

서버 성능 관리를 위한 장애 예측 시스템

임복출* 김순곤**

A Prediction System for Server Performance Management

Bock-Chool Lim* Soon-Gohn Kim**

요약 현재 및 향후 떠오르고 있는 빅 데이터 사회에서는 수집된 정보의 분석이 그 핵심 기술로 인식되고 있다. 또한 발생하는 데이터가 보다 다양하고 더욱 대용량화 되는 특징을 가지는 빅 데이터화가 가속될 미래의 진화된 지능화 사회에서는 예측 기술을 바탕으로 가치창출을 통한 최적화된 사회를 지향할 것으로 보인다. 지속적으로 사용되어질 IT 시스템 운영 시 발생하는 다양한 데이터와 대량의 데이터에 대하여 빅 데이터 기반 기술을 활용하면 IT 시스템의 장애 방지와 안정적 운영이 가능할 것이다. 본 논문에서는 서버 성능 모니터링을 통한 데이터를 수집·분석하고자 빅 데이터 수집·분석 기술을 활용한 환경을 제안하였고, 또한 장애 예측을 위한 시계열 예측 모형을 도출하여 제안하였다. 빅 데이터를 처리하는 서버 성능 관리 측면에서, 본 논문에서 제안하는 이 모델을 통하여 서버 운영자는 사전 장애 예측을 통하여 IT 시스템의 안정적 운영이 가능할 것이다.

Abstract In society of the big data is being recognized as one of the core technologies which is analysis of the collected information, the intelligent evolution of society seems to be more oriented society through an optimized value creation based on a prediction technique. If we take advantage of technologies based on big data about various data and a large amount of data generated during system operation, it will be possible to support stable operation and prevention of faults and failures. In this paper, we suggested an environment using the collection and analysis of big data, and proposed an derive time series prediction model for predicting failure through server performance monitoring for data collected and analyzed. It can be capable of supporting stable operation of the IT systems through failure prediction model for the server operator.

Key Words : Big Data, Data Mining, Prediction System, Server Monitoring, Time Series

1. 서론

제4차 산업혁명 시대에서는 수집된 정보의 분석이 그 핵심 기술로 인식되고 있으며, 인공지능 기반의 지능화 사회에서는 예측 기술을 바탕으로 가치창출을 통한 최적화된 사회를 지향할 것이다[1]. 특히 빅 데이터의 활성화를 위하여 대량의 데이터를 수집·분석할 수 있는 하드웨어, 데이터 플랫폼, 분석기술(자연처리, 의미분석, 데이터 마이닝)과 같은 소프트웨어의 개발이 필수다[2]. 예를 들어, 정보시스템 운영 환경에서 시스템의 이상징후를 발견, 기록, 통지하기 위한 시스템 감

시활동(모니터링)을 통한 다양한 데이터가 발생하고 있으며, 해당 분야에서는 데이터 수집 빈도, 수집 에이전트의 부하의 최소 크기, 수집 자동화 및 에이전트의 크기를 줄이면서 시스템 정보를 축적하는 방법 등의 다양한 소프트웨어 개발에 대하여 연구가 진행되어 왔으며, 더 나아가 다양한 데이터 타입의 수집과 데이터를 분석하기 위한 방법들에 대한 연구가 필요하다[3]. 본 논문에서는 서버 성능 관리를 위하여 서버의 성능에 영향을 미치는 성능 지표를 정의하고 정의된 지표를 모니터링 할 수 있는 시스템을 설계하고 구현한다[4].

This Paper was supported by Joongbu University Research & Development Fund in 2018.

*Wecoms Co., Ltd.

**Corresponding Author : School of Software Engineering, Joongbu University (sgkim@joongbu.ac.kr)

Received November 20, 2018

Revised November 26, 2018

Accepted December 01, 2018

서버 성능 모니터링 데이터는 시간의 흐름과 일정한 시간을 두고 축적이 되며, 시간의 흐름에 따라 변하는 현상을 관찰함으로써 얻어지는 일련의 자료들이며, 이와 같은 데이터를 시계열 데이터라 한다. 시계열 데이터 분석의 주요 목적은 두 가지로 나눌 수 있는데, 먼저 모형 수립이며, 관측된 시계열 자료의 여러 성질들을 조사 분석하고, 해당 시계열의 확률적 특성을 체계화하여 적합한 시계열 모형을 찾는 것이다. 두 번째는 예측이며, 수립된 모형을 가지고 미래의 값을 제시하는 것이다[5].

