구하며 데이터의 입력이 스트림 데이터의 형식이기 때문에 질의처리 결과도 스트림 데이터 형식으로 사용자에게 반환해야 한다. 그림 1에서처럼의 스트림 데이터 특성 때문에 본 논문에서는 신재생 에너지 센서 네트워크 환경에서 데이터 스트림을 효율적으로 수집하고 센서의 전송 횟수를 감소하기 위한 필터 기반 필터링 기법을 제안하였다.

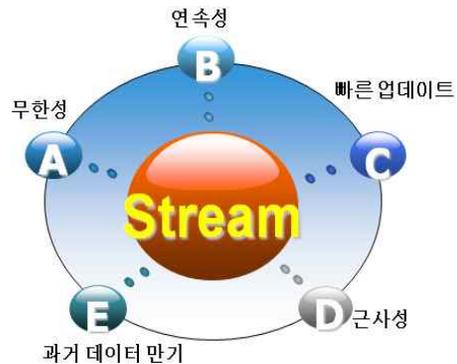


그림 1. 스트림 데이터의 특성
Fig 1. Specific of stream data

본 논문의 구성은 아래와 같다. 2장에서는 스트림 데이터 관리 기술과 데이터 스트림 관리 시스템 및 이러한 시스템들에서 사용되는 연속 질의 언어에 대해서 살펴보고 3장에서는 우리가 제안하는 칼만 필터 기반 알고리즘에 대해서 설명을 하고 4장에서는 결론에 대해서 기술한다.

2. 관련 연구

데이터 스트림의 등장은 기존에 존재하는 DBMS(Database Management System)을 통한 데이터 관리 방식에 새로운 변화를 요구한다. DBMS는 정적으로 저장되어 있는 정지 상태인 레코드인 테이블을 관리하는 시스템이기 때문에 연속적인 시퀀스의 특성을 갖는 데이터 스트림은 DBMS가 아닌 DSMS(Data Stream Management System)로 처리해야 한다. DSMS는 연속적이고 빠르게 유입되는 스트림 데이터를 처리하는 시스템이다. DBMS와 DSMS의 차이점을 요약하면 표 1과 같다.

표 1. DBMS와 DSMS 비교
Table 1. Comparison of DBMS and DSMS

구분	DBMS	DSMS
데이터	영속적(Persistent)	일시적(Transient)
질의 특성	일회성	연속성
접근 방법	Random Access	Sequential Access
질의 수행	Access Plan 결정 가능	Unpredictable
저장 공간	무제한적인 자료의 저장	제한적 자료의 저장

스트림 데이터의 연속성, 무한성, 근사성, 빠른 업데이트 요구하는 등 특성을 만족하면서 또한 사용자에게 빠른 연속 질의 결과를 줄 수 있는 데이터 관리 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다.

XFilter[1]는 XML 파일 필터링 시스템으로서 사용자로 하여금 그들의 관심분야를 XPath[2] 질의 언어로 표현 가능하게 하며 XML 구조 정보를 탐색하는 것으로서 보다 표현력이 있는 사용자 파일을 생성하게 한다. XFilter는 단순한 오토마타 기법을 이용하여 스트림 데이터에 대한 질의 처리를 하였다.

OpenCQ[3]는 미국 Georgia Tech에서 1996년부터 인터넷 상의 분산되어 있는 이질 정보들의 연속적인 변화를 효율적으로 모니터링하기 위하여 개발된 프로젝트이며 NiagaraCQ[4]는 1999년부터 2002년까지 인터넷 환경에서 연속질의를 처리하기 하고 고확장성의 시스템 개발을 목적으로 진행한 프로젝트이다. 예를 들면 OpenCQ와 NiagaraCQ는 넓고 넓은 인터넷망에 분산되어 있는 웹사이트 등에 대하여 모니터링을 진행한다. OpenCQ는 점진적인 뷰 유지에 기반한 질의 처리 알고리즘을 사용하는 대신에 NiagaraCQ는 분산 환경에서 XML 질의 언어인 XML-QL을 이용한 연속 질의를 지원하며, 효율적인 질

의 평가를 위하여 연속 질의를 그룹핑하는 기법을 제안하여 질의의 확정성 문제를 해결하였으며 공통적으로 필요한 연산을 한번만 수행함으로써 전체적인 질의 처리 성능을 향상시켰다.

