
대한산업공학회
2011년 추계학술대회

데이터마이닝 기법을 활용한
전력 사용 관리 서비스 개발

고태훈, 강석호, 조성준*

서울대학교 산업공학과 데이터마이닝연구실

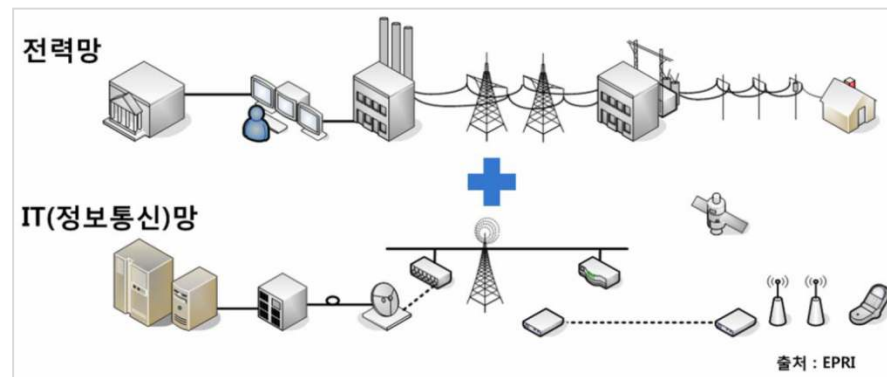
차례

1. 연구 배경 및 목표

스마트 그리드

❖ 스마트 그리드(Smart Grid)

- ▶ 기존 전력망에 IT 기술을 접목해 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하기 위한 차세대 전력망을 의미함
- ▶ 고객 중심의 서비스(Customer centralized service)를 실시할 수 있는 기반 마련
 - IT기술을 이용하여, 고객 특유의 전력 소비 특성을 발견
 - 이를 활용하는 서비스를 통해 고객의 니즈(needs)를 충족



데이터마이닝

❖ 데이터마이닝(Data Mining)이란?

- ▶ 대용량 데이터베이스에 존재하는 데이터간의 관계(혹은 패턴, 규칙) 등을 찾아내고 모형화해서 의사결정을 돕는 유용한 정보로 변환하는 일련의 과정



연구 목표

❖ 에너지소비 관리 서비스를 위한 데이터마이닝 기법 선정 및 모델 구축

- ▶ 수용가(가정, 빌딩, 공장 등) 건물 내 에너지 사용 데이터를 근거로 에너지소비모델을 구축
- ▶ 에너지 소비관리를 위한 웹 서버를 구축
- ▶ 에너지소비비교, 에너지소비 요인분석 및 에너지절약방안 제안 등의서비스 구현

❖ 에너지포탈서비스(Energy Portal Service) 제공 웹 서버 시스템

- ▶ 주요 서비스 : 에너지사용패턴 분석을 통한 에너지소비 절약 방법 제시
- ▶ 주요 핵심기술 : 데이터마이닝을 이용한 데이터 모델설계 및 구현기술

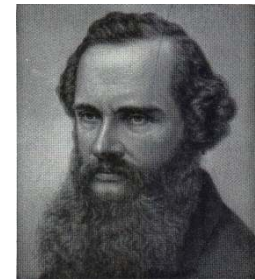
2. 사례 및 연구 조사

측정의 중요성

If you can not measure it,

you can not improve it.

- Lord Kelvin



YOU CAN measure it,

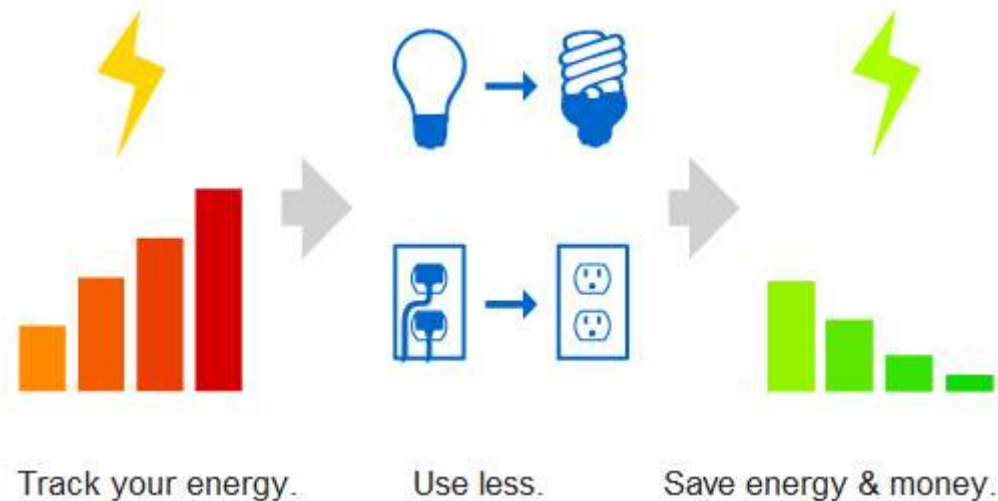
YOU CAN improve it.

- Google



❖ Google PowerMeter

- ▶ 사용자가 전력 사용량을 모니터링하게 해주는 도구
- ▶ 고객 스스로 전력 사용량을 다양한 각도로 봄으로써 그에 대한 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대함



1 에너지 사용 기록 조회 및 분석

1.1. 시간 별 에너지 사용 패턴

Track energy over time

See how much energy you have used by the day, week or month.

1.2. 항상 사용중인 에너지 조회

Always on power

The darker shaded portion of the graph shows power that is always on, such as any appliance that goes on standby mode. Many appliances are always on; you just don't know it. Discovering these is one of the easiest and fastest ways to reduce energy use and save money.

Customize your experience

Add your estimated cost per kWh, sign up for weekly emails, and share your usage with family and friends.

Google PowerMeter: Energy User's Home

Electricity used Sep 30-Oct 1

Day Week Month



Previous day

Wednesday Sep 30

7.4 kWh used

Approx. \$485/year

Always on: 3.9 kWh used

Thursday Oct 1

3.2 kWh used

Approx. \$223/year

Always on: 1.8 kWh used

$$\text{Yearly cost} = (\text{estimated cost per kilowatt-hour}) \times (\text{average usage rate}) \times (1 \text{ year})$$

1.3. 비용 예측

Predict your costs

Google PowerMeter helps you to predict your annual energy bill so that you can start making changes and saving early.

Compared to past usage

6% under Thursday's energy budget

night morning 3.2 kWh used

night morning afternoon evening 8.6 kWh expected

Budget Tracker

Set an energy savings goal for yourself and track your progress.

Join the community

Get tips on how to save from other Google PowerMeter users and share what has worked for you.

Have a question?

Learn more about Google PowerMeter from our online help center.

Track energy over time

See how much energy you have used by the day, week or month.

Always on power

The darker shaded portion of the graph shows power that is always on, such as any appliance that goes on standby mode. Many appliances are always on; you just don't know it. Discovering these is one of the easiest and fastest ways to reduce energy use and save money.

Customize your experience

Add your estimated cost per kWh, sign up for weekly emails, and share your usage with family and friends.

Google PowerMeter: Energy User's Home

Electricity used Sep 30-Oct 1

Day [Week](#) [Month](#)



Previous day

Wednesday Sep 30
7.4 kWh used
Approx. \$485/year
Always on: 3.9 kWh used

Thursday Oct 1
3.2 kWh used
Approx. \$223/year
Always on: 1.8 kWh used

Predict your costs

Google PowerMeter helps you to predict your annual energy bill so that you can start making changes and saving early.

Compared to past usage

6% under Thursday's energy budget



[Manage](#) [Discuss](#) [Help](#)

Budget Tracker

Set an energy savings goal for yourself and track your progress.

2.1. 전력 사용량 비교

2.2. 에너지 절약 방법 추천

Join the community

Get tips on how to save from other Google PowerMeter users and share what has worked for you.

Have a question?

Learn more about Google PowerMeter from our online help center.

❖ 2.1. 전력 사용량 비교

- ▶ 다른 가구와의 비교 (Compared to others)
- ▶ 주택의 형태에 따른 전력 사용량에 비해, 사용자의 위치가 어느 수준에 해당하는지 heat map 상에서 표시



❖ 2.2. 에너지 절약 방법 추천

- ▶ 개인 가구에 대한 정보를 받고, 전력 사용량에 대한 통계치를 출력
- ▶ 에너지 소비 행동이 변화되면 그에 맞추어 새로운 절약 방법이 추천된다고 함
- ▶ 추천한 에너지 절약 방법을 선택하여 잘 사용한 경우, 특별한 배지(badge)가 주어짐
➔ 에너지 절약 달성을 흥미로운 방법으로 고객에게 인지시킴

Google powermeter
a Google.org project

Recent usage
Historical usage
Take action
Settings

Usage analysis for John

What type of home is this?

Single Family Home

Approximately how large is this home?

1000-2000 sqft

777 W Daily average

400 W Always-on daily average

36% Always-on usage

You have earned the following badges



Your daily average is 20% higher than homes like yours

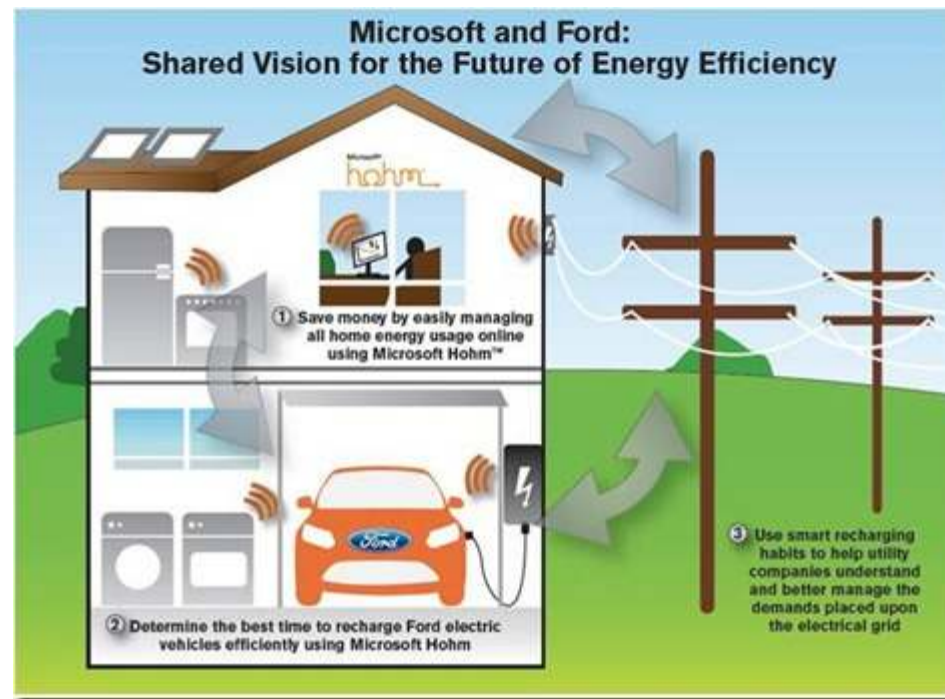
현재 가구에 대한 간단한 정보를 사용자가 입력

평균 사용량과 평균 always on power의 양, 그 비중이 출력

현재까지 달성한 전기 절약 방법에 대한 보상으로 얻은 badge

❖ Microsoft hohm & Ford

- ▶ Microsoft hohm에서 가구 내 전력 사용량 관리하여, 전기세 절약
- ▶ 전기자동차를 충전하기에 가장 적합한 시간을 결정하여 가구 전체의 전력 사용을 효율적으로 관리



