

R\* Tree 알고리즘을 이용한 배전부하 예측용 토지용도 판정 알고리즘 개발

박창호, 오재형, 정종만, 박상만, 채우규  
한국전력공사

New land use decision algorithm for distribution load forecast using R\* Tree Algorithm

C. H. Park, J. H. Oh, J. M. Jung, S. M. Park, W. K. Chae  
Korea Electric Power Cooperation

**abstract** · This paper describes new land use estimation method for long-term load forecast using R\* tree algorithms. Where R\* Tree algorithms is a proposed method for efficient spatial search. An estimation result showed that execute time of the proposed method is prior to execute time of conventional method.

2. 본 론

2.1 R\* Tree 알고리즘[3]

효율적인 공간 접근을 위해 제안된 R\* Tree 알고리즘은 공간을 분할하는 방법과 분할된 공간을 검색하는 방법으로 나눌 수 있다. 먼저, 공간 분할 방법으로는 식 (1)에서 식 (3)과 같은 조건에 의하여 공간을 분할한다.

$$\text{조건 1 : } \min \left( \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} dx dy \right) \quad (1)$$

$$\text{조건 2 : } \min \left( \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} (2dx + 2dy) \right) \quad (2)$$

$$\text{조건 3 : 공간 겹침의 최소} \quad (3)$$

여기서, 조건 1은 분할된 면적이 최소가 되도록 하는 조건이며, 조건 2는 분할된 영역의 둘레 길이가 최소인지를 판단하는 조건이며, 조건 3은 분할된 영역들이 서로 겹치는 영역의 유무를 검토하여 이 겹치는 영역의 수를 최소가 되도록 판단하는 조건이다. 또한  $x_1, x_2, y_1, y_2$ 는 공간의  $x, y$ 의 좌표축을 의미한다.

그림 1은 공간 데이터를 의미하며, 공간 데이터는 배전계통의 수용가의 위치를 의미한다. 이러한 공간데이터를 위에서 기술한 조건 1에서 조건 3에 맞도록 먼저 조건 1의 공간 데이터가 차지하는 면적을 최소화하기 위해 공간데이터의 분할 축을 선택한다. 각 데이터의 영역 좌표를 기준으로 X축은 3, 1, 2, 4, 5 순으로 Y축은 5, 1, 2, 4, 3순으로 정렬이 된다. 이때 분할면적이 최소화가 되는 분할축의 기준은 2가 된다. 분할 축을 선택한 후 분할된 공간의 겹침이 존재하는지 검색한 뒤 겹침이 존재한다면 조건 3에 의해 겹침이 최소가 되는 분할 구조를 공간 분할 영역을 재구성한다. 그림 1의 공간 데이터 구조를 전술한 조건들에 의해 분할하면 그림 2와 같이 {5, 1, 2}, {4, 3}으로 분배가 된다. 그림의 데이터 정보 1, 2, 3, 4, 5는 GIS상의 수용가 위치를 의미한다.

1. 서 론

배전계통의 최적운용 및 경제적인 설비투자를 위해 중·단기 전력수요예측이 사용되며 배전계통의 변전소의 위치 선정 및 배전선로의 신설을 위해 중·장기 전력수요예측이 필수적이다. 이러한 전력수요예측은 전력수요의 패턴을 분석하여 이에 따른 전력수요량을 예측하는 송전계통과는 달리 GIS(Geographic Information System)을 기반으로 하며, GIS 상의 관심 지역의 토지 용도에 따라 토지 용도별 부하 증가량을 분석하여 전력수요를 예측하는 공간부하예측기법을 사용하는 것이 일반적이다[1, 2].

