

u-City응용에서의 시간 패턴을 이용한 단기 전력 부하 예측

(Short-term Power Load Forecasting
using Time Pattern for
u-City Application)

박 성 승* 손 호 선**

(Seong Seung Park) (Ho Sun Shon)

이 동 규*** 지 은 미****

(Dong Gyu Lee) (Eun Mi Ji)

김 희 석***** 류 근 호*****

(Hi-Seok Kim) (Keun Ho Ryu)

요 약 u-City 활용을 위한 u-공공시설의 개발은 첨단 건축기술과 유비쿼터스 컴퓨팅의 통합으로 새로운 형식의 공간계획과 공공시설물을 내외부에 설치하기 위해 건물의 기반 서비스 시설인 냉난방, 공조, 조명 그리고 전력 관련 시설들의 기반이 구축되어야 한다. 따라서 이 논문에서는 이러한 기반 서비스를 위한 가장 기본적인 것 중 하나인 단기 전력 시스템의 수요와 공급 문제를 해결하기 위하여 시계열 분석을 적용한 시간 패턴 분석을 통해 전력 수요 예측 기술을 제안한다. 시간 패턴 분석을 위해 SOM 알고리즘과 k-means 기법을 적용하여 요일별, 시간별 데이터를 군집화하고 그 자료를 이용하여 시간 패턴 분석 방법인 지수평활기법과 ARIMA 모형을 비교 분석하였다. 제안 시스템 성능 평가 결과 지수평활기법 보다 ARIMA 모형을 적용한 시스템이 더 좋은 결과를 보였다. 따라서, 이러한 전력 부하 예측 결과를 이용하여 전력 공급의 수요에 따른 계획이나 시스템 운영을 효과적으로 할 수 있다.

키워드 : u-City, u-공공시설, 기반 서비스, 전력시스템, 시간 패턴, 전력 부하 예측

Abstract Developing u-Public facilities for application u-City is to combine both the state-of-the art of the construction and ubiquitous computing and must be flexibly comprised of the facilities for the basic service of the building such as air conditioning, heating, lighting and electric equipments to materialize a new format of spatial planning and the public facilities inside or outside. Accordingly, in this paper we suggested the time pattern system for predicting the most basic power system loads for the basic service. To application the time pattern we applied SOM algorithm and k-means method and then clustered the data each weekday and each time respectively. The performance evaluation results of suggestion system showed that the forecasting system better the ARIMA model than the exponential smoothing method. It has been assumed that the plan for power supply depending on demand and system operation could be performed efficiently by means of using such power load forecasting.

Keywords : u-City, u-Public Facilities, Basic Service, Power System, Time Pattern, Power Load Forecasting

1. 서 론

u-City 활용을 위한 u-공공시설의 개발은 첨단 건축기술과 유비쿼터스 컴퓨팅의 통합으로 새로운 형식의 공간계획과 공공시설물이 내외부에서 구현되어야 한다. u-공공시설은 다양한 IT 관련 시스템들의 교체 설치 및 이용패턴의 다변화가 가능한 형태로 지원해야 한다. 평면이나 공간의 가변화에 대한 전제는 건물의 기반 서비스 시설인 냉난방, 공조, 조명, 전력 등의 필수적인 요소와 더불어 최근 우리나라 사람들의 생활패턴 변화에 따라 꼭 필요한 시설인 네트워킹 관련 시설들이 새로이 구성되고 자유자재로 지원할 수 있도록 이들 시설들의 재배치 및 접속이 쉽게 이루어 질 수 있는 방식으로 되어야 한다. u-공공시설의 각 공간에 기본적으로 전력공급과 통신 네트워크 구축을 위한 케이블링 및 액세스 포인트에 대한 배려는 물론 필요에 따라 냉난방/급배수에 대한 계획이 요구된다[1][2]. 이러한 u-공공시설을 위한 기반 서비스 중 하나인 전력의 최적 운영 계획을 수립하기 위해서는 연간 최대 전력 부하 및 시간대 별 전력 부하에 대한 단기 및 장기 부하 예측이 필요하다. 전력 부하 예측은 전력의 수요 공급에 따른 문제를 해결 할 수 있다. 따라서 u-공공시설의 개발을 위해 측정된 전력을 이용 전력시스템의 단기적 전력 부하의 변이를 파악하여 전력 수요를 예측하고 전력 공급을 효과적으로 할 수 있는 시간 패턴 분석이 요구된다. 수분에서 수개월까지의 기간을 대상으로 이루어지는 부하 예측은 전력업체의 계획이나 운영에 중요한 요소이며, 시스템 운영자의 순동예비력 수급계획 작성을 도와주고, 또한 사전에 시스템의 취약점을 감지할 수 있게 함으로써 시스템의 안전성 확보에도 기여할 수 있다. 특히 단기 부하 예측은 발전 비용 및 신뢰도와 밀접한 관계가 있으며 가까운 날의 수요 패턴과 기상변화