시계열 모형에 의한 예측은 예측될 변수 자체의 과거 자료에서 어떠한 패턴을 발견하여 미래에도 그러한 패턴이 특성을 잃지 않고 반복될 것이라는 가정 하에, 모형을 확립하여 미래를 예측하는 방법이다[6].

본 논문에서는 서버 장애 예측을 위하여 성능 지표 기반의 모니터링 데이터를 빅 데이터라 가정하고 빅 데이터 수집·분석 기술(데이터 마이닝-시계열 예측)을 활용한 시스템을 제안한다.

2. 관련연구

2.1 빅 데이터 환경 : 수집, 처리 및 분석

맥킨지(McKinsey)는 빅 데이터를 ‘전통적인 데이터베이스 S/W를 통해 저장, 관리, 분석할 수 있는 규모를 초과하는 데이터’라 정의하고 있다. 이 외 다양한 빅 데이터의 정의를 종합하여 살펴보면 빅데이터는 빅 트랜잭션 데이터와 상호 작용 데이터 및 빅데이터 처리로 구성된 세 부분이 융합된 것으로, 트랜잭션과 상호작용 데이터를 모두 포함해서 적절한 비용과 시간, 일반적으로 사용되는 기술을 사용하여 파악 및 관리하기에는 너무 방대하고 복잡한 데이터를 의미하는 것이라고 할 수 있다[1].

데이터 수집, 데이터 전처리, 정보 저장 관리, 정보 처리·분석 및 지식 가시화를 통하여 지식을 활용하기까지의 소프트웨어를 빅 데이터 처리 플랫폼이라고 한다[7].

2.2 서버 성능 모니터링

서버 성능 모니터링은 통합된 정보시스템의 모든 구

성요소 즉, 서버, 네트워크, DBMS, 응용 소프트웨어 등의 효율적인 활동능력을 부여한다. 모니터링의 목적은 성능에 관계된 모든 상태를 감시하여, 최적의 서비스 품질과 정보시스템 자원의 효율성을 유지 및 제고시키는 것이다[8].

정보시스템 각각의 구성요소(서버, 네트워크, DBMS, 응용 소프트웨어 등)에 대한 성능 및 상태를 측정(Monitoring)하는 과정이다. 성능 데이터를 수집하고, 수집된 자료를 기초로 성능과 상태를 분석한다. 일반적인 성능지표는 다음 Table 1과 같다.

표 1. 성능 지표
Table 1. Performance metrics

성능지표	정의	단위(예)	목표
응답시간 (Response Time)	작업 처리를 요청한 시간으로부터 이를 시스템이 처리하여 결과를 보여줄 때까지 소요된 시간	초	낮춤
시간당 처리량 (Throughput)	시스템이 성공적으로 처리한 단위 시간당 요청(트랜잭션) 처리 건수	TPS, OPS	높임
자원 사용량 (Utilization)	자원(CPU, 메모리 등)들의 용량 중 실제 사용하고 있는 값의 비율	%	높임
효율성 (Efficiency)	시간당 처리량을 자원사용량 또는 비용으로 나눈 값	%, tpmC	높임

TPS : Transactions Per Seconds, 초당 트랜잭션 처리건수
OPS : Operations Per Seconds, 초당 요청 처리건수
tpmC : transactions per minute per Cost, 단위 비용당 분당 처리건수

2.3 시계열 예측

대용량의 데이터로부터 이들 내에 존재하는 관계, 패턴, 규칙 등을 탐색하고 모형화 함으로써 유용한 지식을 추출하는 일련의 과정들을 데이터 마이닝이라 한다. 과거의 데이터를 기반으로 예측 모형(Predictive Model)을 만들어서 미래의 데이터를 적용하고 적용된 모델을 토대로 통계 기법을 통해 미래 데이터를 예측한다. 시계열(Time Series)은 일정 시간 간격으로 배치된 데이터들의 수열을 말한다. 시계열 분석은 이런 시계열을 해석하고 이해하는 데 쓰이는 여러 가지 방법을 연구하는 분야이다. 시계열 예측(Time Series Prediction)은 주어진 시계열을 보고 수학적 모델

만들어서 미래에 일어날 것들을 예측하는 것을 뜻한다 [5].