서비스	Google powermeter	Microsoft hohm beta
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> Google PowerMeter는 utilities 에서 미터정보를 취합하여 Google 서버에 하루에 한번 전송한다. 또는 TED를 이용하여 소비자가 직접 정보를 전송할 수 있다. 수집된 정보를 근거로 에너지소비 프로파일, 요금예측, 통계분석 서비스를 iGoogle이나 Mobile로 서비스 한다. 현재, SDG&E를 비롯한 4개 utilities가 참여하고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 사용자가 입력한 주소, 집의 크기, 건축연도를 바탕으로 연간 에너지 사용량, 다른 집과의 에너지 소비량 비교를 하여 전력소비량 절감 및 비용 절감방법을 제시해줌. 고객들이 에너지 소비를 줄이고, 비용을 절감할 수 있는 팁 제공하지만, 개인정보를 제공할 수 있는가에 달려 있으며, 개인정보를 꺼리는 사용자에게는 일반적인 에너지 절감 팁을 제공함.
벤치 마킹	<ul style="list-style-type: none"> Web 기반의 에너지소비 프로파일 분석을 목표로 함. (utilities와의 계약이 관건) Open API를 제공하여 Smart Grid 관련 데이터에 접근할 수 있도록 Open되어 있음. (국내 실정과 실효성 문제로 Open API를 제공하는 것은 아직 고려대상이 아님) 그래프 출력 기능 및 예측 시스템은 매우 유용함. 	<ul style="list-style-type: none"> 사용자에게 에너지 절감 팁 제공. (사용자의 정보를 제공이 관건) 개인 정보 제공에 따른 팁 제공은 고객 동의에 따라 더욱 전문적인 전력 예측 정보를 제공할 수 있음. (개인 정보 문제에 따라 신중하게 접근할 필요가 있음) 에너지 리포트 기능은 전체적인 요약 정보이므로 유용함.
비즈 모델	<ul style="list-style-type: none"> Google & MS (소비자의 에너지소비패턴을 분석하여 맞춤형 광고 가능) Utilities (대용량의 미터정보 데이터는 WAS에서 처리) Customers (에너지소비패턴을 보고받고 절약에 관한 맞춤형 제안을 받음) 	

※ Google PowerMeter Open API: http://code.google.com/intl/ko-KR/apis/powermeter/docs/getting_started.html

15

❖ Google PowerMeter와 Microsoft hohm의 서비스 중단

- ▶ Google PowerMeter는 2011.06.24., Microsoft hohm은 2011.06.30.에 서비스 중단 선언

❖ 국외 에너지 모니터링 서비스의 한계

- ▶ 스마트 그리드 환경에 대한 인식 부족
 - 인식 부족으로 인해 시장의 발전 속도가 더딤
- ▶ 가구 정보 획득이 어려움
 - 서비스 대상 지역인 미국은 대부분의 주거형태가 단독주택 및 단층 집이 많이 존재함
 - 주택의 형태, 크기, 단열재 재료 등의 정보를 획득하기 어려움
- ▶ 사용자 편의성 감소
 - 서비스 업체에서 주거지에 대한 정보를 설문조사에 의존하여 실시함
 - "자동화되지 않은" 지나치게 많은 설문은 고객의 외면을 받음

우리나라에서의 사업 가능성

국외의 상황	우리나라의 상황
스마트 그리드 환경 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 소비자의 스마트 그리드 환경에 대한 인식 부족 ▷ 소비자들에게 서비스를 적용하려는 노력이 부족한 기업들이 시장 확대를 이끌어내지 못함 	새로운 문물의 빠른 수용 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 에너지 사용 모니터링 시스템 내 양질의 서비스와 다양한 기능을 검증받을 수 있다면, 이에 대한 사용자의 인식은 빠르게 퍼질 것 ▷ 시장 확대 측면에서 유리함
가구 정보 획득이 어려움 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 서비스 대상 지역인 미국은 대부분의 주거형태가 단독주택 및 단층 집이 많이 존재함 ▷ 주택의 형태, 크기, 단열재 재료 등의 정보를 제한적인 방법으로 얻을 수 밖에 없음 	유사한 형태의 가구 정보가 존재 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 우리나라는 비교적 다가구 주택이 많이 존재함 ▷ 다가구 주택 내에서는 크기, 단열재의 소재, 난방 방식 등이 일치하므로 고객 간 사용 패턴의 비교 및 분석이 매우 용이함
사용자 편의성 감소 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 서비스 업체에서 주거지에 대한 정보를 설문조사에 의존하여 실시함 ▷ “자동화되지 않은” 지나치게 많은 설문은 고객의 외면을 받음 	사용자 편의성을 고려한 서비스 설계 가능 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 다가구 주택에서의 여러 정보들이 공개되어 있으므로, 사용자에게 많은 질문을 하지 않아도 분석 가능 ▷ 에너지 사용 모니터링 시스템의 사용자 편의성 증대

3. 데이터 소개 및 분석

사전 설문조사

❖ 사전 설문조사

- ▶ 응답자 : 40명
- ▶ 에너지 사용요금을 모두 기록한 응답자 : 27명

❖ 질문 내용

- ▶ I. 가구 거주자 조사 : 가구 구성원 인원 및 상주 시간 조사
- ▶ II. 주택 및 가구에 대한 사항 : 총 11문항
- ▶ III. 전력에너지 사용에 관한 사항 : 총 10문항 및 주요 가전기기 조사
- ▶ IV. 에너지 사용요금 기록 : 전기요금
 - 에너지 사용량을 스마트 미터로 측정할 수 없기 때문에, 월별 요금을 질문함
 - 가장 중요한 변수

사전 설문조사

❖ 중요 변수를 판별

- ▶ 각 변수와 연간 전기요금 사이의 상관계수를 파악
- ▶ 가정 : 전기요금에 영향을 크게 미치는 변수들은 연간 전기요금과의 상관관계가 상대적으로 강할 것이다.
- ▶ 대상 변수 : 총 12개의 변수
- ▶ 대상변수들과 연간 전기요금 사이의 상관분석을 실시함

가구 거주자 관련 변수	가구 거주자 수
	부부의 나이
	평균 상주 시간
주택 관련 변수	건축년도
	방의 개수
	주택 위치층
거주자들의 생활 관련 변수	연평균 소득
	소유 자동차 수
	월 평균 주유비용
전력에너지 사용 관련 변수	평균 취사 횟수
	겨울철 일 평균 난방시간
	여름철 일 평균 냉방시간

사전 설문조사

변수		연간 전기요금 (단위 : 원)
가구 거주자 관련 변수	가구 거주자 수	0.6821
	부부의 나이	0.6423
	평균 상주 시간	0.6125
주택 관련 변수	건축년도	0.2140
	방의 개수	0.7142
	주택 위치층	0.3259
거주자들의 생활 관련 변수	연평균 소득	0.5412
	소유 자동차 수	0.3014
	월 평균 주유비용	0.5841
전력에너지 사용 관련 변수	평균 취사 횟수	0.2985
	겨울철 일 평균 난방시간	0.6452
	여름철 일 평균 냉방시간	0.6874

사전 설문조사

❖ 설문조사의 결론

- ▶ 분석 결과, “가구 거주자 관련 변수들”, “전력에너지 사용 관련 변수들”이 전기 사용량에 큰 영향
- ▶ “방의 개수”가 중요한 영향을 미침
 - 본 설문조사에는 조사되지 않았으나, 집의 크기와 전기 사용량 사이의 강한 상관관계가 존재할 것으로 추측
- ▶ 전기 사용량에 미치는 가구 거주자들의 소득 수준의 영향이 존재

❖ 설문조사의 방향

- ▷ 전기 사용량에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 설문 문항을 추출한다
- ▷ 설문 문항의 내용과 개수는 사용자의 편의를 해치지 않는 범위를 지키는 것이 중요하므로, 설문조사 외의 방법으로 필요 데이터를 획득할 방안을 모색해야 한다.