TelegraphCQ[5]는 미국 버클리대학에서 Adaptive Dataflow 구조 개발을 목표로 연속질의를 사용하여 유동적인 대용량의 스트림 데이터로부터 사용자가 원하는 정보를 얻기 위하여 개발되었다. TelegraphCQ는 공개 데이터베이스인 PostgreSQL의 일부분으로서 PostgreSQL의 많은 기능을 가지고 있다. 그러나 TelegraphCQ는 PostgreSQL과 약간의 차이점이 있다. TelegraphCQ에 사용되는 질의 언어로는 StreaQuel로서 정적인 릴레이션과 동적인 스트림과의 조인을 지원하며 WINDOW기능을 제외하고는 기존의 SQL과 거의 비슷하다. TelegraphCQ에서는 WINDOW연산을 위하여 WINDOWIS 연산자를 제공하며 WINDOW기능으로는 sliding, jumping과 tumbling이다. 이외에도 AQuery[6], Borealis[7], Hancock[8] 등 많은 DSMS에 관련한 시스템이 존재한다.

센서 네트워크 응용분야에서 데이터의 전송 횟수를 감소시키고 전송 비용을 줄이는 대표적인 것들로는 오차 한도 내에서 결과를 허용하는 연구[15, 16, 17]들이 있다. 또한 [18]에서는 클러스터링 기반의 ECF(Excellent Cluster Filter)기법을 제안하였다. 그러나 이러한 연구들은 센서 네트워크 내에서 연속적으로 유입되는 데이터 스트림을 어떻게 효율적으로 처리하고 네트워크의 수명을 어떻게 연장 할 것인지에 대해서는 고려하지 않았다.

3. 제안하는 필터링 기법

이 장에서는 신재생에너지 스트림 데이터 환경을 고려하여 스트림 데이터를 어떻게 효율적으로 처리하고 또한 어떻게 하면 네트워크의 수명을 연장할 수 있을 것인가를 고려하여 칼만 필터 기반 필터링 기법을 제안한다. 3.1절에서는 칼만 필터 알고리즘에 대해서 소개를 하고 3.2절에서는 우리가 제안하는 필터링 기법에 대해서 설명한다.

3.1 칼만 필터 알고리즘 [9]

칼만 필터에 사용되는 방정식은 예측을 위한 시간 갱

신 방정식 (Time update equations)과 개선된 추정 값을 얻기 위해 새 측정을 포함하기 위한 피드백을 책임지는 측정 갱신 방정식 (Measurement update equations)으로 구성된다. 시간 갱신 방정식은 현재의 상태를 시간의 순방향으로 전달하고, 다음 시간 단계의 추적을 얻기 위해 에러 공분산을 추정한다. 칼만 필터의 평가 알고리즘은 수치 문제들을 풀기위한 예측자 교정자 (Predictor corrector)알고리즘으로, 프로세스는 그림 2와 같이 진행된다.

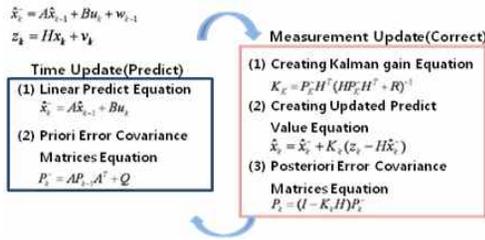


그림 2. 칼만 필터 프로세스
Fig 2. Kalman filter process

Time update 단계에서 x 는 최적화하고자 하는 상태 변수이고, 계수 A 는 한 단계에서의 상태변수와 다음 단계의 상태변수를 연결하는 변환계수를 표현한다. B 와 u 는 하나의 값으로 인식할 수 있으며, 이는 시스템에 무관한 추가 입력 값이다. 마지막으로 Q 는 k 단계에서 상태변수 x 의 참값과의 차이 값 또는 시스템 오차이다.