* 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 및 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구인(지역거점 연구단육성사업/충북BIT연구중심대학육성사업단).

* 국방대학교 전산실, parkss7@hanmail.net

** 충북대학교 전자계산학과 박사과정, shon0621@dblab.chungbuk.ac.kr (교신저자)

*** 충북대학교 전자계산학과 박사과정, dglee@dblab.chungbuk.ac.kr

**** 해천대학교 의료정보과 교수, emji@hu.ac.kr

***** 청주대학교 전자공학과 교수, khs8391@cju.ac.kr

***** 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수, khryu@chungbuk.ac.kr

논문접수 : 2009.02.11

수정일 : 2009.03.09

심사완료 : 2009.03.17

에 많은 영향을 받는다. 이러한 단기적 전력 부하 예측의 목적은 기상조건과 과거의 자료를 고려하여 다음날의 전력수요를 예측하는 것이다. 일반적으로 전력 부하 모델은 통계적 시계열 분석 기술에 의존하고 있다. 그러나 이러한 기존의 예측 방법들이 휴일에는 만족스런 결과가 나오지 않기 때문에 보다 정확한 예측기술이 필요하다 [3][4][5].

이 논문에서는 전력 사용 예측을 효과적으로 하기 위하여 단기 전력 부하 예측의 기능을 갖는 시스템을 제안하고, 실제 시스템을 적용하기 전에 전처리 작업으로 k-means 군집화 기법과 자기조직화지도(SOM, Self-Organization Map) 알고리즘을 적용하여, 시간 패턴 분석 방법인 지수 평활 기법과 ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) 모형 시스템의 전력 사용 예측 정확도를 향상시켰다. 요일 별 전력 사용량을 통해 단기 부하 예측을 실행하고, u-City를 활용을 위한 기반 서비스인 전력의 부하에 영향을 미치는 요인으로 기온이 어떤 관계가 있는지 살펴보았다.

2. 관련 연구

이러한 u-City 활용을 위한 기반 서비스인 전력 부하 예측 방법을 적용하기 전 전처리 단계에서 이상치 제거를 위해 SOM 알고리즘을 사용 하였다. SOM 알고리즘 실행으로 얻어진 데이터들을 다시 k-means 알고리즘을 이용하여 전력 부하의 프로파일을 생성하였다[6]. SOM 알고리즘은 헬싱키 대학의 T. Kohonen에 의해 최초로 소개되었으며 코호넨 맵 이라고도 불린다. SOM 알고리즘은 특징 벡터가 주어지며 어떤 차원에서도 사용된다. 대부분의 응용에서는 차원이 높으며, 차원의 확장보다는 감소를 위해 주로 사용된다. SOM은 하나의 맵이 만들어지는 훈련 과정 동안, 신경망은 경쟁 과정을 통해 스스로를 조직화한다. 그 신경망은 두 번째 단계에서 기대되는 벡터의 종류를 대표할 수 있을 정도로 가능한 많은 수의 입력벡터가 주어져야 한다. 그렇지 않으면 모든 입력벡터는 여러 차례 적용되어야 한다. 하나의 새로운 입력벡터가 맵상의 위치를 빠르게 얻게 되는 매핑 동안에, 그 입력벡터는 자동적으로 분류되고 범주화 된다[6].