일별 전력 사용 데이터 - 데이터 설명 및 분석 방법 소개

❖ 주상복합단지 내 가구들의 일별 전력 사용 데이터

- ▶ 서울의 한 주상복합단지
- ▶ 1개 동 내 377가구의 일별 전력 사용 데이터
- ▶ 일자 : 2011년 3월 ~ 2011년 8월

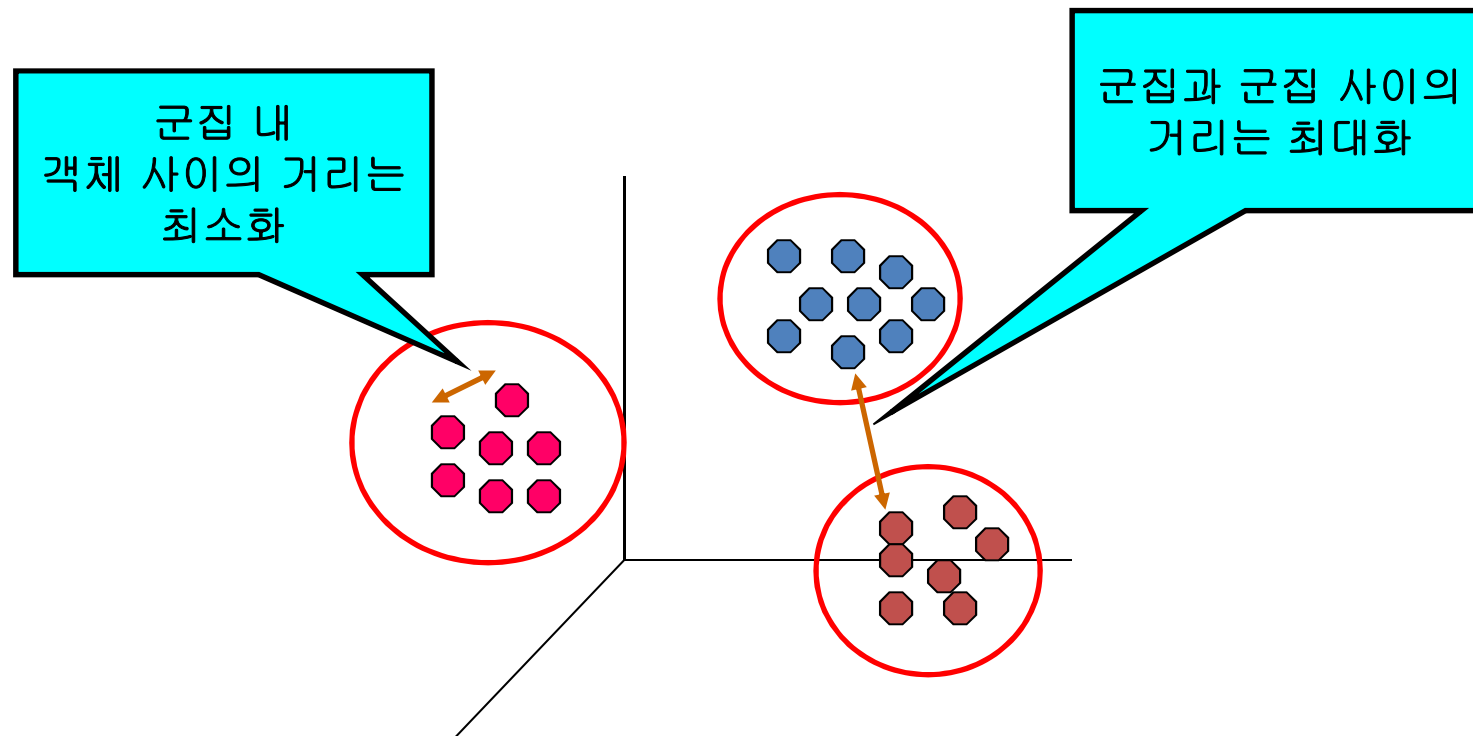
❖ 일별 전력 사용 데이터의 군집분석

- ▶ 집의 호 위치에 따른 영향이 반영되지 않도록 1호 라인의 56가구에 대해 분석
- ▶ 전력 사용량이 많은 일주일(2011년 7월 1일~2011년 7월 7일)의 데이터로 분석
- ▶ 사용기법 : *k*-means clustering
- ▶ 평가기법 : Silhouette measure

분석 기법 - 군집화 분석

❖ 군집화 분석(Cluster analysis)

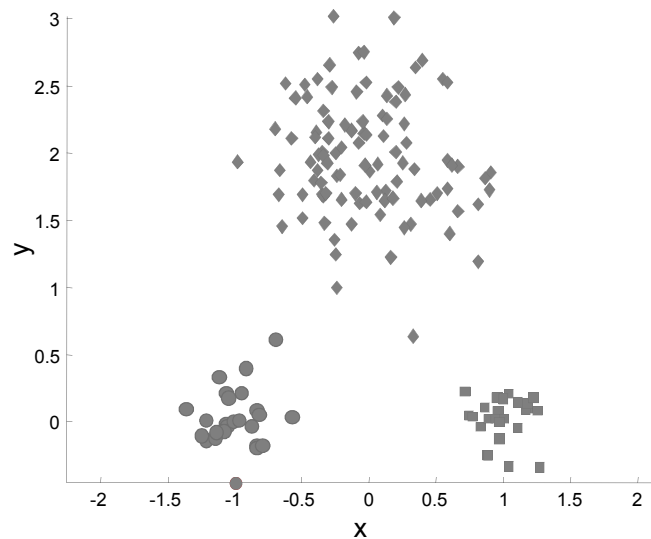
- ▶ 특성이 유사한 객체들을 그룹화하여 전체 데이터 객체를 여러 군집으로 나누는 기법
- ▶ 한 군집 내의 객체들은 유사하게, 다른 군집의 객체들 사이는 유사하지 않게 나누는 것



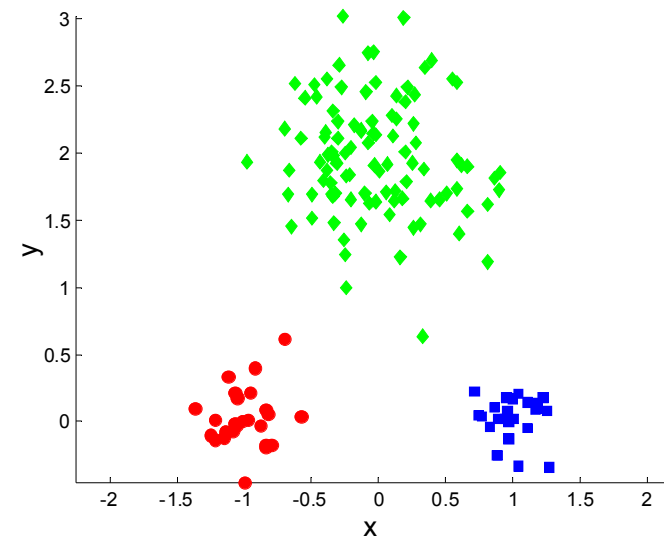
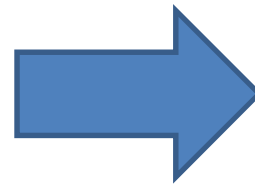
분석 기법 - k -means clustering 알고리즘

❖ k -means clustering 알고리즘

- ▶ 거리 기반 군집화 분석 방법
- ▶ 분할 군집화 분석 방법
- ▶ 각 객체는 k 개의 군집중심(centroid) 중 가장 가까운 중심에 할당되어 최종적으로 k 개의 군집을 형성



k -means clustering
알고리즘 적용
($k=3$)



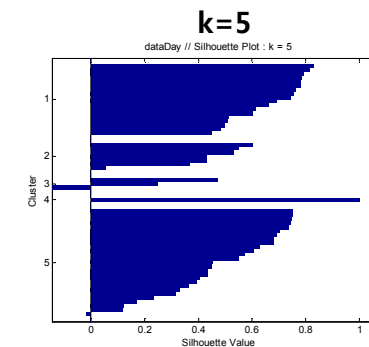
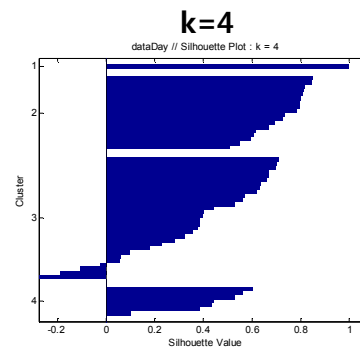
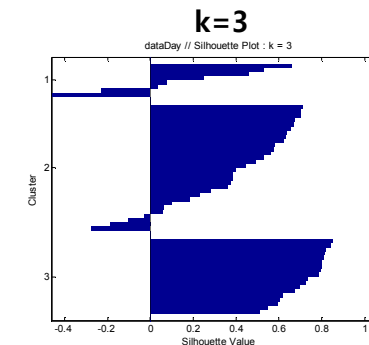
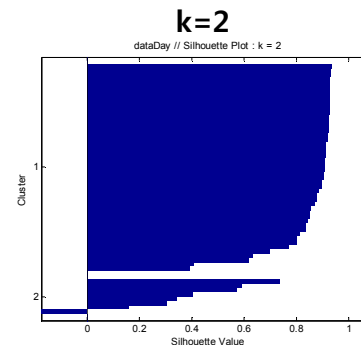
일별 전력 사용 데이터 - 데이터 분석

❖ 일별 전력 사용 데이터의 군집분석

- ▶ k -means clustering 알고리즘에서 적절한 군집의 개수 k 개를 휴리스틱한 방법으로 탐색하기 위해 $k = 2, 3, 4, 5$ 를 사용
- ▶ 각 k 개의 군집을 형성 시 각각 1,000번의 군집분석을 수행하여 성능이 좋은 것을 선택
- ▶ 선택 기준 : 평균 Silhouette값

k	평균 Silhouette값
2	0.7866
3	0.4592
4	0.5019
5	0.5302

평균 Silhouette값이 가장 큰
 $k=2$ 를 선정

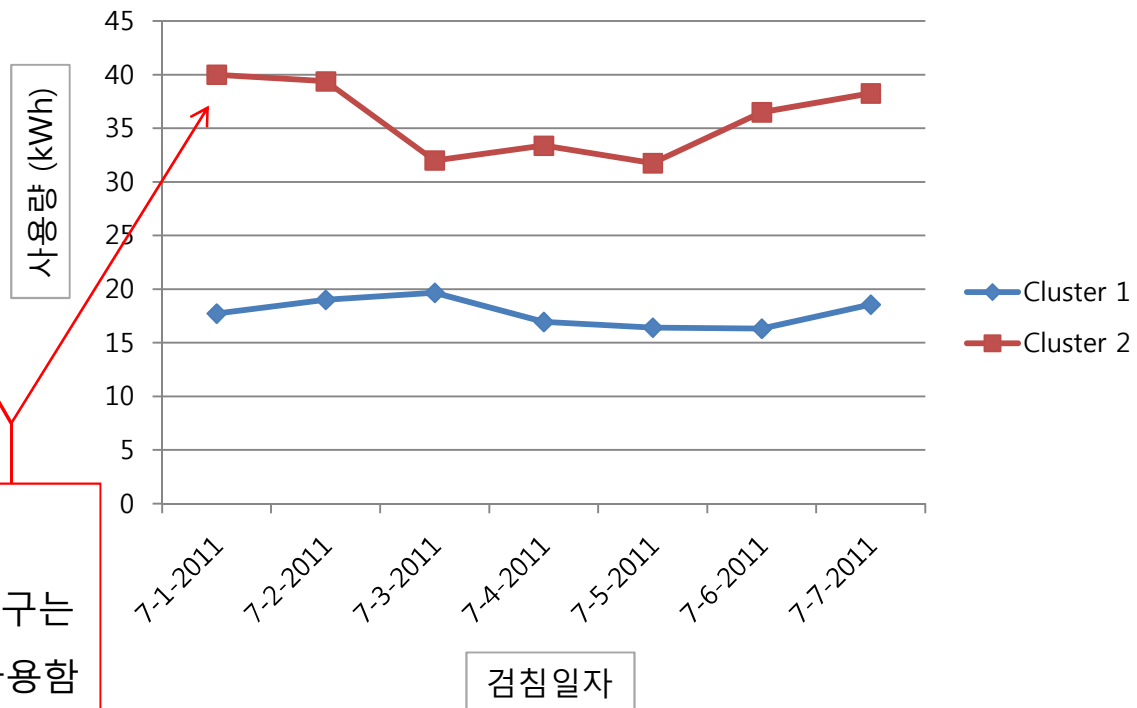


일별 전력 사용 데이터 - 데이터 분석

❖ 일별 전력 사용 데이터의 군집분석

- ▶ 집의 호 위치에 따른 영향이 반영되지 않도록 1호 라인의 56가구에 대해 분석
- ▶ 전력 사용량이 많은 일주일(2011년 7월 1일~2011년 7월 7일)의 데이터로 분석
- ▶ 사용기법 : *k*-means clustering