공간부하예측기법을 사용하기 위해 전력회사가 공급하고 있는 수용가의 위치와 주택용, 상업용, 공공업용, 농사용, 광공업용 등과 같은 계약종별을 GIS 상에 입력해야 한다. 이러한 GIS 상의 공간에 토지 용도를 입력하기 위해 실무자들이 위치를 검색하고 그 위치의 토지 용도에 해당하는 계약종별을 수작업으로 입력하였기 때문에 수많은 시간이 필요하였다. 이를 보완하기 위해 배전계통 설비관리 시스템인 NDIS(New Distribution Information System)에서 수용가의 위치 정보를 추출하여 이에 해당하는 GIS의 지번을 탐색하고 해당 수용가의 계약종별을 입력하는 시스템을 구성하였다. 그러나 이러한 방법은 수용가의 토지 용도를 입력하기 위해 관심 지역의 모든 영역을 탐색하기 때문에 많은 탐색 시간과 컴퓨터의 처리에 있어 많은 자원을 차지하기 때문에 배전계통의 계획수립에 있어 능동적으로 대처하기 어렵다. 따라서 배전계통 계획을 수립의 효율성을 부여하기 위해 수용가의 토지용도에 따른 계약종별을 GIS의 지번에 보다 빠르고 효율적인 GIS의 지번에 대한 탐색기법이 요구된다.

본 논문에서는 R\* tree 알고리즘[3]을 이용하여 배전계통의 중상기 부하예측을 위한 새로운 토지용도 판정 알고리즘을 제안한다. 여기서, R\* Tree 알고리즘은 효율적인 공간 탐색을 목적으로 제안되었다. 탐색과정으로는 비단말 노드 즉, 상위 영역정보에 대해 대상 영역의 좌표점이 포함되면 하위 노드의 영역정보를 저장한 Address를 읽어오고 이 과정을 단말 노드인 최하위 영역정보까지 탐색한다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위해 광주지역을 공급하고 있는 전남지사 직轄의 실 계통에 적용하였다. 평가 결과, 본 논문은 기존 방법에 비해 빠른 처리속도를 보여 제안한 알고리즘의 우수성을 보였다.

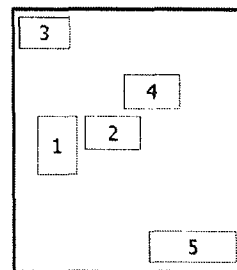


그림 1 공간 데이터

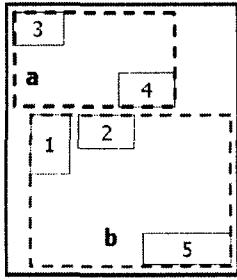


그림 2 R\* Tree 분할 방법에 의한 공간 자료 분할

공간 정보가 분할되었을 때, 분할된 공간데이터의 데이터 속성을 부여하기 위해 그림 3과 같이 검색한다. 만일 점 P1이 단말 노드 12에 포함되어 있다. 이 데이터 정보를 검색하기 위해 먼저, 점 P1의 위치가 전체 영역 R에 소속된 부분 영역 a, b, c, d에 포함 여부를 검색한다. 여기서 점 P1은 부분영역 d에 포함되어 있으므로 부분영역 d를 선택하고 이 영역에 소속된 단말 노드 12를 검색하여 정보를 가져온다.

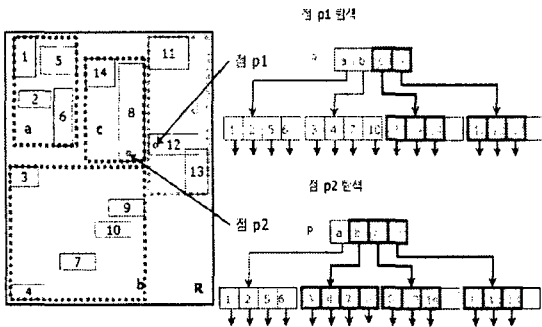


그림 3 R\* Tree 알고리즘 검색 방법

## 2.2 부하예측에 대한 흐름도

부하예측에 대한 흐름은 그림 4와 같다.