K-means 알고리즘은 비계층적 군집방법 중 가장 널리 사용되는 방법이며 가장 간단한 비감독학습 알고리즘 중 하나이다. 사전에 정해진 어떤 수의 클러스터를 통해서 주어진 데이터 집합을 분류하는 간단하고 쉬운 방법이다. 입력 데이터에 대한 군집화를 위한 알고리즘으로 반복적인 방법으로 목적함수를 최소화시켜 나감으로 군집을 형성할 수 있다 [7][13].

기존의 단기 전력 부하 시스템으로는 여러 가지 방법이 사용되고 있으나 일반적으로 평활 기법과 회귀모델에 기반 한 전력 부하 예측 시스템과 자기회귀이동평균 기법이 사용되었다[8]. 그러나 이러한 방법들은 평일에는 신뢰성이 있는 편이지만 휴일에는 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다. 또한 인공지능을 활용한 전문가 시스

템과 퍼지 이론을 적용한 기법들이 개발되고 있다[9].

3. 전력 부하 예측 시스템

다음 그림 1은 전력 부하 시스템의 전체적인 프레임을 표현한 것이다. AMR 전력 부하 데이터를 이용 전처리 작업을 통해 노이즈와 일별, 요일별 전력 프로파일을 생성 할 수 있다. 그리고 전처리 작업에서 얻은 결과를 이용하여 전력 수요 예측 시스템인 지수 평활 기법과 ARIMA 모형을 적용하여 단기 전력 부하 패턴을 예측 할 수 있으며, 이 시스템은 예측 시스템의 성능 및 평가를 통해 최적의 모형이 되도록 모수를 조정 할 수 있다. 제안된 전력 부하 시스템에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

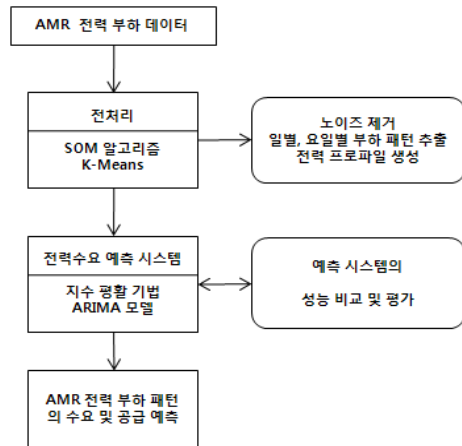


그림 1. 전력 부하 예측 시스템

3.1 지수 평활 기법

관측된 과거 및 현재의 시계열 자료에 대해서 이동평균, 가중평균 등의 방법을 사용하여 불규칙 변동을 평활시켜서 시계열의 미래의 값을 예측하는 방법이 평활기법에 의한 시계열 예측 방법이다. 이러한 평활 기법에는 이동평균 평활 기법과 가중평균 평활 기법인 지수 평활기법이 있다. 지수 평활 기법은 수평적 시계열 자료에 적용되며, 최근의 자료에 대해 더 많은 가중치를 부여하는 방법이다. 다음 식 (1)은 이동 평균법의 단점을 보완한 예측 식을 나타낸 것이다[10].

$$F_{n+1} = aZ_n + (1+a)F_{(n-1)+1} \quad (1)$$

또한 이 방법은 관측값들에 대한 가중치의 역할을 하는 평활 상수의 결정이 매우 중요한 문제가 된다. 일반적으로 시계열 자료가 안정적이고 변동이 완만한 자료에서는 작은 값을 갖고, 변동이 심한 자료에서는 큰 값을 가지게 된다. 여기서 $F_{(n-1)+1}$ 는 시점 n-1에서 예측한 시

점 n 의 예측값을 의미하고, 시점 n 에서의 예측오차는 $E_n = Z_n - F_n$ 이 된다. a 는 평활 상수이며, 다음 식 (2)의 예측오차의 제곱합을 최소로 하는 값으로 결정된다.

$$MSE(a) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - F_t)^2 \quad (2)$$