Cluster ID	가구 수
Cluster 1	48
Cluster 2	8
합계	56



Cluster 2 : “과소비”군

일주일동안, 48가구 중 8가구는 상대적으로 전력을 많이 사용함

월별 전력 사용 데이터 - 데이터 설명

❖ 주상복합단지 내 가구들의 월별 전력 사용 데이터

- ▶ 서울의 한 주상복합단지
- ▶ 4개 동, 총 1499가구들의 월별 전력 사용 데이터
- ▶ 일자 : 2009년 5월 ~ 2011년 4월

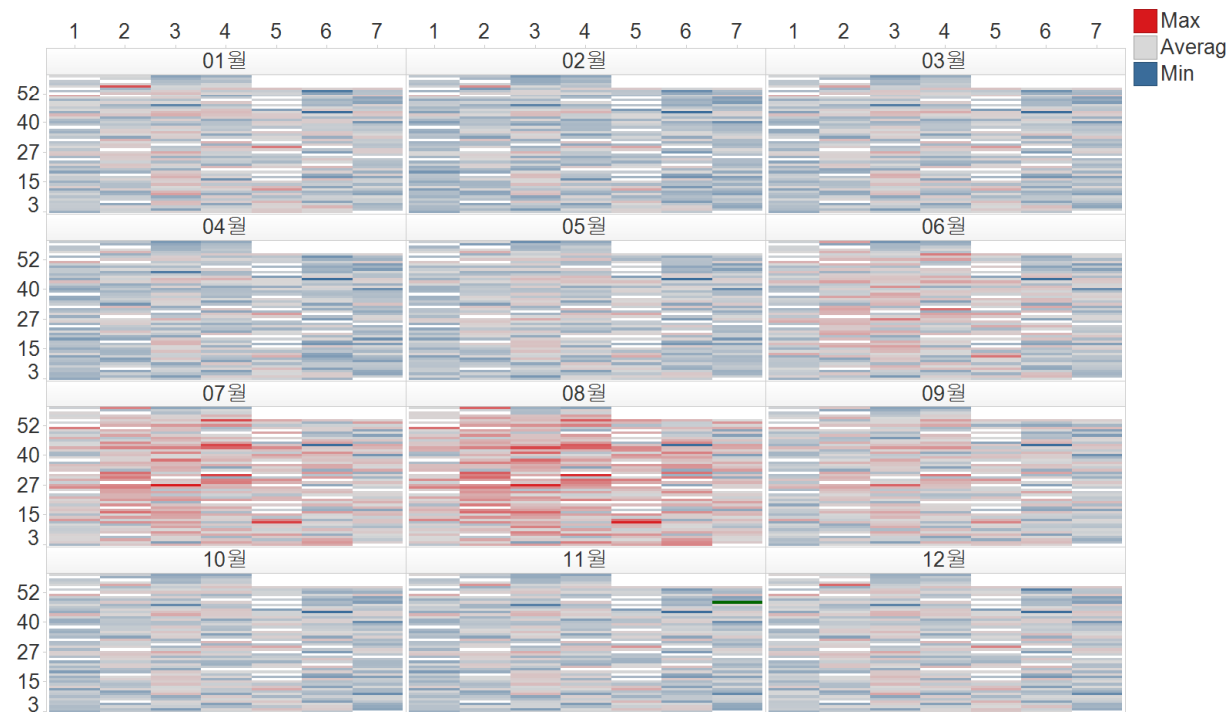
❖ 데이터 전처리

- ▶ 중간에 전력 사용량이 기록되지 않은 가구들은 분석 대상에서 제외
- ▶ 중간에 검침값이 음수로 나온 가구들은 분석 대상에서 제외
- ▶ 분석가능 가구 : 1363가구 (= 1499 - 136)

월별 전력 사용 데이터 - 데이터 분석

❖ 월별 전력 사용 데이터의 Heat Map 분석

- ▶ 1동의 월별 층, 호 별 전력 사용 데이터를 한 눈에 표현
- ▶ 연중 7,8월에 전력 사용량이 다른 월보다 많이 사용됨
- ▶ 1호와 7호의 전기사용량이 다른 호보다 상대적으로 적음



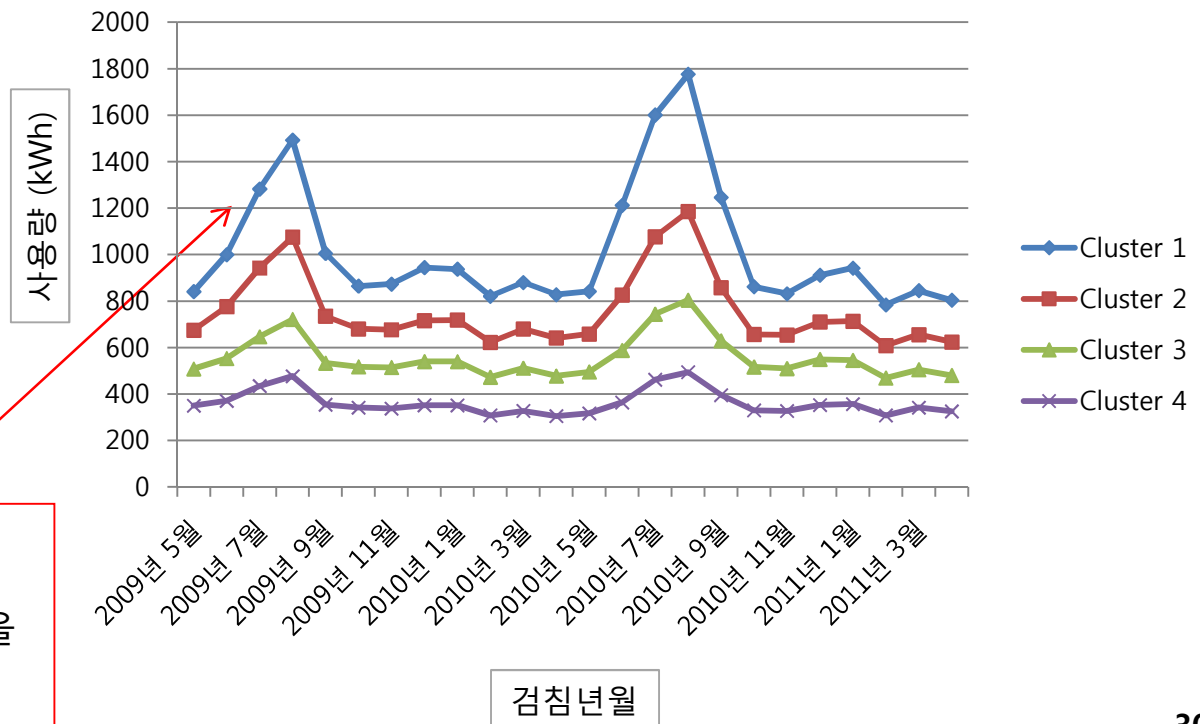
월별 전력 사용 데이터 - 데이터 분석

❖ 월별 전력 사용 데이터의 군집분석

- ▶ 사용기법 : k -means clustering
- ▶ Silhouette measure를 이용하여 성능이 좋은 $k=4$ 를 사용

Cluster ID	가구 수
Cluster 1	95
Cluster 2	331
Cluster 3	538
Cluster 4	399
합계	1363

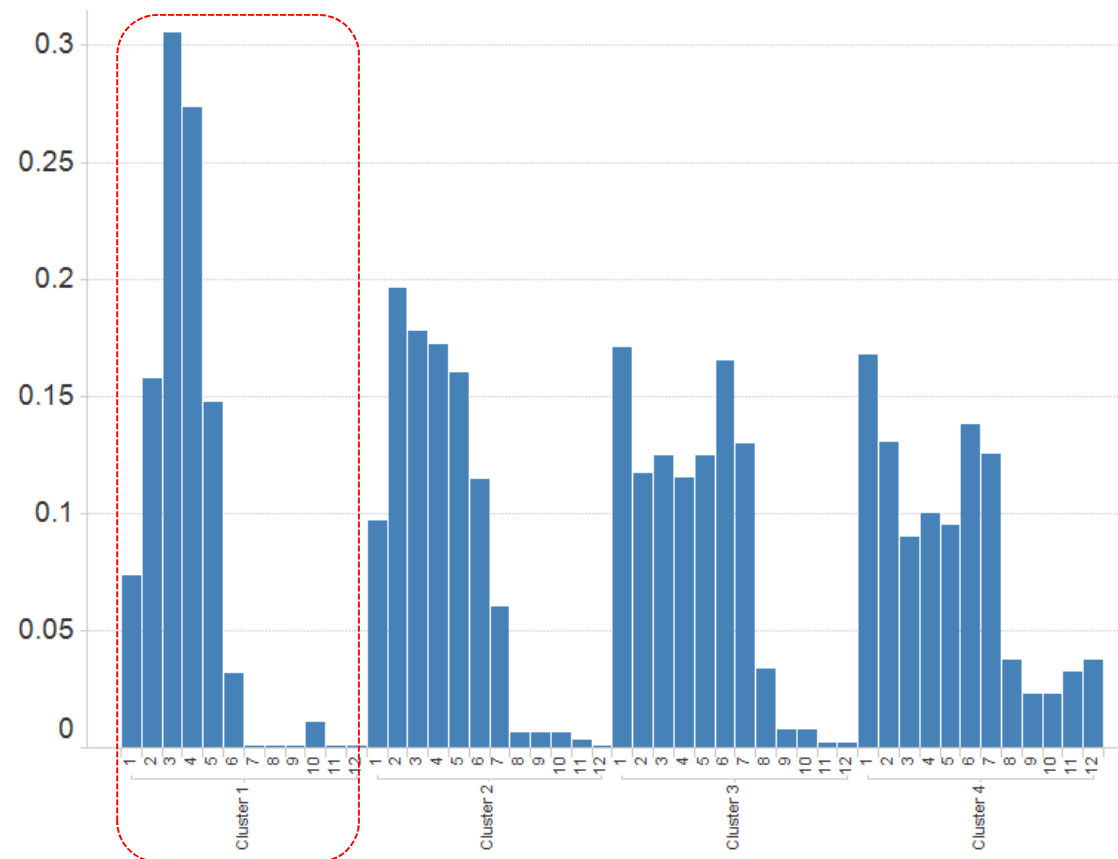
Cluster 1 : “과소비”군
1363가구 중 95가구는 전력을 상대적으로 많이 사용



