

## 토지용도 추정을 기반으로 한 배전계통 부하예측

권성철, 이학주, 최병윤  
한전 전력연구원

### Distribution Load Forecasting based with Land-use Estimation

Kwon, Seongchul Lee, HakJoo Choi, ByoungYoun  
Korea Electric Power Research Institute(KEPRI)

**Abstract** - Power distribution system planning for maximum customer satisfaction and system efficiency requires accurate forecast of future demand in service area. Spatial load forecasting method provides a more accurate estimation of both magnitudes and location of future electrical load. This method considers the causes of load growth due to addition of customers and per capita consumption among customers by land use (residential, commercial and industrial). So the land-use study and it's preference for small area is quite important. This paper proposes land-use preference estimation method based on fuzzy logic. Fuzzy logic is applied to computing preference scores for each land-use and by these scores the customer growth is allocated in service area. An simulation example is used to illustrate the proposed method.

산정시 소지역별 토지용도별 점유율등의 소지역 특성 및 주변여건들에 대한 고려를 퍼지로직의 소속도함수 (membership function)와 퍼지추론엔진(fuzzy inference engine)을 이용한다.

## 2. 소지역 부하예측

토지용도기반의 소지역부하예측은 수용가수의 변화와 수용가당 사용하는 전력량의 변화의 2가지 원인에 기인한다고 가정한다. [Fig. 1]에서 예측 흐름을 나타내었다. 전체지역의 수용가 및 부하를 예측한 후 이를 시간적인 요소와 공간적인 요소로 분리하여 각각 예측을 한 다음 이를 결합하여 최종적인 소지역별 부하를 예측한다.

## 1. 서 론

전력계통의 효율적인 운용과 경제적인 설비투자를 위하여 부하예측은 필수적이다. 전력을 얼마나 많이, 어디에 언제 공급하여 주어야 하는지를 예측할 수 있어야만 각종 투자계획 등의 경영계획이 수립된다. 이는 배전계통에 있어서도 마찬가지이다. 부하예측은 일반적으로 단기예측과 장기예측으로 구분한다. 단기예측은 수분, 수시간에서 수개월의 기간 앞의 부하변동을 예측하여 기존 설비를 효율적으로 운용하는 데 이용되고, 장기예측은 수년에서 수 십년까지의 부하 성장추세를 예측하여 설비의 신설 및 확충계획을 수립하는 것을 목적으로 한다.

부하예측에는 여러 가지 기법들이 제안되어 왔는데 장기부하예측에서는 크게 트렌드법(Trend Methods)과 시뮬레이션법(Simulation Methods)으로 구분되어 지는데 시뮬레이션법 중 토지용도를 이용한 부하예측 기법[1]이 제안된 방법 중 가장 신뢰성이 높은 정확한 기법으로 평가받고 있다. 토지용도를 이용한 시뮬레이션법은 전력부하의 생성 및 성장은 토지용도의 생성과 성장에 의하여 설명하려는 것으로, 예측지역을 정형격자형의 소지역으로 구분하여, 토지용도(수용가)의 공간적인 예측모형과 각 토지용도별 시간적인 부하증가모형을 수립하여 이를 결합하여 각 소지역별 부하를 예측 하는 형태를 취한다. 이 기법에서는 먼저 예측지역 전체에 대한 미래의 부하를 예측하고, 이를 각 소지역별로 증가분을 할당하여 각 지역별 최종적인 부하예측 값을 산출하게 된다.

본 논문에서는 퍼지로직(fuzzy logic)을 이용하여 각 소지역의 토지용도에 대한 선호도를 계산하고, 이를 바탕으로 전체지역에 대하여 광역적으로 예측된 부하값의 소지역 할당을 수행한다. 토지용도의 소지역별 선호도