3.2 ARIMA 모형

관찰된 시계열 자료를 하나의 시계열 모집단으로 부터 구축된 표본으로 간주하여 이들이 어떤 확률적 성질을 만족하는지 조사하고 통계적 추정 및 검정을 통하여 적절한 시계열 모형을 수립하는 것이다. 비정상 시계열을 적당한 차분을 취해 정상 자기회귀이동평균모형(ARMA: Autoregressive Moving Average) 되는 모형이다. 즉, d 차 차분한 시계열이 다음 식 (3)과 같은 모형이 된다.

$$\varphi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t \quad (3)$$

여기서, $\varphi_p(B)$ 는 정상자기회귀모형 연산자이고, $\theta_q(B)$ 는 가역 이동평균 연산자로서 공통요인으로 나누어 지지 않는다. 모수 θ_0 는 d 의 값에 따라 매우 달라진다. $d=0$ 인 경우 원계열은 정상적이고, θ_0 는 계열의 평균과 관련된 즉 $\theta_0 = \mu(1 - \varphi_1 - \dots - \varphi_p)$ 가 된다. 그러나 $d \geq 1$ 인 경우에는 θ_0 가 결정적 추세항이 된다. 식 (3)에서 비정상모형의 결과는 차수가 (p,d,q) 인 누적자기회귀이동평균 즉, ARIMA 모형을 나타낸 식으로 ARIMA(p,d,q)로 정의한다. 여기서 p 는 자기회귀 (AR: Autoregressive) 모형이며, q 는 이동평균(MA: Moving Average) 모형을 나타낸다[10].

4. 전력 부하 시스템의 구현과 결과 분석

4.1 데이터 수집 및 데이터 전처리

u-공공시설을 위한 기반 서비스의 하나인 전력 부하 시스템에 사용된 데이터는 AMR 기반의 배전 고압 계통 부하분석모델의 부하 분석 데이터웨어하우스에서 서울 강남 지역에 설치된 총 45,884 개의 변압기 중 무선 부하감시센서가 설치된 5,071개의 변압기의 중 2007년 6월부터 9월까지의 데이터를 한 시간 간격으로 측정된 전력 부하량을 사용 하였다. 1시간 간격으로 측정된 부하량은 미계측값 또는 데이터 입력시의 오류로 인해 원시데이터에는 많은 이상치를 포함하고 있다. 이러한 이상치를 제거하기 위해 SOM 군집화 기법을 적용하여 이상치를 제거 하였다[9]. 이렇게 정리된 데이터들을 이용하여 k-means 알고리즘을 이용하여 전력부하의 프로파일을 생성한다. 즉 하루 24시간을 2개의 군집으로 만들고, 요일도 토요일, 일요일 그리고 평일로 구분하여 분류예측을 위한 전처리 데이터로 만든다[11][12].

4.2 일별 부하 패턴 비교

6월에서 9월까지 부하 패턴을 하루 시간에 따른 전력 사용량을 요일 별로 살펴보면 다음과 같다. 그림 2를 보면, 평일이 하나의 그룹으로 그리고 토요일과 일요일이 각각 하나의 그룹으로 형성됨을 알 수 있다.

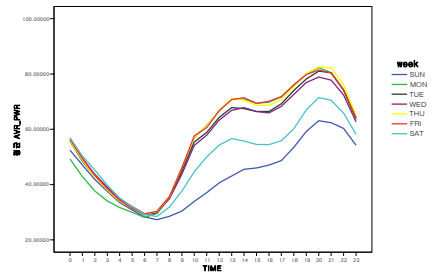


그림 2. 시간에 따른 요일 별 평균 전력 부하량 (2007.06 ~2007.09)

다음 그림 3은 6월에서 9월까지의 일별 전력 사용량을 도표로 표현해 보았다. 전체적으로 오전과 오후에 사용량이 다름을 한눈에 알 수 있다.