월별 전력 사용 데이터 - 데이터 분석

❖ 월별 전력 사용 데이터의 군집분석

- ▶ Cluster 1(과소비군)에서 가운데 호에 해당하는 3,4호인 가구가 상대적으로 많이 속해 있음



데이터 분석 정리

❖ 주상복합단지 내 가구들의 전력 사용 데이터의 분석

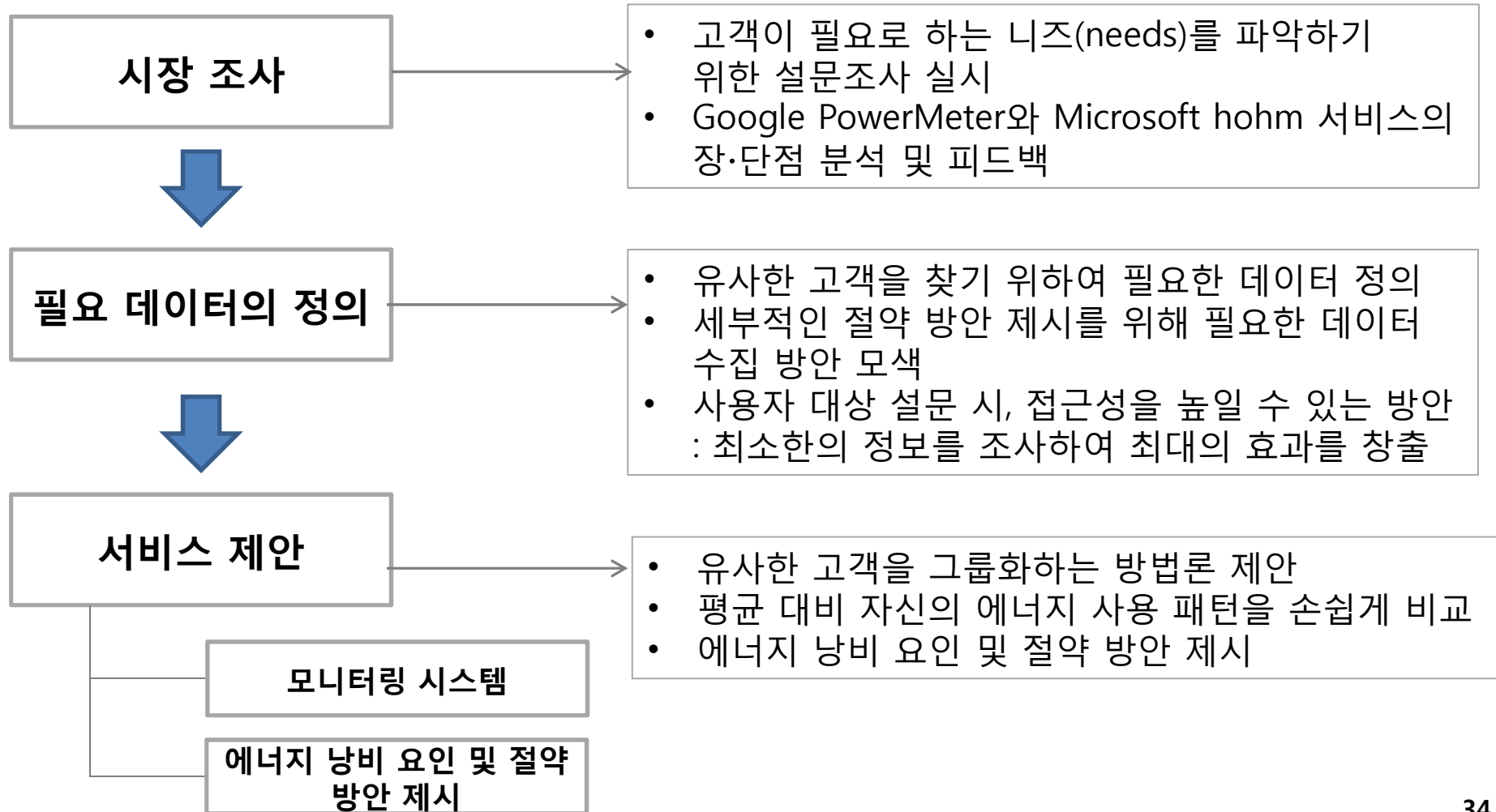
- ▶ 일별·월별 전력 사용 데이터를 이용하여 전력 과소비 가구 그룹을 판별
- ▶ 군집분석(clustering analysis) 알고리즘의 적용 및 평가 수행

❖ 스마트 그리드 환경에서의 실시간 전력 사용 데이터의 분석 가능성 타진

- ▶ 일별·월별보다 더 세부적인 시간 단위로 축적되는 전력 사용 데이터의 경우에도, 이와 같은 방법으로 군집분석 알고리즘을 적용할 수 있음
- ▶ 앞서 나온 결과와 연계하여 더 지능적인 웹 서비스를 구현할 수 있을 것으로 기대
 - 시간별 ·일별 ·월별, 3가지 측면을 고려하여 각 가구의 전력 사용 패턴이 어느 정도의 위치에 있는지 모니터링 가능

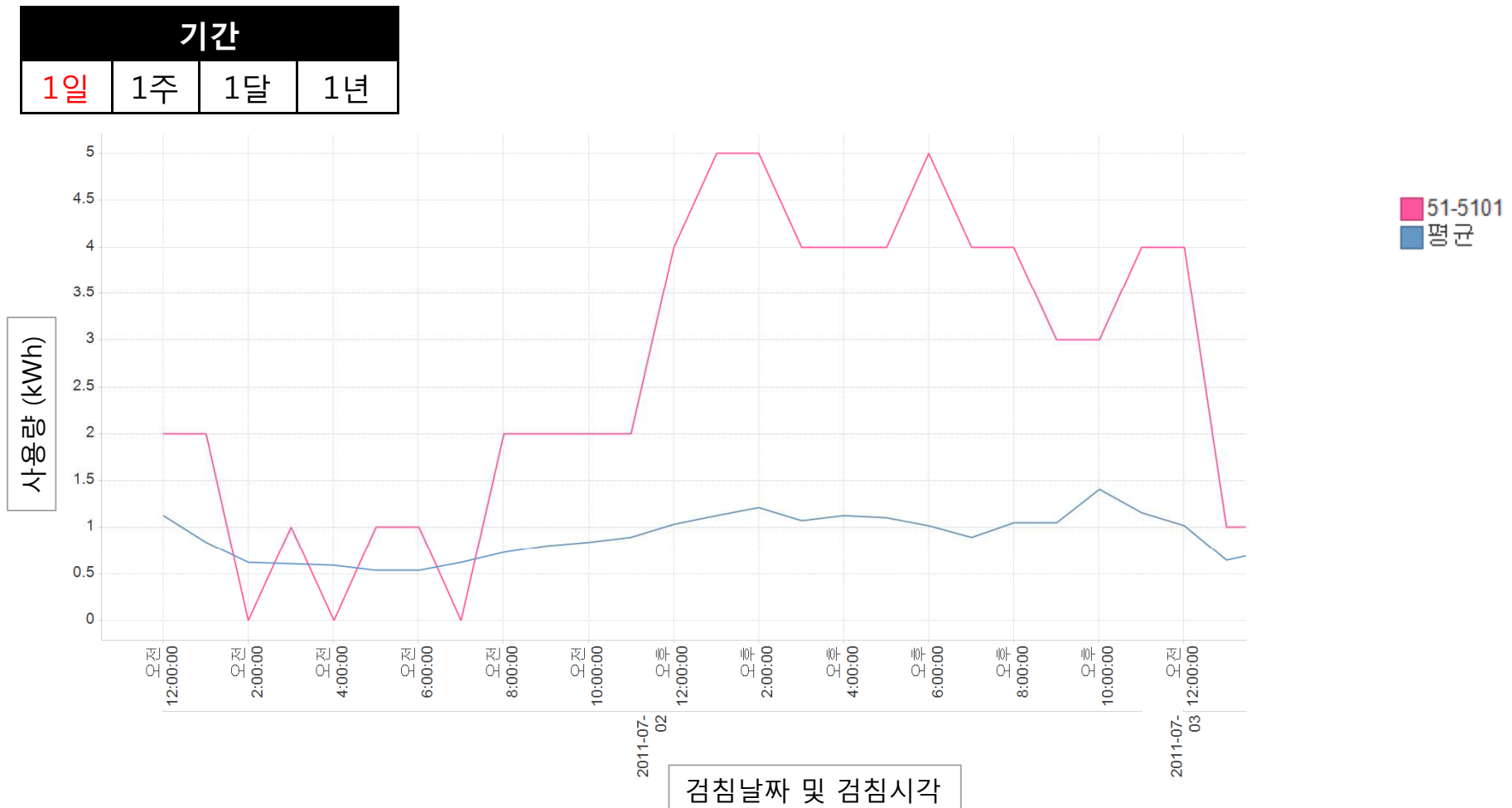
4. 웹 서비스 제안

지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스 제안



지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스 - 예시 화면

❖ 유사 가구의 평균 전력사용 패턴과 고객의 전력사용 패턴 비교



지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스 - 예시 화면

❖ 유사 가구의 평균 전력사용 패턴과 고객의 전력사용 패턴 비교

기간			
1일	1주	1달	1년

사용량		2011년 7월 2일
5101호	평균	차이
64kWh	22.02kWh	+41.98kWh

전력 사용 비교	2011년 7월 2일
▷ 전력이 많이 사용되는 시간 : 오전 8:00 ~ 오전 00:00 ▷ 대기전력이 평균에 대비 약 2kWh/hour 더 쓰임	