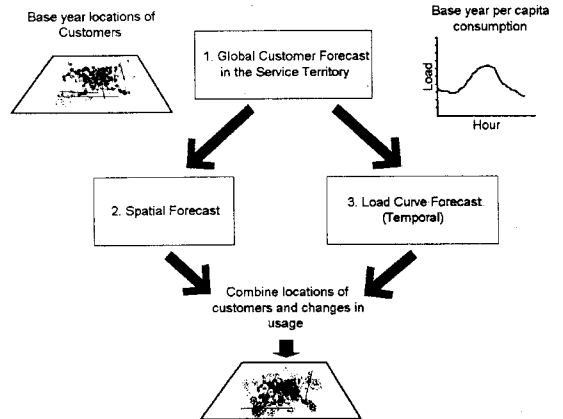


Fig 1. Small-area load forecasting based by land-usage

두 번째의 단계인 공간적인 예측에 퍼지로직을 이용하여 각각의 소지역별 선호도를 계산하여 이에 따라서 각 수용가를 배치한다. 다음절에서 퍼지로직의 구성 및 선호도 산정기법을 설명하겠다.

## 3. 부하예측에서의 퍼지로직 구성

퍼지로직은 퍼지화, 추론, 비퍼지화의 3가지 단계로 구성되어진다.

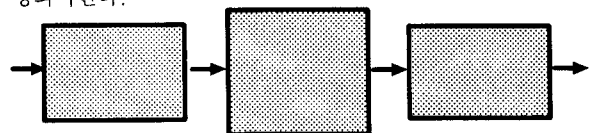


Fig. 2 Fuzzy Logic Block Diagram

퍼지화는 일상의 수치를 소속도함수를 이용하여 퍼지

값으로 변환하여 주는 단계이고, 추론은 If-then 형식의 퍼지규칙을 적용하여 결과를 유추하는 퍼지로직에서의 가장 핵심적인 부분이고, 비퍼지화는 추론단계에서 도출된 값을 일상적인 값(crisp value)으로 재변환하는 단계이다. 이를 다이어그램으로 나타내면 (Fig. 2)와 같다.

### 3.1 퍼지로직 모듈구성

전체적인 선호도를 계산하는 모듈은 다음과 같이 구성된다. 소지역 속성(Local Factor)와 근접성요소(Proximity Factor)로 각각 퍼지로직모듈을 통하여 선호도를 계산하고, 다시 각각의 값을 또 다른 퍼지 모듈에서 계산하여 최종적인 한 소지역의 선호도가 계산된다.

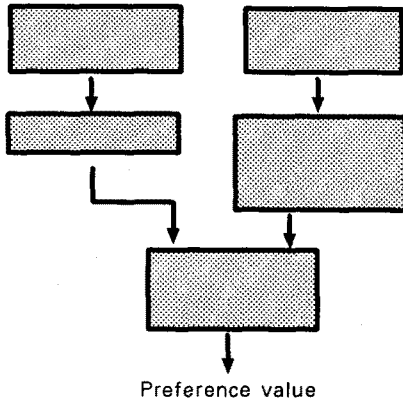


Fig. 3 Preference Inference Process

### 3.2 퍼지화 및 비퍼지화

토지용도를 주거용, 상업용, 산업용 및 공지의 4가지로 크게 분류하고, 각 토지용도 분류별로 예측을 수행한다. 각 소지역별 토지용도 현황자료를 이용하여 수용가 증가에 따른 부하를 지역적으로 할당한다. 이를 위하여 이런 값을 퍼지 로직에 적용하기 위하여 퍼지화를 한다. 입력요소로는 소지역 속성과 주변요소들과의 근접성 요소를 고려한다. 비퍼지화(defuzzification)에는 가장 많이 사용되는 무게중심법(Centroid Method)을 사용하였다.

#### 3.2.1 소지역 속성

각 소지역별로 주거, 상업, 산업, 공지의 분류별 토지점유율을 퍼지화 한다. 퍼지화를 위한 소속도 함수(membership function)으로는 각 토지용도의 점유율에 따른 소지역의 선호도가 변화할 수 있기 때문에 점유율이 낮을 때는 점유율에 따라서 증가하다가 점유율이 70-85% 일 때 최고치에 도달하다가 이후에는 감소하는 형태로 토지용도 점유율에 대한 선호도 모델링을 하였다.