3. 모니터링 지표와 예측 모형

3.1 모니터링 지표 분류

정보시스템 운영·관리 지침과 상용 및 오픈소스 기반의 솔루션 기준으로 모니터링 지표를 도출하였다. 서버, 네트워크, 스토리지, DBMS, 미들웨어, 응용 프로그램 분야 6개에서 89개의 감시항목을 도출하였다. 이를 CPU, Memory, 디스크, 프로세스, 네트워크, 응용 프로그램에 대하여 1차로 모니터링 솔루션과 비교하였다. 2차로 실제 A사의 모니터링 솔루션의 지표별 데이터를 수집하여 빈도·교차분석을 진행하여 2차 모니터링 지표를 정리하면 다음 Table 2와 같다.

표 2. 모니터링 지표(2차)
Table 2. Second Monitoring metrics

분야	감시항목	항목개수
CPU	CPU Min, Max, Average 사용량	3
Memory	Memory Min, Max, Average 사용량	3
디스크	Device별 Disk Min, Max, Average 사용량	3
프로세스	Instance별 CPU(Min, Max) 사용량, Memory(Min, Max) 사용량, Process down, Operating System 감시	6
네트워크	Instance card별 Send, Send error, Receive, Receive error, Collision, Ping 여부, Channel down, Node down, 서비스 포트	9
응용 프로그램	Service별 시도호, 성공호, 성공률, 성공 및 오류 코드 횟수, 평균 응답 시간, 응답 시간별 성공호의 수, Service별 동시 접속 Users, 서비스 Daemon down, Agent 감시, 사용자 세션	11

3.2 모니터링 지표에 대한 가설 및 검증

2차로 도출된 모니터링 지표를 기준으로 빅데이터 환경을 위하여 실시간 감시 및 예측을 위한 가설을 수립하고 실제 A사의 2018년 4월에서 2018년 9월까지

의 약 6개월의 모니터링 데이터를 통하여 검증하였다. 최종 모니터링 지표를 정리하면 다음 Table 3과 같다.

표 3. 모니터링 지표(최종)
Table 3. Final Monitoring metrics

분야	가설 요약	유효항목
CPU, Memory, Disk 등	[1] Peak 시간 CPU 사용율 [2] Peak 시간 Memory 사용율 [3] 전체 Disk 사용율	[가설 1]
Process, Queue 등	[4] 특정 Process가 CPU 사용율 [5] 특정 Process가 차지하는 메모리 사용율 [6] Process의 개수 [7] 특정 Process의 Thread 개수	[가설 4] [가설 5] [가설 7]
네트워크, Node 등	[8] 해당 서버나 네트워크 장비에 Ping 응답 시간 [9] 해당 서버나 네트워크 장비에 호출된 요청/응답의 패킷 [10] 특정 서비스 제공 Port에 대한 접속 건수	[가설 9]
Web, WAS 등	[11] Web, WAS에서 발생하는 로그에서 응답시간 [12] Web, WAS에서 발생하는 로그에서 서비스 응답 실패율	제외

가설 검증을 통한 최종 모니터링 지표별 임계치를 정리하면 다음 Table 4와 같다.

표 4. 지표별 임계치
Table 4. Metrics threshold

모니터링 지표	임계치	비고
Peak시간	Max 55%이상, Avg 3	허용치 범위 ±5%
CPU 사용율	0%이상	
특정 Process의 CPU 사용율	지정값 이하	실제 A 운영 서비스 : 10%
개별 Process 메모리	지정값 이하	실제 A 운영 서비스 : 65%
특정 Process의 Thread	Max 30%이상, Min 1 3%이상	실제 A 운영 서비스 : 평균 160개(6개월)
요청/응답 패킷 사용율	평상시보다 50%이상	허용치 범위 ±5%

3.3 시계열 분석 및 예측 모형

3.3.1 예측 모형 구조

본 논문의 예측 모형 구조는 다음 Fig 1과 같다.

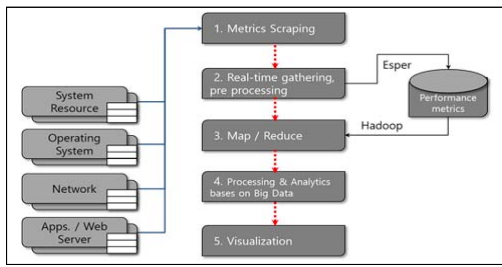


그림 1. 예측 모형
Fig. 1. Prediction Model

예측 모형은 서비스를 운영하는 운영 시스템에서 자동으로 모니터링 데이터를 수집(감시항목 Scraping)하여 장애가 발생할 수 있는 상황을 미리 감지하기 위하여 실시간 처리, 분석, 시각화 부분을 보여준다.