선형 추측 방정식을 통해 Priori 추정 값을 생성한 후 Measurement update 과정을 수행한다. Measurement update 단계에서 z 는 관측 값이고, 이는 상태변수 x 와 변환계수 H 에 의해 표현되며, R 은 관측 값 z 와 관측 참 값과의 오차이다.

그림 2에서 보듯이 측정 갱신 방정식에서 첫 번째 단계는 Kalman gain K 를 계산한다. 그리고 Z 를 얻기 위해 실제 프로세스를 측정된 후 측정을 통합하여 Posteriori 상태 추정 값을 얻는다. 각 시간과 측정 갱신 쌍들 이후의 프로세스는 새로운 Priori 추정을 이용한 이전 단계 Posteriori 추정들로 반복된다. 따라서 입력되는 스트림 데이터의 오류가 비정상적으로 증가하는 현상을 완화할 수 있어 보다 정확하게 데이터를 처리할 수 있다[10].

3.2 제안 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 칼만 필터를 기반

으로 한 확장 알고리즘이다 [14]. 데이터 유입이 빠른 신재생에너지 스트림 데이터 환경에 응용하기 위하여 몇 개의 파라미터 값들을 수정하였다. Time update단계에서는 시스템에 무관한 B 와 u 는 데이터 값의 전송 여부를 판단하는 임계치(threshold) 값으로 사용하였고 Measurement update단계에서는 z 를 센서로부터 측정된 데이터 값으로 사용을 하였다. 예를 들면 신재생에너지 데이터 중에서 온도를 측정하는데 실제 온도 값의 범위를 벗어나거나 혹은 존재할 수 없는 온도 값이 측정된다면 이러한 데이터는 유효하지 않는 데이터이기 때문에 센서 네트워크 자원을 소비하면서 그의 부모노드 또는 그 이상의 상위노드로 데이터를 전송할 필요가 없게 된다. 따라서 이렇게 비교할 수 있는 임계치 값을 이용함으로써 데이터의 필터링 여부를 판단하고 센서 네트워크에서의 데이터 전송횟수를 대폭적으로 감소시킬 수 있다. 신재생에너지 스트림 데이터에 적용하기 위하여 우리가 제안하는 모델은 [그림 3]과 같다. 우선 먼저 각 센서 노드들은 예를 들어 풍속, 풍향, 온도 등 각 신재생에너지 센서 데이터 값들을 측정하고 해당 센서의 임계치 값과 비교하여 필터링을 진행한 다음 전송 경로에 의해서 필터링 된 데이터 값을 부모 센서 노드에 전달을 한다. 각 부모 노드들은 또 이 데이터 값을 처리하기 위하여 필터링을 진행하며 필터링 된 데이터 스트림에 대해서 집계 연산을 진행한다. 각 부모노드는 또한 집계된 결과를 그 상위 부모노드한테 전달한다. 그리하여 매개 센서 노드는 오직 변경된 데이터만 전달하기 때문에 전송 비용을 대폭 감소시킬 수 있다.