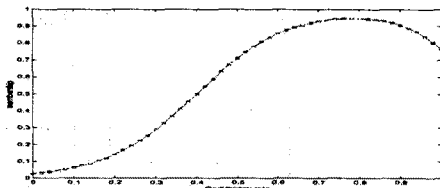


Fig. 4 membership function for occupancy rate

#### 3.2.2 근접성 요소

근접성요소는 주변 소지역의 토지용도 속성에 대한 요소이다. 이요소에 대한 소속도 함수는 [Fig. 5]에 나타낸 것과 같이 각 요소에 대한 거리의 함수로 가까움

(Close), 중립(Moderate Close), 멀다(Far)로 구분하였다.

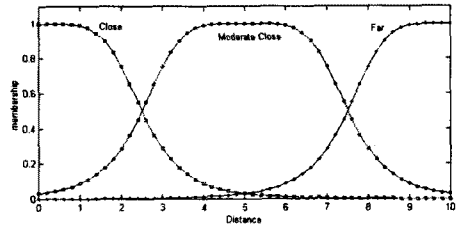


Fig. 5 Distance Membership function

#### 3.2.3 선호도 요소

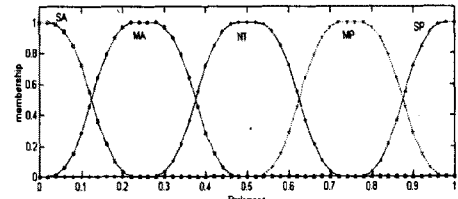


Fig 6 Preference Membership function

소지역 속성요소 및 근접성요소의 퍼지화한 값을 입력으로 퍼지규칙을 적용하면 선호도값이 계산되는 데 선호도 값은 (Fig. 6)에서와 같이 5개의 소속도 함수로 나타내었다. 아주 부적합(Strongly Against:SA), 부적합(Moderate Against:MA), 중립(Neutral:NT), 적합(Moderate Preferable:MP), 아주 적합(Strongly Preferable:SP)의 5개로 구성하였다. 적합도의 값은 (0.1)의 값을 가지도록 지정하였다.

### 3.3 퍼지규칙(Fuzzy Rule)

앞에서 고려한 입력요소로 선호도를 산정하기 위한 퍼지규칙은 다음과 같이 설정하였다. 주거용은 상업용도와는 MC고 산업용 토지용도와는 아주 멀리 떨어져있는 지역 이 선호도가 높다 라는 등의 규칙을 생성하여 퍼지규칙을 생성하였다. 각기 다른 토지용도 계층별 적합한 제한 조건을 정립하고 이를 퍼지규칙으로 모형화 하였다. 각 토지용도별 고려되는 특성은 [표 1] 같다.

Table 1 Consideration by Land-use class

토지용도 분류	고려조건
주거용	1. 도로와의 거리 2. 반경 2km내의 주거용지면적 3. 산업용지와와의 거리
상업용	1. 도로와의 거리 2. 반경 2km내의 주거용지 면적 3. 도심과의 거리
산업용	1. 도로와의 거리 2. 도심과의 거리

위의 고려조건을 각각 FAM(Fuzzy Associate Memory)형식으로 퍼지규칙을 작성하면 [표2]와 같다.

Table 2. FAM (Fuzzy Associate Memory)

도로	주거용	상업용	산업용
Very Close	MA	SP	SP
Close	SP	NT	SA
Far	MA	MA	SA

Table 3 FAM (Fuzzy Associate Memory)

도심	주거용	상업용	산업용
Very Close	SA	SP	SA
Close	MP	MP	MA
Far	MA	MA	SP

Table 4 FAM(Fuzzy Associate Memory)

주거용면적	주거용	상업용
Large	SP	SP
Medium	MP	MP
Small	MP	NT

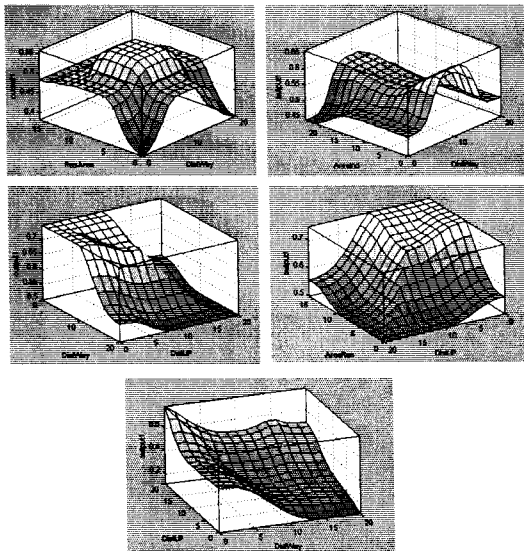


Fig. 7 Distribution of Preference value by input parameter's variation for each land-use class (Residential, Commercial and Industrial in order)