전력 절약 방법

2011년 7월 2일

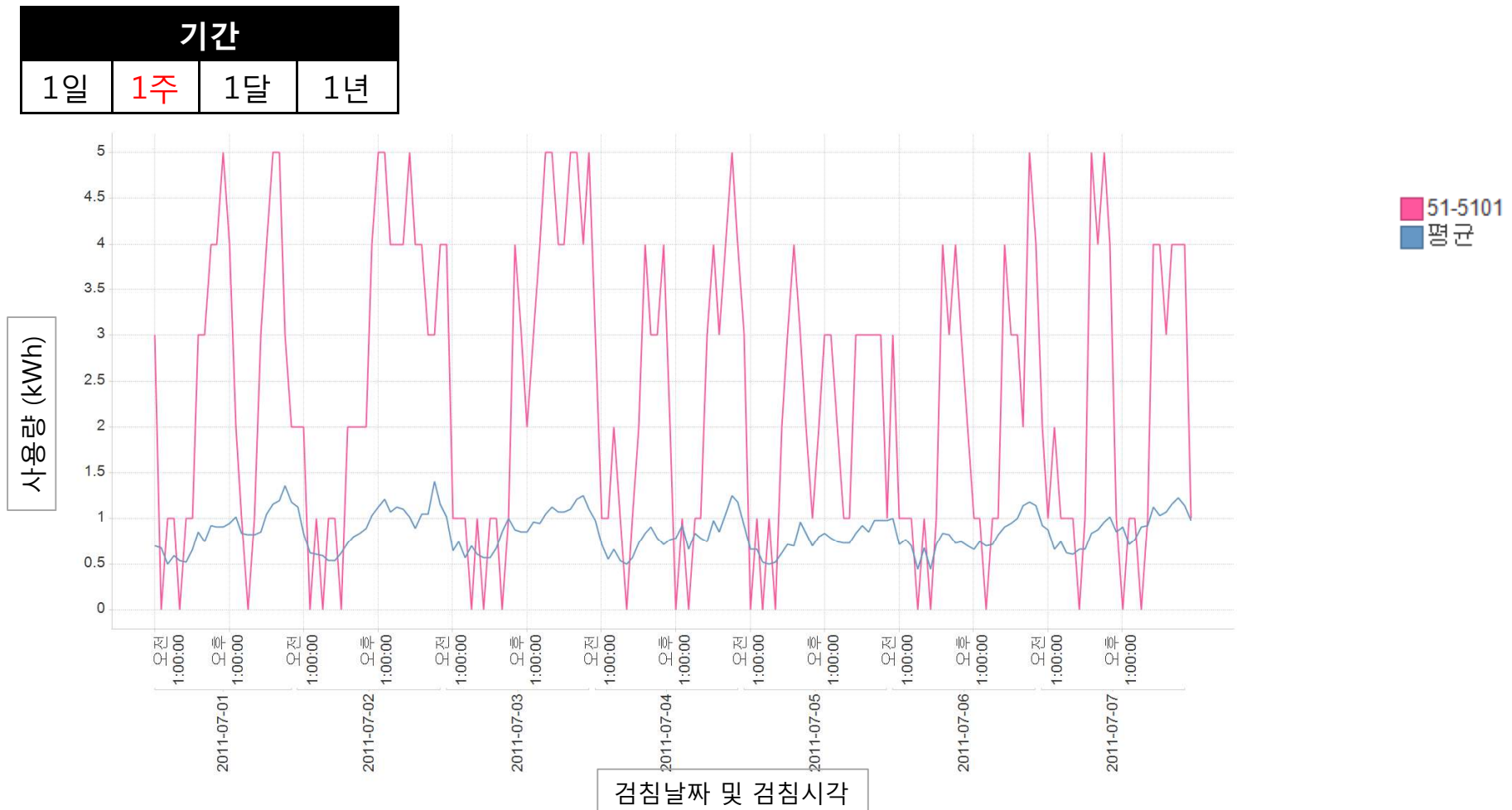


▷ 에어컨의 효율적 사용

여름철 적정온도인 26°C~28°C로 맞추어 사용하시고, 실내에서는 가급적 가벼운 옷차림으로 있으면 연간 약 00kWh 만큼의 전력을 절약할 수 있습니다.

지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스 - 예시 화면

❖ 유사 가구의 평균 전력사용 패턴과 고객의 전력사용 패턴 비교



지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스 - 예시 화면

❖ 유사 가구의 평균 전력사용 패턴과 고객의 전력사용 패턴 비교

기간			
1일	1주	1달	1년

사용량	2011년 7월 1일 ~ 2011년 7월 7일	
5101호	평균	차이
389kWh	142.71kWh	+246.29kWh

전력 사용 비교	2011년 7월 1일 ~ 2011년 7월 7일
▷ 전력이 많이 사용되는 시간 : 오후 시간대 ▷ 대기전력이 평균에 대비 약 2kWh/hour 더 쓰임	

전력 절약 방법

2011년 7월 1일
~ 2011년 7월 7일



▷ 에어컨의 효율적 사용

여름철 적정온도인 26°C~28°C로 맞추어 사용하고, 실내에서는 가급적 가벼운 옷차림으로 있으면 연간 약 00kWh 만큼의 전력을 절약할 수 있습니다.



▷ 컴퓨터 및 주변기기의 전원 off

컴퓨터 본체와 모니터 또는 프린터 등의 주변기기를 사용하지 않을 때는, 전원을 꺼주세요. 이를 통해 연간 약 00kWh 만큼의 전력을 절약할 수 있습니다.

4. 향후 계획 및 진행 방향

현재까지의 진행 상황

주요 추진 항목	추진내용	진행상황
과거 연구 조사	▷ Google PowerMeter, Microsoft hohm에서 사용한 데이터 형태 파악 및 서비스 내용 조사	100%
문헌 조사	▷ 전력 사용량을 분석한 문헌 사례 조사 ▷ 시계열 데이터를 분석한 문헌 사례 조사	100%
데이터 수집	▷ 스마트 그리드 환경에서 발생하는 실시간 전력 사용 데이터를 분석할 예정 ▷ 사전분석을 위한 주상복합단지 월별 및 일별 데이터 수집	50%
데이터 기초 분석 : 데이터 전처리 및 해석	▷ 데이터마이닝 방법론을 적용할 수 있는 형태로 시계열 데이터를 변환 ▷ 월별 전력 사용량과 일별 전력 사용량 내 유의미한 정보 추출	80%
데이터마이닝 모델 구축	▷ 군집화 방법을 이용한 전력 낭비 고객을 추출하는 방법론 개발	70%
성능 평가 및 모델 성능 개선	▷ 군집화 모델의 평가 실시 ▷ 향후 개발되는 데이터마이닝 모델의 평가 및 개선 진행	70%
에너지소비 관리 서비스를 위한 프로토타입 구현	▷ 분석 결과를 바탕으로 지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스의 프로토타입 구현	0%

현재까지의 진행 상황

- 에너지 소비 모니터링 서비스들에 대한 사례 조사 및 분석 완료

- 사전 데이터 분석을 통해 전력 소비 패턴 데이터의 분석 방법 개발
- 스마트 그리드 환경에서의 데이터 분석 가능성 확인

- 지능적 전력 사용 모니터링 웹 서비스의 일부 기능을 구현

향후 계획 및 진행 방향

❖ 향후 연구할 내용

- ▶ 제주 스마트 그리드 단지 내 가구들의 전력 사용 패턴을 분석
- ▶ 다양한 군집 분석 수행을 통해 전력 과소비 가구들을 탐지
 - 현재까지의 연구에서는 전력 사용량의 패턴만을 가지고 군집 분석을 수행함
 - 전력 사용량 패턴 외의 가구들 정보들을 이용하여 군집 분석을 수행하여 위의 결과와 비교
- ▶ 전력 사용량 패턴의 심화 분석
 - 현재까지의 연구에서는 유사군집의 평균 패턴과 단일 가구의 패턴을 비교하였고, 향후 단일 패턴 내에서 더욱 심화된 분석을 실시할 예정
 - 전력 사용량 추세 분석 : 현재 가구의 전력 사용량이 점차 감소 또는 증가하고 있는가?
 - 지능적 전력 절약 방안 추천 : 현재 가구의 전력 사용 패턴과 전력 절약 방안 사이의 맵핑 시도

The End

❖ 경청해 주셔서 감사합니다.



참고 자료

- Google PowerMeter에 대한 설명

❖ Google의 개인화 서비스 내에 Google PowerMeter 가젯(gadget)을 추가하여 사용

Web [Images](#) [Videos](#) [Maps](#) [News](#) [Shopping](#) [Gmail](#) [more ▼](#)

iGoogle™

Google Search

I'm Feeling Lucky

[Adv](#)
[Sea](#)
[Lan](#)

[Add social gadgets](#) to post updates and play games with friends.