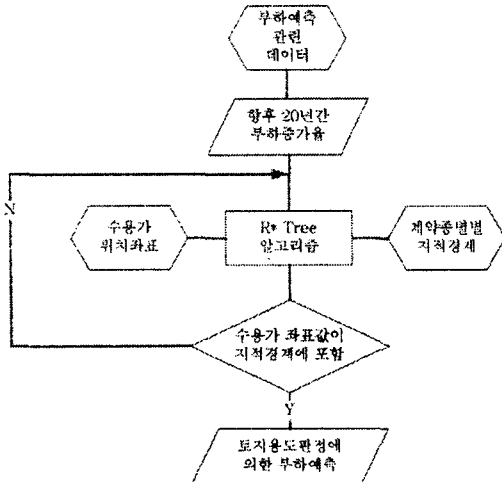


그림 4 부하예측 흐름도

## 3. 사례 연구

본 장에서는 본 논문에서 제안한 공간 탐색 기법을 적용한 토지용도 판정 알고리즘에 의한 배전계통 부하예측 결과를 나타내었다. 사례연구에 사용된 실 계통 데이터는 전남지사 직할인 광주지역이며, 배전선로의 수 71개, 서비스지역의 수용가수는 174380, 지적경계 98340개에 대한 부하예측을 이용한 토지용도 판정을 R\* Tree 알고리즘을 이용하여 소요된 시간은 표 2와 같이 나타난다. 또한 토지용도별 부하예측을 수행하기 위해 과거 5년간의 인구 변동과 GDP(Gross Domestic Product), 판매 전력량 등에 근거하여 부하증가율을 산출하였다. 또한 표 1은 현행 한국전력공사에서 구분하고 있는 계약전력의 종류를 나타내며, 부하예측시 사용되는 토지용도에 대한 구분은 가정용, 공공업용, 서비스용, 공공용, 농림 어업용으로 나누어 토지용도별 부하예측을 수행한다.

표 1 계약종별

계약종별		계약종별	
주택용 전력		광공업	저압전력
상업 일반용 전력 (갑)	저압전력		산업용 전력 (갑)
	고압전력A	고압전력B	
	고압전력B	광공업	고압전력A
	고압전력A		산업용 전력 (을)
공공업 교육용 전력	저압전력	광공업	
	고압전력A		산업용 전력 (병)
	고압전력B	농사용 전등	
농사용 전력	갑		
	을		
	병		

표 2 부하예측에 따른 소요시간

	기존 방법	제안한 방법
CPU	Pentium IV 2.6 GHz	
메모리	512 MB	
OS	Microsoft Windows XP Professional	
소요 시간	2시간 31분 57초	2분 41초

R\* Tree 알고리즘을 적용하지 않고 부하예측을 이용한 토지용도를 판정한 경우 2시간 31분 57초의 소요시간이 발생했고 R\* Tree 알고리즘을 적용하여 부하예측을 이용한 토지용도를 판정한 경우 2분 41초의 소요시간이 발생했다. 따라서 R\* Tree 알고리즘의 적용에 대해 결과 값에 대한 소요시간은 2시간 29분 16초를 단축시켰다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 R\* Tree 알고리즘을 이용하여 토지용도를 판정하고 이를 이용한 공간부하예측 방법을 제안하였다. 기존의 공간부하예측을 위해 수용가에 대한 토지용도를 GIS 지면에 입력하는 과정에서 많은 시간이 소요되는 단점을 공간 탐색기법인 R\* Tree 알고리즘을 이용하여 부하예측시간을 상당히 단축시킴을 보였다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘은 공간부하예측 방법의 부프로그램으로 사용될 수 있을 것이라 예상된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] "신경회로망을 이용한 배전부하 수요예측 연구", 한전전력 연구원, 2000.
- [2] H. C. Wu, C. N. Lu, "A Spatial Modeling Technique for Small Area Load Forecast", IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Vol. 2, pp.1205-1210, 15-19 July 2001
- [3] D. Papadias, Tao Yufei, "Performance Analysis of R\* Trees with Arbitrary Node Extents", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 16, Issue: 6, pp. 653-668, June 2004