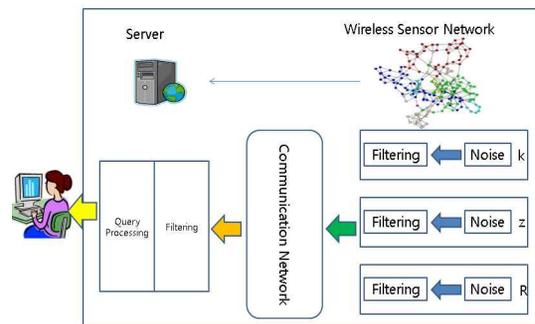


그림 3. 제안하는 필터링 모델
Fig 3. Suggested filtering model

4. 결론 및 향후 연구

화석 연료의 고갈로 하여 신재생 에너지 개발이 불가피하게 되었으며 이러한 신재생 에너지 데이터는 USN 환경으로부터 수집이 가능하여 졌다. 이렇게 측정되는 데이터는 실시간으로 연속적으로 무한히 데이터를 수집하기 때문에 주기적으로 갱신되는 데이터 수집 방법으로는 최신의 데이터를 유지하기 어려우며, 부정확한 분석 결과를 도출할 수 있다. 비록 기존의 신재생에너지 모니터링 시스템에서 센서 네트워크를 사용하여 설계하였지만 센서 네트워크 내에서 데이터 스트림을 어떻게 효율적으로 처리하고 네트워크의 수명을 어떻게 연장 할 것인지에 대해서는 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 무선 센서 네트워크 내에서 데이터 스트림을 효율적으로 수집하고 센서의 전송 횟수를 감소하기 위한 필터링 기법을 설계 하였다 제안한 기법은 신재생 에너지 분야뿐만 아니라 다른 센서 네트워크 환경에서도 충분히 활용이 가능할 것으로 예상된다.

향후에는 제안한 기법을 더 확장하여 효율적으로 이상치 데이터를 제거하고 집계 연산을 진행할 수 있도록 구현 및 평가를 진행할 예정이다 .

참 고 문 헌

- [1] M. Altinel and M. J. Franklin, "Efficient filtering of XML documents for selective dissemination of information", In Proc. of the 2000 Intl. Conf. on Very Large Data Bases, pp. 53-64, September 2000.
- [2] Xml path language (XPath) version 1.0, Nov. 1999. W3C Recommendation available at <http://www.w3.org/TR/xpath>, November, 2010
- [3] L. Liu, C. Pu, and W. Tang. Continual queries for internet scale event-driven information delivery. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, Vol.11, No.4 pp. 583-590, August 1999.
- [4] J. Chen, D. J. DeWitt, F. Tian, and Y. Wang, "NiagraCQ: A scalable continuous query system for internet databases", In Proc. of the 2000 ACM SIGMOD Intl. Conf. on Management of Data, pp. 379-390, May 2000.
- [5] S. Chandrasekharan, O. Cooper, et al. TelegraphCQ: Continuous dataflow processing for an uncertain world. In Proc. of the 1st Conf. on Innovative Data Systems Research, pp. 269-280, January 2003.
- [6] A. Lerner, D. Shasha. AQuery: Query Language for Ordered Data, Optimization Techniques, and Experiments. TR2003-836, Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University, March 2003. Available at http://csdocs.cs.nyu.edu/Dienst/Repository/2.0/Body/ncstrl.nyu_cs%2fTR2003-836/pdf, November 2010.
- [7] D.J. Abadi, Y. Ahmad, M. Balazinska, U. Cetintemel, M. Cherniack, J.H. Hwang, W. Lindner, A.S. Maskey, A. Rasin, E. Ryzkina, and others, ""The design of the borealis stream processing engine,"" Second Biennial Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR 2005), Asilomar, CA, 2005.
- [8] C. Cortes, K. Fisher, D. Pregibon, A. Rogers, F. Smith. Hancock: A Language for Extracting Signatures from Data Streams. In Proc. 6th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 9-17, 2000.
- [9] Eduardo F. N., Antonio A. L., Alejandro C. F., ""Information Fusion for Wireless Sensor Networks: Methods, Models, and Classifications"", ACM Computing Surveys, Vol.39, No.3, Article 9, 2007
- [10] J. Ankur, Y. C. Edward, and Y.F.Wang, "Adaptive Stream Resource Management Using Kalman Filters", SIGMOD, 2004.
- [11] M. Weiser, "The Computer for the Twenty- First Century," Scientific American, vol. 265, no. 3, pp. 94-104, 1991.
- [12] B. Schilit, N. Adams, R. Want, "Context- Aware Computing Applications," In Proc. of the 1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, December, pp. 85-90, 1994.
- [13] A. Dey, D. Salber, G. Abowd, and M. Futakawa, "The Conference Assistant: Combining Context-Aware with Wearable Computing," In Proc. of the 3rd International Symposium on wearable Computers, pp. 21-28, 1999.
- [14] S. K. Park, L. Wang K.H. Ryu and K.D Kim, "Sensor Network based Filtering Model for Managing New and Renewable Energy Resources," In Proc. of the 1st International workshop on Aware Computing, pp.656-657, 2009
- [15] Antonios Deligiannakis, "Hierarchical In-Network Data Aggregation with Quality Guarantees," In Proceedings of EDBT, pp.658-675, 2004
- [16] K. Elleithy, "Decentralized Kalman Filter in Wireless Sensor Networks -Case Studies. Advances in Computer, Information and Systems Sciences and Engineering, pp.61-68, 2005.