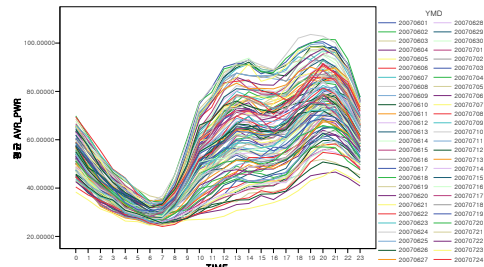


그림 3. 시간에 따른 평균 전력 부하량 (2007.06~2007.09)

다음 그림 4는 6월에서 9월까지 전력 부하 데이터들에 대한 온도에 따른 전력 사용량을 살펴본 그림이다. 온도가 높을수록 전력 사용량도 증가하는 것을 알 수 있다.

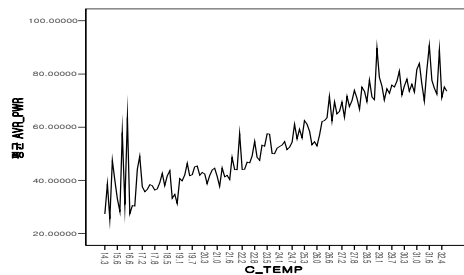


그림 4. 온도에 따른 평균 전력 부하량 (2007.06~2007.09)

4.3 실험 결과 및 분석

2007년 6월부터 9월의 데이터를 이용하여 시간 패턴 분석을 하였다. 분석 방법으로는 지수 평활 기법과 ARIMA 모형을 이용하였는데 이 방법들은 계절적인 영향 즉, 온도, 날씨 그리고 요일 등의 영향으로 단기 전력 부하량의 예측 방법으로 다른 방법보다 더 정확한 예측을 할 수 있다. 수집된 부하 패턴 데이터 집합에 포함된 이상치 데이터 처리를 위해 SOM 알고리즘을 이용하였으며, SOM 네트워크 모델의 구성 매트릭스는 10 by 10으로 이 중 한 군집에 포함된 데이터 객체가 1~3개 이하는 군집의 부하 패턴에 대해서는 이상치로 간주하고 제거시킨다. 또한, 일단위의 변압기 데이터로부터 k-means 알고리즘을 수행하여 하루 24시간을 2개의 군집으로 만들고, 요일도 토요일, 일요일 그리고 평일로 구분하여 분류예측을 위한 전처리 데이터로 만든다. 다음, 시간 패턴 자료 분석을 위해 시계열 자료가 비정상성을 갖고 있는지 즉, 자기상관성 및 편자기상관성을 체크하였다. 비정상성이란 평균이 일정한 상수가 아니거나, 시간에 따라 변하는 이차적특성을 가져서 분산이 일정한 상수가 아니거나 또는 두 가지 성질을 모두 가지는 것을 말한다. 비정상시계열을 정상시계열로 변환하는 방법은 차분과 분산 안정화를 통해 할 수 있다. 먼저 SOM 알고리즘과 k-means 알고리즘을 통해 전처리한 데이터를 로그변환을 통해 자기상관성을 체크하고, 그 결과 비정상성을 갖는 데이터에 대해 차분을 실시하였다. 차분을 하기전과 2차 차분을 실시한 결과 자기상관성을 체크하여, 차수를 계속 변화시켜 최적의 자기상관성을 갖는 차수를 찾는다. 2차 차분을 통해 얻어진 데이터를 이용하여 ARIMA (3,2,0)의 형태로 잠정 식별 할 수 있다.

다음의 분석 결과는 특정일 즉, 평일과 토요일 그리고 일요일에 대한 시간 패턴 분석 결과이다.

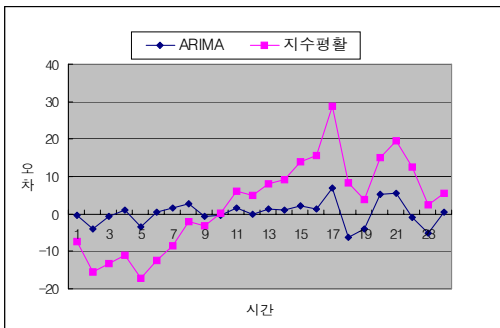


그림 5. 일요일의 부하 예측 오차 비교 (2008.08.05)

그림 5는 2007년 8월 5일 일요일의 전력 부하 예측을 ARIMA 모형과 지수 평활 기법을 비교한 것으로 즉, 두 모형에 대한 예측치의 오차를 그래프로 표현한 것이다. 그래프를 보면 시간에 따른 오차의 변화율을 나타낸 것으로 지수 평활 시스템이 오차가 더 크게 나타나는 것을

볼 수 있다. 따라서 실제 데이터를 적용하여 단기 전력 부하 예측 시 ARIMA 모형의 오차가 더 작으므로 더 정확히 할 수 있다.