3.3.2 시계열 분석 및 예측

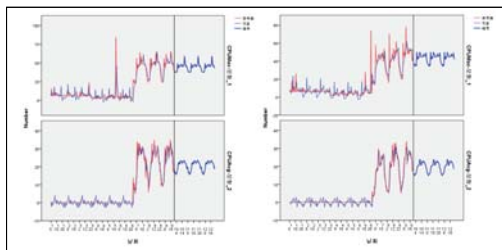


그림 2. 정상
Fig. 2. Normal operation

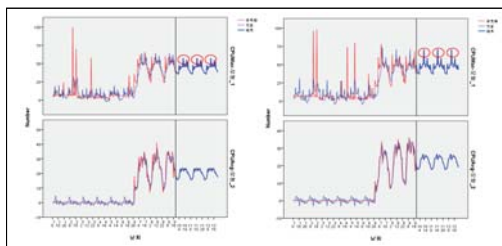


그림 3. 장애
Fig. 3. Failure operation

서비스 운영 데이터를 기준으로 장애가 발생했던 날짜와 중복되지 않게 전후 1일 데이터를 기준으로 시계열 분석을 하였다. 정상과 장애 기점의 분석 및 예측 결과는 상기 Fig 2, Fig 3과 같다.

정상시와 장애시의 데이터를 시계열 예측해 본 결과, CPU 사용량 Average는 거의 유사한 모형을 나타내고 있다. CPU 사용량 Max에 대하여는 장애 기점을 중심으로 예측한 모형이 정상 서비스 운영시보다 순간적으로 사용량 증가가 있음을 알 수 있다. 시계열 분석 결과 예측 모형은 단순계절 모형을 나타낸다.

정상시와 장애 기점 데이터를 근간으로 예측한 모형을 적용하여 검증을 하였다. 1 Cycle에 중간지점에서 CPU의 사용량이 급증하게 나타나 시계열 4월까지 추산된 모형과 유사한 시계열 모형이 나왔다. 또한 CPU 사용량은 실시간 장애 대응 감시항목 임계치 내에서 조정되고 있음을 나타내고 있다. CPU 사용량이 Max 55%이하, Average 30%이하를 나타내고 있으며, 이 이상이 되면 장애가 발생할 수 있음을 의미한다. 시계열 예측 값과 2018년 10월 이후의 측정값을 비교하면 다음 Fig 4와 같다.

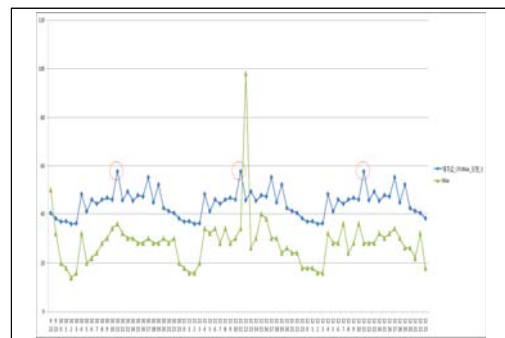


그림 4. 시계열 예측 검증
Fig. 4. Verification of Time Series Prediction

시계열 예측값의 표시된 원형 지점 3군데를 보면 장애가 발생할 수 있는 것으로 예측이 되었다. 이를 실제 데이터와 비교하면 위험 징후군 중 1군데에서 실제로 장애가 발생하였다.

4. 서버 장애 예측 시스템 구축

4.1 구축환경

빅 데이터 환경을 고려한 서버 장애 대응 예측 모형 설계에서 제한한 모형을 기준으로 빅 데이터 환경을

구축하였다. 구축된 환경하에 실시간 서버 모니터링 데이터 수집 및 가공, 처리, 분석을 진행하였고 ‘Peak 시간 CPU 사용율’을 중심으로 검증을 진행하였다.

4.1.1 빅 데이터 환경 구축

서버 장애 모니터링을 위하여 오픈 소스 Ganglia와 수집 데이터의 실시간 전송을 위한 Esper를 적용하였고 분석을 위한 빅 데이터 분석 플랫폼 Hadoop기반으로 구성하였고 다음 Fig 5와 같다.