Home
Date & Time
Weather
Google PowerMeter
Google Map Search
CNN.com - World

Dev

Updates
Friends

Chat

Search, add, or invite

Energy User kWh

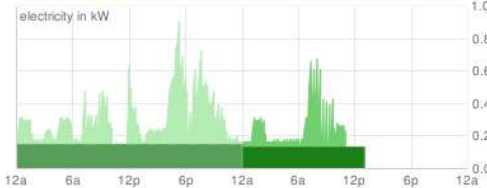
[Sign into chat ▼](#)

Google PowerMeter

Electricity used Nov 12–Nov 13

House, Real-time ▼

Day [Week](#) [Month](#)



Previous day

Thursday Nov 12	Friday Nov 13
7.4 kW-h used	3.2 kW-h used
Approx. \$485/year	Approx. \$599/year
Always on: 3.9 kW-h used	Always on: 1.8 kW-h used

Compared to past usage

2% over expected usage for Friday

night	morning	afternoon	evening
	3.2 kW-h used		
			8.6 kW-h expected

[Manage](#) [Discuss](#) [Help](#)

CNN.com - World

[Parents gave kids to missionaries](#)
[Experts: Time ripe for Taliban talks](#)
[UK government 'misled' over Iraq war](#)

Google Map Search

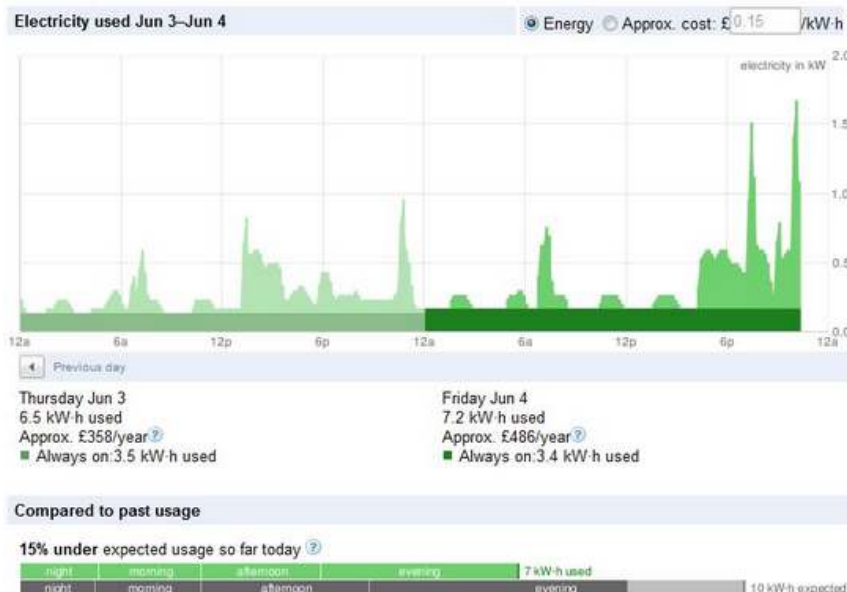


Google search the map

Search

❖ 1.1. 시간 별 에너지 사용 패턴

- ▶ 각 가구의 전력 사용 패턴을 한 눈에 보여주는 기능
- ▶ 가구의 전력 사용량을 일(day), 주(week), 월(month) 단위로 보기 쉽게 표현



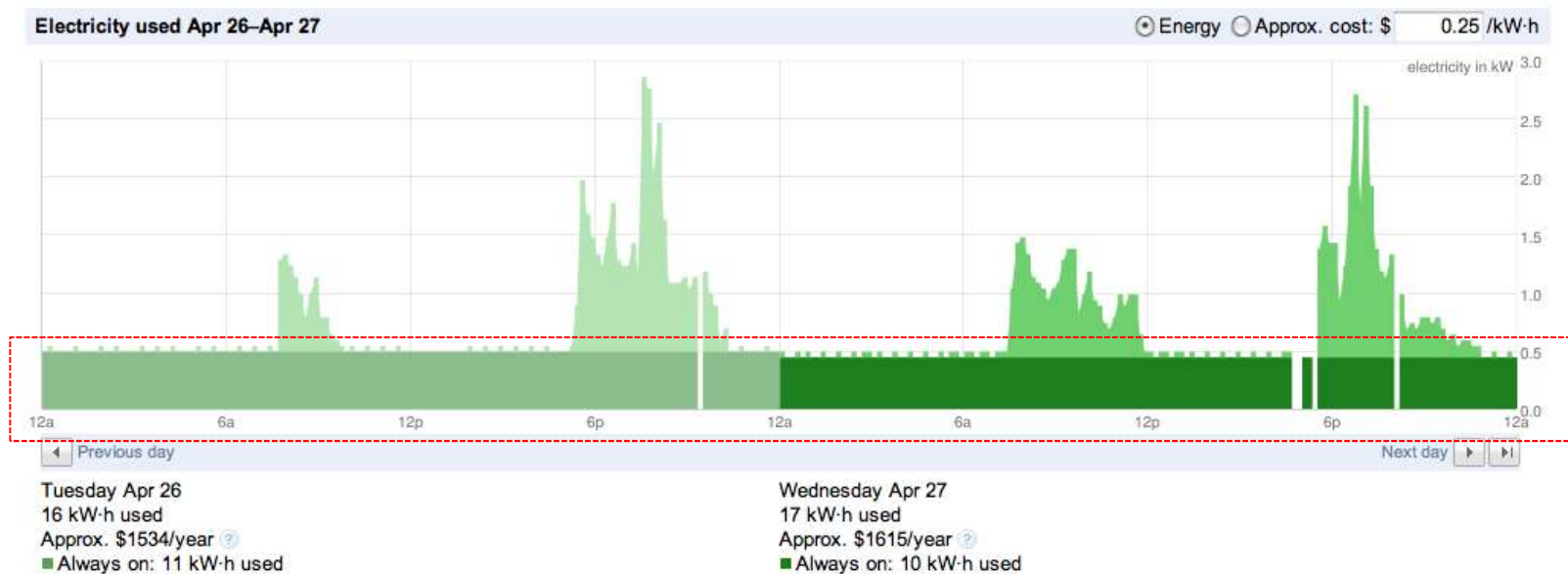
<일 단위>



<주 단위>

❖ 1.2. 항시 사용중인 에너지 조회

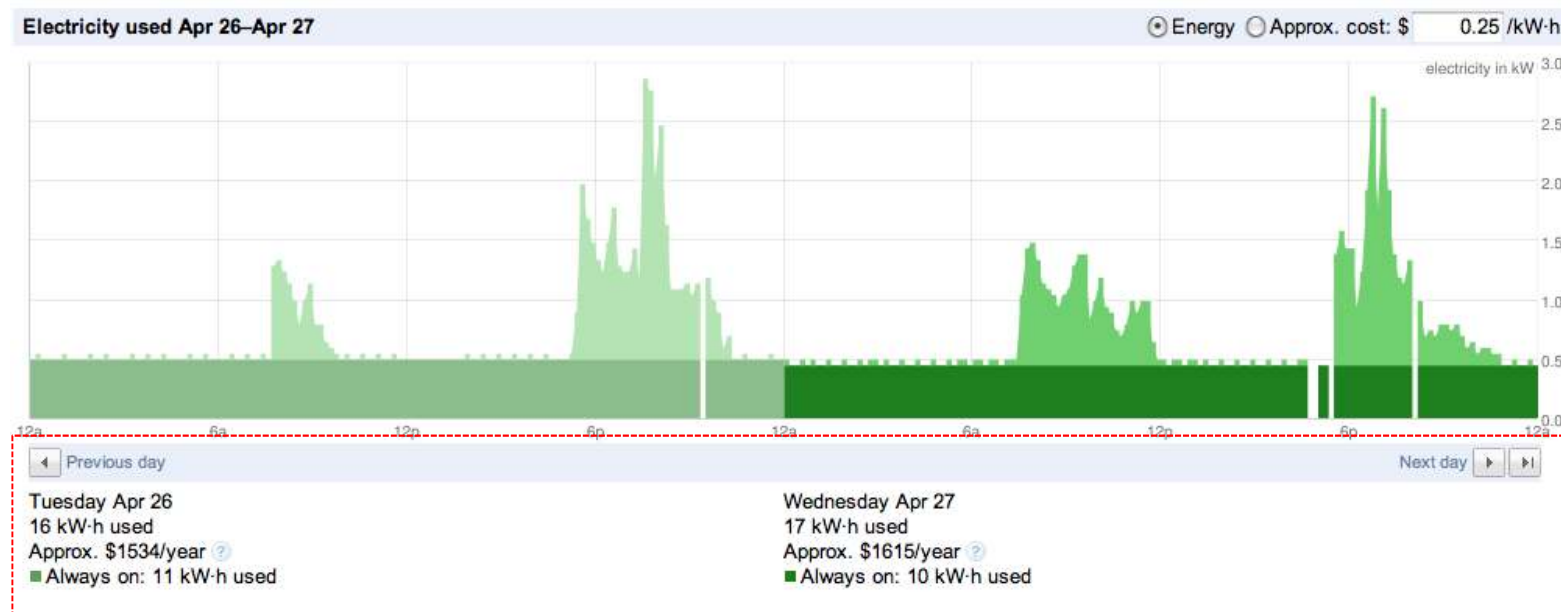
- ▶ 24시간 내내 사용되고 있는 전기의 양을 “always on power”로 명명
- ▶ 차트에서 이 부분을 강조하고 있음
- ▶ always on power를 줄이는 것이 전력 사용량을 감소시키는 가장 빠른 방법



Google powermeter - 1. 에너지 사용 기록 조회 및 분석

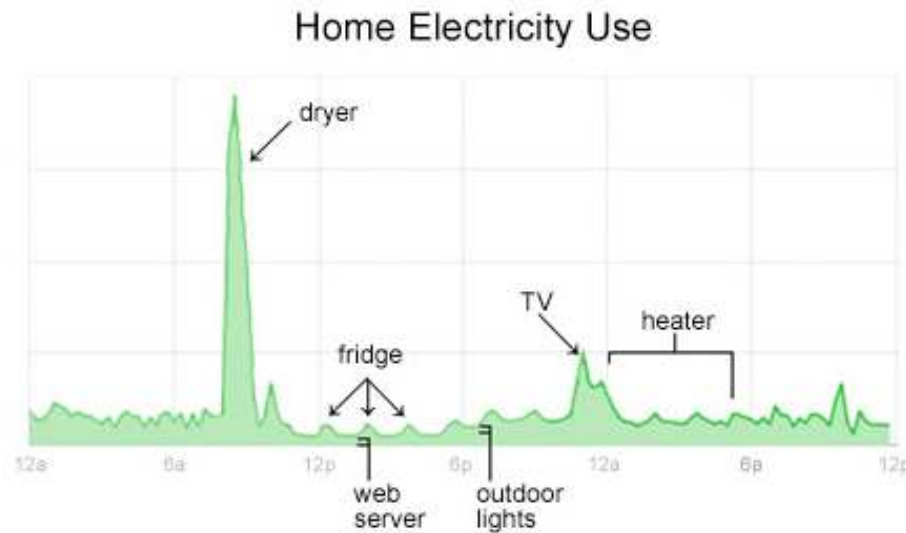
❖ 1.3. 비용 예측

- ▶ 현재 차트에 나와 있는 전력 사용량, 사용자가 입력한 단위전력 당 비용을 이용하여 예상되는 전기세를 계산함
- ▶ $\text{Yearly cost} = (\text{estimated cost per kilowatt-hour}) \times (\text{average usage rate}) \times (1 \text{ year})$