그림 6은 2007년 8월 8일 수요일의 부하 예측을 ARIMA 모형과 지수 평활 기법을 이용하여 비교한 것으로 예측치에 대한 오차를 표현한 그래프이다.

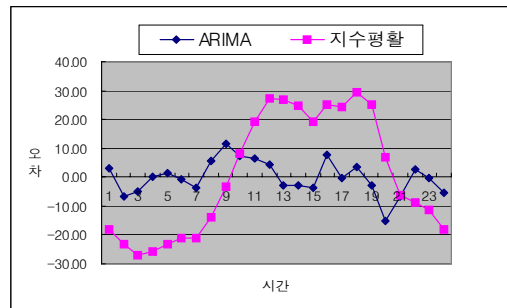


그림 6. 수요일의 부하 예측 오차 비교 (2008.08.08)

다음 그림 7은 2007년 8월 11일 토요일의 부하 예측을 ARIMA 모형과 지수 평활 기법을 이용하여 예측치에 대한 오차를 비교한 그래프이다.

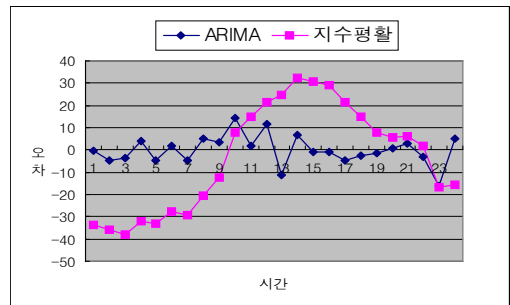


그림 7. 토요일의 부하 예측 오차 비교 (2008.08.11)

위의 두 모형에 대한 예측치의 오차 분석 결과를 보면, 평일과 주말 모두 지수 평활기법 보다는 ARIMA(3,2,0) 모형이 실제 관측값에 대한 예측치의 오차가 더 낮음을 알 수 있다. 따라서 ARIMA 모형이 단기 전력 부하 예측에서는 더 적합한 시스템으로 사용 될 수 있다. ARIMA 모형 시스템 결과를 좀 더 구체적으로 분석해 보면, 주말보다는 평일에 더 전력부하의 위험이 있음을 알 수 있다. 이는 외부환경 즉, 날씨와 온도에 영향을 받을 수 있고, 계절적인 특성도 반영됨을 알 수 있다. 그리고 지수평활 방법에서는 시간의 영향, 즉 오전과 오후에 대한 확실한 예측치의 오차를 볼 수 있다. 그리고 이 시스템들은 데이터 전처리를 통해 이상치를 제거하고, 전력 프로파일을 이용하여 실행함으로써 전처리 없이 원시 데이터로 실행 했을 때 보다 시스템의 성능을 높일 수 있었다.