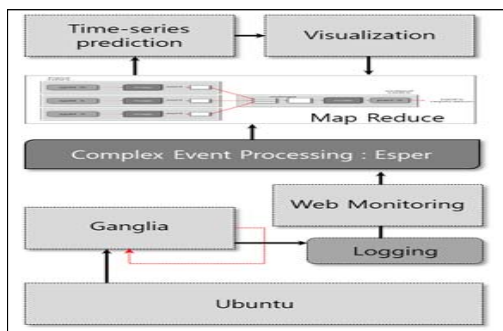


그림 5. 모듈 구성도
Fig. 5. Module configuration

4.1.2 빅 데이터 수집 및 분석 환경

빅 데이터 환경을 고려한 서버 모니터링 데이터를 수집하기 위하여 오픈 소스인 Ganglia 3.6.x와 HDFS (Hadoop Distribution File System)와 개발 플랫폼 구성을 위하여 hadoop 2.2.x, hive 0.12.x, pig 0.12.x를 설치하였고, 빅 데이터 분석과 시각화를 위하여 SAS 9.1.2를 사용하였다. 빅데이터 처리 분석 기술로 Hadoop의 맵리듀스(Map Reduce)를 사용하였다.

맵리듀스 과정을 정의하면 다음 Fig 6과 같다.

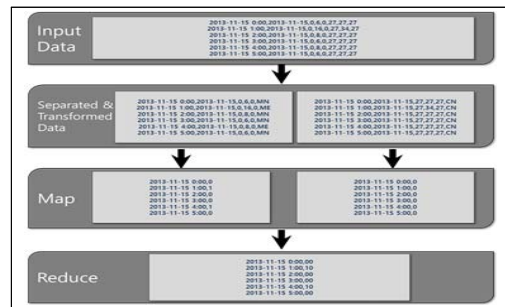


그림 6. 맵리듀스 모델링
Fig. 6. MapReduce Modeling

4.2 서버 장애 예측 모형 분석 및 검증

JMeter를 활용하여 부하시험을 진행하였고 예측 모형을 검증하였다. 부하는 Threads의 개수와 Loop Count를 가지고 진행하였다. 시간에 비례하여 Threads의 개수는 1000, 100, 2000, 100로 주었으며, 시간 간격은 최초에 2분, 8분, 10분으로 하였으며, 1세트별 시간 간격은 1분으로 하였다. 또한 2세트가 완료된 시점에 진행된 시간 간격을 2배로 늘려 부하를 발생하였다. 이는 시간의 간격이 변경되어도 예측이 가능한 모형이 발생되어 시스템 운영자가 어느 정도 시간 후에 장애 발생 가능성의 예측이 가능하다는 것을 검증하기 위함이다.

빅 데이터 환경을 고려한 서버 성능 모니터링 환경에서 감시되는 모니터링 지표별 데이터는 자동화되어 로그로 쌓인다. 이를 Ganglia에서 제공하는 Web-frontend 화면에서 CSV 파일로 추출하였고, 상용 솔루션 SPSS의 검증 결과는 다음 Fig 7과 같다.

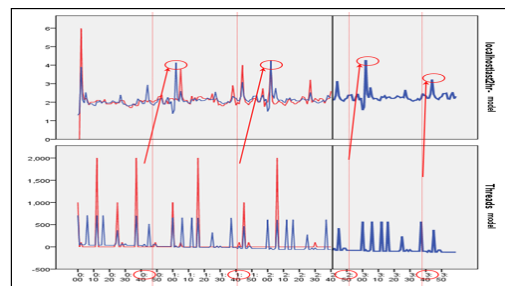


그림 7. 검증 결과
Fig. 7. Verification results

부하 데이터와 Peak시 CPU 사용량을 비교하면, 부하가 발생한 시점(시간에 4/5지점)을 기점으로 CPU 사용량이 늘어나는 것으로 분석되었으며, 예측치도 이 시간대에 CPU 사용량이 늘어날 것으로 예측이 되었다. 이는 Peak시 CPU 사용량이 서버 성능 모니터링에 유의한 영향(+)을 미치는 것을 의미한다. 시계열 모형으로는 Winters가법 모형이 가장 적합한 모형으로 분석되었다. Winters가법 모형은 선형 추세와 계절 효과가 계열 수준에 따르지 않는 계열에 적합하다. 평할 모수는 수준, 추세 및 계절이다. Winters의 가법 지수평활은 자기회귀분석 차수가 0, 차분 차수가 1, 계절차분 차수가 1, 이동평균 차수가 p+1인 ARIMA모형(ARIMA(0,0,0)(0,1,1))과 가장 비슷하다. 여기서 p는 계절 등간에서의 주기 수이다. 부하의 개수 및 시간 흐름에 따라 CPU의 영향을 비교하면 Table 5와 같다.