#### 4. 사례연구 및 결과

사례연구에서는 한 지역의 현재의 부하맵과 주거용, 상업용, 산업용, 녹지, 개발제한구역의 토지용도 맵을 이용하여 향후 12년간의 이 지역의 토지용도의 변화를 추정하고 이에 따른 부하의 성장을 예측하였다. 전체지역의 각 수용가분류별 부하를 미리 예측하고 이를 각 소지역의 토지용도 선호도 값에 따라 지역적인 할당을 하였다.

그림 8,9에서는 기준년도 및 12년후의 전체 부하밀도 맵과 주거용 부하밀도 맵을 나타내었다. 이 지역의 고속

도로 경과지와 도심과 각 소지역별 토지용도 및 공지율을 토지용도 선호도 맵의 입력요소로 하여 각 부하밀도를 나타내었다. 예측한 결과를 보면 기준년도의 각 토지용도 면적은 주거, 상업, 공업용지가 각각 45.5, 8.6, 6.3 km<sup>2</sup>인데, 12년후인 2009년에는 각각 84.1, 26.4, 10.1 km<sup>2</sup>으로 예측되어 진다. 부하밀도는 기준년도인 1998년에는 최대한 지역의 부하밀도가 47.43MVA이고, 2009년에는 94.43MVA로 예측되어 진다. 최대부하밀도를 가지는 지역이 년평균 8%정도의 증가율을 가지는 것으로 예측되었다. 지역의 평균부하밀도는 1998년에는 9.39MVA이다가 2009년에는 14.83MVA로 증가하였다.

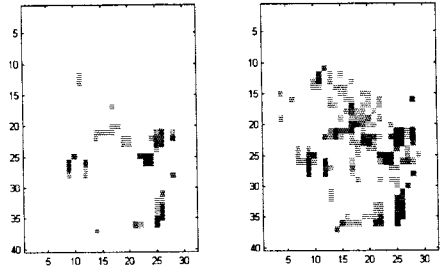


Fig 8 Load density map in base year(left) and after 12 years from base year(right)

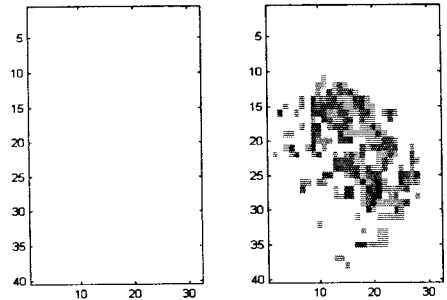


Fig. 9 Residential Load density map in base year(left) and after 12 years from base year(right)

#### 5. 결 론

본 논문에서는 토지용도 추정을 기반으로 하여 배전계통 장기부하예측을 하였다. 토지용도 추정모형 수립단계에서 구체적인 기준정립의 어려움으로 흔히 발생하는 미래의 사건에 대한 불확실성을 퍼지논리를 이용하여 모형정립의 유연성 및 세부 조정을 쉽게 구현하였다. 따라서 토지용도 기반의 부하예측 수행에 있어서 보다 신뢰성 있고 안정적인 예측 결과를 보인다. 향후 연구내용으로는 여기에 택지개발 및 공간 시설계획을 포함하여 종합적인 토지용도 추정이 필요할 것으로 생각된다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] H.Lee Willis, "Spatial Electric Load Forecasting", Marcel Dekker Inc. 1996
- [2] Mo-yeun Chow, Hahn Tram, "Application of Fuzzy Logic Technology for Spatial Load Forecasting", IEEE Transactions on Power Systems, 1996