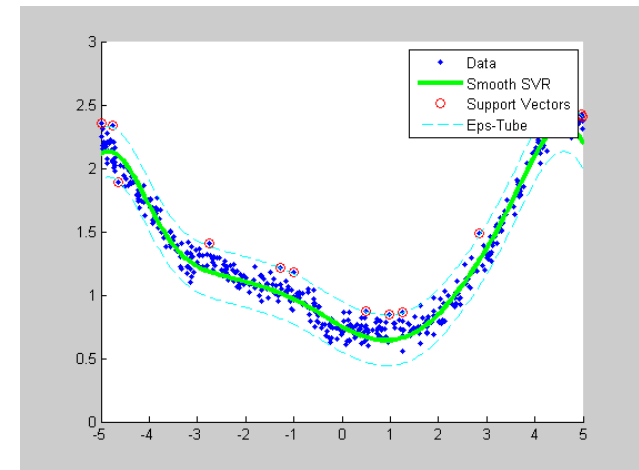
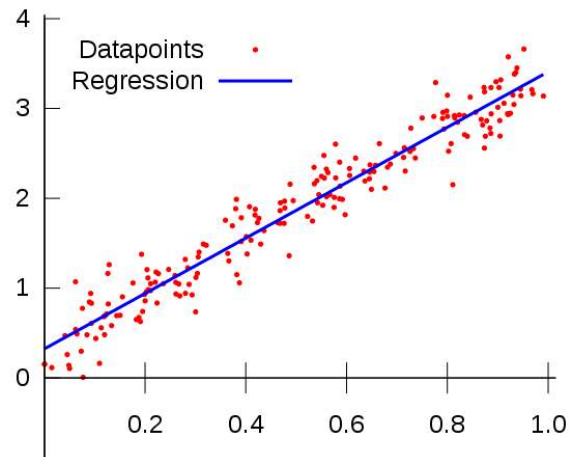
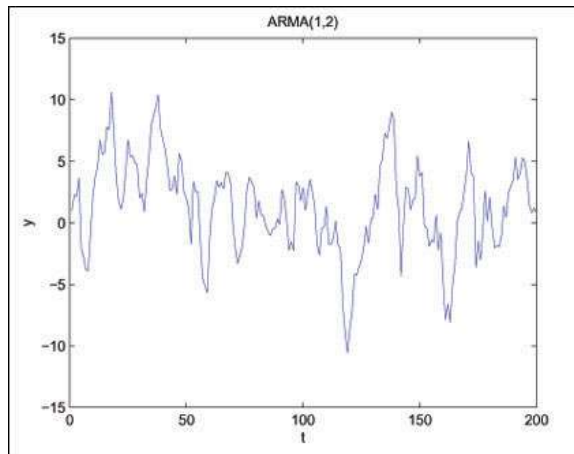
❖ 필요한 데이터

- ▶ 필수 : 시간 별 에너지 사용량 데이터
 - 세부시간단위로 데이터를 쌓을수록, 더 세밀하고 정확한 결과 도출이 가능
- ▶ 향상된 분석을 위한 가구 내 전기 제품의 규격 및 사용량 데이터
 - 실제로 그 가구 내 어떤 부분에서 전력이 낭비되는지 파악 가능
 - 만약 이 데이터가 없다면? → 사용 내역을 “추측” 해야 함



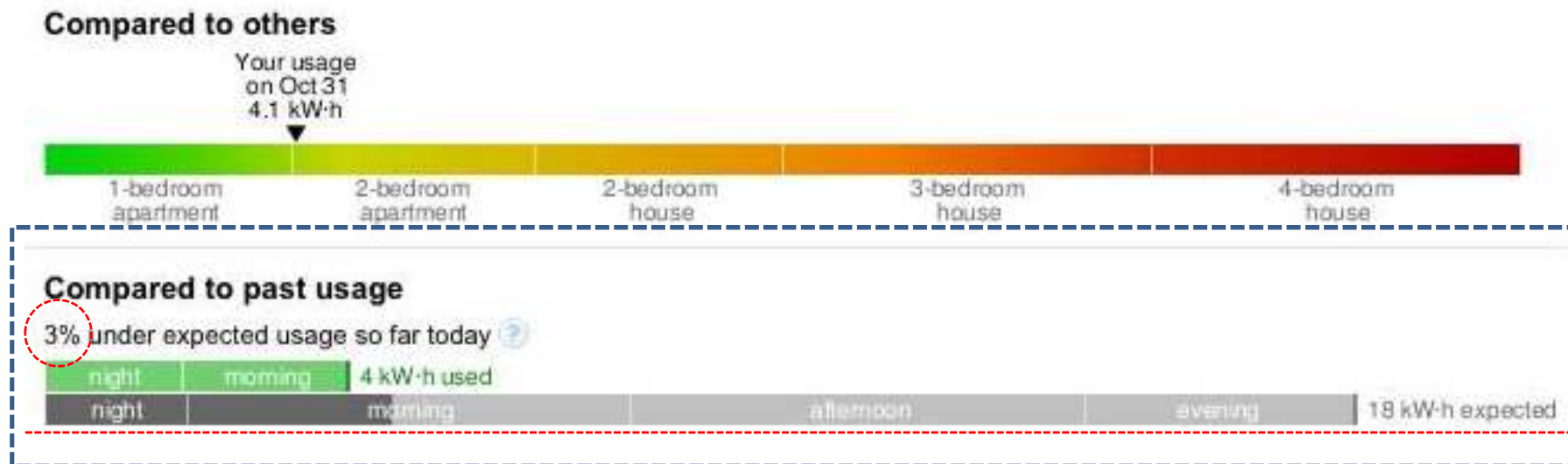
❖ 필요한 분석 방법

- ▶ 효과적인 시각화 방법 모색
- ▶ 비용 예측 시, 실제값에 가까운 근사값을 도출하기 위한 방법론 모색
 - 현재의 방법론은 단순한 수식
 - 기존의 사용패턴 및 계절성 등을 고려하지 못하고 있음
 - 사용가능 기법 : Autoregressive moving average (ARMA) model, Linear Regression, Support Vector Regression (SVR), etc.



❖ 2.1. 전력 사용량 비교 (2)

- ▶ 추정 사용량과의 비교 (Compared to past usage)
- ▶ 과거 전력 사용량을 토대로, 금일 혹은 금주에 사용할 것으로 예측되는 사용량을 PowerMeter에서 계산함 → 이를 budget이라고 명명
- ▶ 이 budget의 몇 %까지 사용하는 것을 목표로 할 것인가?



❖ 2.2. 에너지 절약 방법 추천 (2)

- ▶ 에너지 절약을 위한 다른 추천 방법을 소개하고, 사용자가 달성한 절약 방법도 표시



❖ 필요한 데이터

▶ 사용자 가구에 대한 여러 가지 정보

- 현재 Google PowerMeter에서는 주거지의 형태, 용도, 면적 등 단순한 정보를 사용자에게 요구하고 있음
- 주거지의 난방 방식, 단열재, 방향 등 다양한 정보가 주어질 경우, 다른 가구에 비해 사용자의 위치가 어느 정도인지 정확하게 비교 가능

▶ 에너지 사용량과 추정되는 절약 방법의 맵핑 구조

- Rule-based한 방법으로, 특정 에너지 사용 패턴에 대해서는 어떤 부분이 현재 낭비되고 있고 절약할 수 있는지 맵핑된 구조가 필요
- 이의 정확성을 어떻게 평가할 것인가가 문제

Google powermeter - 파트너들

❖ 서비스 유틸리티 업체들

- ▶ 특정 지역의 전력 공급을 담당하고 있는 서비스 유틸리티 업체들 중 Google PowerMeter와 파트너십을 갖고 있는 경우, 그 지역 내 가구들은 간단한 신청과정을 통해 Google PowerMeter 서비스를 이용할 수 있음
- ▶ 대부분 독일, 캐나다, 영국, 미국 일부 주의 업체들

first:utility

firstutility
[Learn more](#)



Glasgow EPB
[Learn more](#)



JEA
[Learn more](#)



TXU Energy
[Learn more](#)



White River Valley Electric Cooperative
[Learn more](#)



Wisconsin Public Service
[Learn more](#)



Reliance Energy
[Learn more](#)



San Diego Gas Electric
[Learn more](#)



Toronto Hydro-Electric System Limited
[Learn more](#)



Yello Strom
[Learn more](#)



Blue Ridge Electric
[Learn more](#)

Google powermeter - 파트너들

❖ 에너지 사용 모니터링 장치 개발 및 판매 업체 (1)

- ▶ 해당 서비스 유틸리티 업체에 속하지 않더라도 Google PowerMeter와 파트너십을 갖고 있는 업체의 에너지 사용 모니터링 장치를 구입하여 설치하는 경우, Google PowerMeter 서비스를 이용할 수 있음
- ▶ 마찬가지로, 대부분 독일, 캐나다, 영국, 미국 일부 주, 호주, 뉴질랜드 내의 업체들



AlertMe
[Learn more](#)



Blueline Innovations
[Learn more](#)



Brutech Research Inc
[Learn more](#)



EnergyHub
[Learn more](#)



Powerhouse Dynamics
[Learn more](#)



Sequentric Energy Systems
[Learn more](#)



Current Cost
[Learn more](#)



Digi
[Learn more](#)



eGauge
[Learn more](#)



The Energy Detective (TED)
[Learn more](#)



Watts up?
[Learn more](#)







Wattvision
[Learn more](#)

❖ 에너지 사용 모니터링 장치 개발 및 판매 업체 (2)

- ▶ 예 : 영국의 ALERT ME
- ▶ 150유로의 수준으로 가구 내 전력 사용량을 모니터링할 수 있는 패키지를 구입할 수 있음



 AlertMe Energy List price: £49.99 Product code: KIT310 Quantity: <input type="text" value="1"/> add to cart	 Home Monitoring Standard List price: £149.99 Product code: KIT200 Quantity: <input type="text" value="1"/> add to cart	my cart Your shopping cart is empty
 Annual Energy Subs List price: £19.90 Product code: SUB112 Quantity: <input type="text" value="1"/> add to cart	 Annual Home Monitoring Subs List price: £49.90 Product code: SUB012 Quantity: <input type="text" value="1"/> add to cart	

Acknowledgement

- ❖ This work was supported by the Brain Korea 21 program in 2006-2011, Seoul R&BD Program (TR080589M0209722), and the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea government(MEST) (No. 400-20100015). This work was also supported by the Engineering Research Institute of SNU.