

신재생에너지 자원 관리를 위한 시공간 응용 기술

이양구*, 류근호*, 김광득**

*충북대학교 데이터베이스/바이오인포매틱스 연구실((leeyangkoo, khryu)@dblab.chungbuk.ac.kr),

**한국에너지기술연구원 신재생에너지 연구부(kdkim@kier.re.kr)

Spatiotemporal Applications for Managing New&Renewable Energy Resources

Yang Koo Lee*, Keun Ho Ryu*, Kwang Deuk Kim**

*Database Laboratory, Chungbuk National University((leeyangkoo, khryu)@dblab.chungbuk.ac.kr),

**Dept. of New&Renewable Energy Research, Korea Institute of Energy Research(kdkim@kier.re.kr)

Abstract

In this paper, we argue that new&renewable energy resources are difficult to be managed with GIS technology due to their spatiotemporal features, and suggest that spatiotemporal database and sensor network can be applied to the new&renewable energy management system as advanced technology. To give the motivated issues, we introduce and analyze the concept of the spatiotemporal database and sensor network, and the case studies in each applications.

Keywords : 신재생에너지(New&Renewable Energy), 시공간 데이터베이스(Spatiotemporal Database), 시공간 데이터 모델(Spatiotemporal Data Model), 센서 네트워크(Sensor Network)

1. 서 론

최근 유가의 불안정, 지구 온난화 등의 문제는 비단 국내뿐만이 아니라 범세계적인 이슈로 떠오르고 있다. 특히, 고유가 시대를 맞이하여 머지않아 고갈될 화석 자원을 대체하여 세계 문명을 지탱해줄 신재생에너지의 필요성이 심각하게 대두되고 있다. 이와 함께 미국, 유럽, 일본 등과 같은 선진국에서는 이미 신재생에너지 자원을 개발하고 보급하기

위한 구체적인 연구를 수행하고 있으며, 이를 체계적으로 관리하기 위한 시스템을 구축하고, 인터넷을 통해 일반 사용자에게 정보를 제공하고 있다. 국내에서도 GIS 기술을 기반으로 신재생에너지 자원 데이터베이스를 구축하여 각 분야에서 생산되는 신재생에너지원 정보를 통합하고, 부지 선정 및 데이터 분석, 생산 예측 등에 활용하는 연구를 수행하고 있다[1].

신재생에너지 자원 정보는 공간적 요소와

밀접하게 관계되어 시간의 변화에 따라 지속적으로 대용량의 데이터를 발생시키는 특징을 갖는다. 이러한 특징은 기존의 GIS 기반 관리 시스템으로 처리되기 어려운 몇 가지 문제점을 발생시키게 되는데, 첫째로, 신재생 에너지 자원은 시간의 경과에 따라 거의 실시간적이고, 무제한으로 생성되기 때문에 최신 데이터를 시스템에 반영하고, 누적되는 이력 데이터를 체계적으로 관리하는 데는 기술적 한계가 있다. 또한, 측정 장비 또는 인공위성 등을 통해 측정되어 분기별, 계절별로 갱신되는 데이터 수집 방법으로는 최신의 데이터를 유지하기 어려우며, 부정확한 분석 결과를 도출하게 되는 원인으로 작용할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 기존의 GIS 기술과 함께 최신 데이터베이스 기술을 도입하는 것이 요구되며, 이를 통해 단순히 기존 시스템이 갖는 문제를 해결하는 것뿐만 아니라, 대용량 데이터 처리의 신속성 및 정확성, 데이터의 효율적 저장 관리, 시스템 활용 범위 및 서비스의 다양화 등과 같은 효과를 부가적으로 확보할 수 있는 기회를 제공할 것으로 예상된다.

신재생에너지 자원의 특징을 잘 표현하고, 각각의 요구사항을 반영할 수 있는 시스템 환경을 구축하는데 필요한 기술로는 시공간 데이터베이스 기술과 센서 네트워크 기술을 예로 들 수 있다. 시공간 데이터 모델을 기반으로 구축된 데이터베이스는 기존의 공간 연산뿐만 아니라, 시간, 시공간과 관련된 연산의 지원 및 활용을 가능하게 하며, 다양한 형태의 질의를 통해 사용자가 원하는 정보를 보다 신속하게 제공하는 장점을 가질 수 있다. 또한, 센서 네트워크 기술은 측정망 환경을 센서 네트워크로 구축하여 신재생에너지 자원 정보의 획득을 자동화하고, 원격 통제를 가능하게 하며, 이를 통해 실시간 자원 관리 및 모니터링 환경을 구축할 수 있는 장점을 제공할 수 있다.