- [17] Xingbo Yu, "Approximate Monitoring by Aggregation-Oriented Clustering in Wireless Sensor Networks," ICDE, submitted, Bangalore, India, 2003
- [18] 장수민 강광구 유계수 "센서데이터의 연속적인 스카이라인 질의 처리를 위한 효율적인 필터링 기법," 정보과학회논문지 제5권 제2호 pp.938-942, 2009.

황 미 영(Mi-Yeong Hwang)



- 2009년 2월: 청주대학교 컴퓨터정보공학과 공학사
- 2010년 3월 ~ 현재: 충북대학교 일반대학원 컴퓨터과학과(석사과정)

<관심분야> : 데이터베이스, 데이터마이닝, GIS

저 자 소 개

김 성 호(Cheng-Hao Jin)



- 2004년 6월: 중국 연변과학기술학원 학사
- 2008년 8월 : 충북대학교 일반대학원 전자계산학과(공학석사)
- 2008년 8월 ~ 현재: 충북대학교 일반대학원 전자계산학과(박사과정)

<관심분야> : 데이터베이스, 데이터마이닝, GIS

김 상 엽(Sang-Yeob Kim)



- 2008년 2월: 충북대학교 전자계산학과 학사
- 2010년 2월: 충북대학교 일반대학원 전자계산학과(공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재: 한국에너지기술연구원 연구원

<관심분야> : 데이터베이스, 데이터마이닝

이 훈(Xun Li)



- 2009년 6월: 중국 연변과학기술학원 학사
- 20011년 8월: 충북대학교 일반대학원 전자계산학과(공학석사)
- 2011년 8월 ~ 현재: (주)에이텍 연구원

<관심분야> : 데이터베이스, 데이터마이닝, 바이오인포매틱스

김 광 득(Kwang-Deuk Kim)



- 1987: 대전산업대학교 전자계산학과 공학사
- 1999: 전북대학교 대학원 전산통계학과 이학석사
- 2010: 충북대학교 대학원 전자계산학과 이학박사

• 1981년~현재: 한국에너지기술연구원 책임기술원
<관심분야> : 시공간 데이터베이스, 데이터마이닝

김 규 익(Kyu-Ik Kim)



- 2010년 2월: 나사렛대학교 정보통신학과 공학사
- 2010년 3월 ~ 현재: 충북대학교 일반대학원 컴퓨터과학과(석사과정)

<관심분야> : 시공간 데이터베이스, 데이터마이닝, 웹서비스

류 근 호(Keun-Ho Ryu)



- 1976년. 숭.실.대.학.교. 공.학.사.
- 1980년. 연.세.대.학.교. 공.학.석.사.
- 1980년~1983년. 한국전자통신연구원
- 1983년~1986년 한국방송통신대학교 조교수

• 1988년 연세대학교 공학박사
• 1986 ~ 현재: 충북대학교 전자정보대학 전자계산학과 교수
<관심분야> : 데이터베이스, 데이터마이닝, 바이오인포매틱스