표 5. 스레드 개수와 예상 오류
Table 5. Thread counts and expected fault

Thread counts	Expect Fault	비고
1000 -> 100	부하의 영향이 별로 없음(순간적 상승 및 하향 곡선)	
100 -> 2000	부하의 영향이 별로 없음(하향 곡선을 그리다가 순간적 상승)	
2000 -> 100	부하가 발생되어 다음 번까지 영향을 미침(상승된 곡선이 유지)	
100 -> 1000	서서히 부하가 줄고 있음	

계속 반복 : 시간이 증가(2분, 8분, 10분)함에 따라 약 4/5 지점에서 장애 발생 예측, 10분 이후에 측정된 값은 예측치에서 제외가 되어 부하가 끝나는 것처럼 보임

5. 결론

무수히 많은 데이터가 실시간으로 발생함에 빅 데이터의 영향력이 증대되고 있는 상황에서 정보시스템 운영 및 관리 분야에도 해당 기술의 적용이 필요하다. 하지만 현재는 빅 데이터 활용은 미비한 상태이다. 본 논문에서는 미비한 서버 모니터링 감시분야에 빅 데이터 환경을 고려한 모니터링과 장애 발생 이전에 예측이 가능하도록 서버 장애 모니터링 방안을 제안하였다. 또한 도출된 모니터링 지표 및 가설의 적용 및 검증을 위하여 실시간 서버 모니터링 시험 환경을 구축하였다. 이를 통하여 가상의 서비스 환경에서 시계열 분석과

예측의 결과를 검증하여 구축된 환경을 빅 데이터 환경을 고려한 서버 장애 모니터링 시스템 아키텍처로 제안하였다.

REFERENCES

- [1] "Trend of Data Big Bang, Big Data", pp.24-26, Journal of Broadcasting and Communication, 2012.07.05
- [2] "Trends and Current Issues of Big data", Vol.24, No.19, pp.49-67, The Policy of Broadcasting and Communications, 2012.12.16
- [3] KI Kim, "An Extensible Performance Monitoring Framework for Web Cluster System", Handong Global University(Doctor's Thesis), 2005
- [4] DK Seon, "Design and Implementation of Effective Performance Monitoring System for Management of Multiple Web Servers", Joongang University(Master's Thesis), 1999
- [5] JW Joo, "Time series analysis and modeling for the investigation of seawater intrusion into fractured rock aquifer in Muan, Korea", Jeonnam National University(Master's Thesis), 2008
- [6] NG Her, "A Study on the Air Travel Demand Forecasting using Time-Series Model", Korea Aerospace University(Doctor's Thesis), 2010
- [7] "The Classification and Trend of Big Data Technology", The Big Data Strategy Center in NIA, pp.48-50, 2013.12
- [8] "The Guidelines of Information Systems Operation and Management", Ministry of Information and Communications, 2005.12
- [9] Seokjin Im, Hee-Joung Hwang, 'Design and Implementation of Message Format and Server for Interworking EMR System and Gateway of Medical Devices', The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication VOL. 13 No. 6, 2013

저자약력

임 복 출(Bock-Chool Lim)

[정회원]



- 중부대학교 인문산업대학교
정보과학과 (공학석사)
- 중부대학교 일반대학원
정보과학과 (공학박사)
- (주)비티비솔루션 스마트
서비스 개발본부 본부장 외
- (주)위캡즈 대표이사

〈관심분야〉 클라우드, 빅데이터, 머신러닝/딥러닝, 데이터마
이닝, 시계열 분석 및 예측, 서버 장애 예측

김 순 곤(Soon-Gohn Kim)

[중신회원]



- 전북대학교 일반대학원 전자계산
기공학과 졸업(공학박사)
- 동아생명보험(주) 전자계산실 (DBA)
- 한국원자력연구소 핵전산연구부
(선임연구원)
- 중부대학교 소프트웨어공학부 (교
수)

〈관심분야〉 데이터베이스시스템, 정보보호암호화응용프로토
콜, 정보시스템감리, 데이터마이닝, 유비쿼터스컴퓨팅, 서
버장애예측, 소프트웨어시스템분석설계