5. 결론

이 논문은 u-City 건설을 위한 u-공공시설 개발 시 기반서비스인 전력의 공급과 수요에 대한 예측을 위해 서울 강남 지역의 특정 데이터를 이용하여 전력 부하 예측을 실행 하였다. 데이터 전처리 작업으로 데이터 마이닝 기법인 SOM 알고리즘과 k-means 알고리즘을 적용하여 이상치 제거와 데이터를 요일별 및 시간별로 군집화하여 예측 시스템의 정확도를 높였다. u-공공시설의 기반 인프라를 위한 전력 부하 예측을 평일, 토요일, 일요일로 구분하여 전력 부하 패턴을 분석하고 예측하였다. 주요 결과를 보면 주말 보다는 평일에 ARIMA(3,2,0) 모형의 오차가 더 넓은 폭을 가지고 있으므로 즉 주말에 대한 예측이 더 정확하고, 지수평활 기법은 일요일이 좀 더 낮은 오차를 보임을 알 수 있다. 따라서 u-공공시설의 기반 서비스를 위해서는 ARIMA 모형이 단기 전력 부하 예측 시스템에 더 적합한 시스템으로 사용 될 수 있다. 또한, 주말보다는 평일에 더 전력부하의 위험이 높으며, 이는 외부환경 즉, 날씨와 온도에 영향을 받을 수 있고, 계절적인 특성도 반영됨을 알 수 있다. 이러한 단기 전력 부하 예측을 통해 u-City 건설을 위한 기반 서비스인 전력 수요와 공급에 따른 문제를 해결할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김해명, 김병국, 성경곤, 박인만, “유비쿼터스 시대 도시 기반 시설물 전자 라이브러리 구축 및 활용 방안”, 한국공간정보시스템학회 논문지 제8권 제3호, 2006, pp. 27-37.
- [2] 김은형, “u-City 도시 통합 운영체계를 위한 공간정보 활용 방안 연구”, 한국공간정보시스템학회, 2007 GIS 공동춘계학술대회논문집, 2007, pp. 43-50.
- [3] Amjady. N, “Short-term hourly load forecasting using time-series modeling with peak load estimation capability,” IEEE Trans. Power System., Vol. 16, No. 3, 2001, pp. 498-505.
- [4] Uang. S. J, and Shih K. R, “Short-term load forecasting via ARMA model identification including non-Gaussian process considerations,” IEEE Trans. Power Syst., Vol. 18, No. 2, 2003, pp. 673-679.
- [5] Amjady. N, “Short-term hourly load forecasting using time series modeling with peak load estimation capability,” IEEE Trans. Power System., Vol. 16, No. 3, 2001, pp. 498-505.
- [6] Verdu. S. V, “Classification, Filtering, and Identification of Electrical Customer Load Patterns Through the Use of Self-Organizing Maps”, IEEE Trans. Power System. Vol. 21, No. 4, 2006, pp. 1672-1682.
- [7] Kanungo T, et al., “An efficient k-means clustering algorithm: analysis and implementation,” IEEE Trans. Machine Intelligence. Vol. 24, No. 7, 2002, pp. 881-892.
- [8] Papalexopoulos. A. D, Hesterberg. T. C, “A regression-based approach to short-term system load forecasting”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 5, No. 4, 1990, pp. 123-128.
- [9] Rahman. S, Bhatnaga. R. r, “An expert system based algorithm for short term load forecast”, Vol. 3, Issue. 2, 1988, pp. 392-399.
- [10] 조신섭, 황선영, 이금희, “시계열분석”, 한국방송통신대학교 출판사, 2001.
- [11] Lee. H. G, Lee. B. J, Shin. J. H, Ryu. K. H, “Application of Calendar-Based Temporal Classification to Forecast Customer Load Patterns from Load Demand Data”, IEEE International Conference on Computer and Information Technology, Australia, 2008, pp 149-154.
- [12] Piao. M, Park. J. H, Lee. H. G, Shin. J. H, Ryu. K. H, “Assessment of Temperature Sensitivity Analysis and Temperature Regression Model for Predicting Seasonal Bank Load Patterns”, IEEE International Workshop on Semantic Computing and Applications, Incheon, Korea, 2008, pp. 81-84.
- [13] 이양구, 김원태, 정영진, 김광득, 류근호, “날씨 마케팅 적용을 위한 기후 데이터의 군집 분석”, 공간정보 시스템학회, 2005, 제7권 제3호, pp. 33-44.
- [14] 김은희, 최병갑, 이용재, 류근호 “무선통신 환경에서 이동 서버간의 데이터 동기화 기법”, 정보처리학회 논문지 D, 2006, 제13권 제7호, pp. 901-908.
- [15] 정영진, 류근호, 김학철, “실외 센서네트워크 기반 재해방지 시스템을 위한 위험지역 예측기법”, 정보처리학회 논문지 D, 2006, 제13권 제6호, pp. 775-788.