이 논문에서는 신재생에너지 자원 관리 시스템을 효율적이고 체계적으로 구축하는데 유용하게 활용될 수 있는 데이터베이스 기술로써 시공간 데이터베이스와 센서 네트워크를 소개하고, 이러한 응용 기술이 신재생에너지 자원 관리를 위한 적용 기술로써 응용될 수 있음을 제시하고자 한다.

2. 시공간 데이터베이스 기술

시공간 데이터는 시간에 따라 변화하는 공간 객체들을 나타낸다. 시공간 데이터베이스 시스템은 현실 세계에 존재하는 다양한 공간 객체들을 효과적으로 처리할 뿐만 아니라 시간의 흐름에 따라 변화하는 공간 객체의 이력 또한 효율적으로 처리할 수 있다. 이러한 시공간 데이터를 관리하기 위해서는 시공간 데이터베이스의 구축 및 시공간 연산이 필요하다.

2.1 시공간 연산자

시공간 연산이란 주어진 시간 연산자를 만족하는 유효시간과 거래시간을 가지는 객체들에 대해 공간 연산을 수행하는 것이다. 이러한 시공간 연산은 시간 연산자, 공간 연산자, 시공간 연산자에 의해 수행된다. 시간 연산자는 시간지원 데이터베이스를 기반으로 하는 연산자로, 시간 값을 인자로 받아들여 각 시간 값 사이의 관계를 유추하는 연산자이다. 그림 1은 대표적인 시간 연산자들의 관계를 나타내고 있다[2].

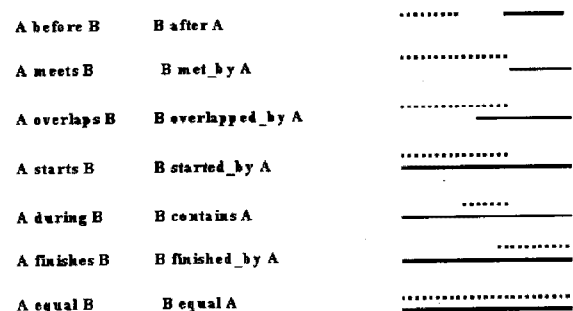


그림 1. 시간 연산자

공간 연산자는 사용자 레벨과 실제 내부 실행 레벨에 따라 서술 공간 연산자와 실행 공간 연산자로 분류된다. 서술 공간 연산자는 단순히 질의 구문을 기술하기 위해 필요한 연산자로서 실제 처리를 위해서는 내부 연산자로 변환되어 수행된다. 이러한 실제 연산을 수행하는 내부 연산자를 실행 공간 연산자라 한다. 서술 공간 연산자는 사용자 레벨에서의 질의를 기술하기 위해 사용되는 연산자로 크게 기하 연산자와 위상 관계 연산자로 구분한다. 표 1은 공간 연산자 중에서 기하 연산자를 나타낸다.

표 1. 기하 연산자

기하 연산자	정의
AREA	공간 객체의 넓이를 계산한다.
DISTANCE	공간 객체간의 거리를 계산한다.
LENGTH	공간 객체의 길이를 계산한다.
PERIMETER	공간 객체의 둘레를 계산한다.

시공간 연산자는 주어진 시간 연산자를 만족하는 유효시간 및 거래시간을 가지는 객체들에 대해 공간 연산을 수행하는 연산자로 크게 시공간 위상관계 연산자와 시공간 기하 연산자로 분류된다[3]. 표 2는 시공간 연산자들을 분류한 것이다.

표 2. 시공간 연산자 분류

	시공간 위상관계 연산	시공간 기하 연산
시간 연산	precede, overlap, equal	overlap, extend
공간 연산	contains, equal, overlap, touch, left, right, up, down	direction, distance, length, center, expand

2.2 시공간 색인

시공간 데이터베이스는 공간상에 존재하는 객체의 공간적 요소와 시간의 흐름에 따라

변화하는 객체에 대한 이력을 효율적으로 관리할 수 있어야 한다. 시공간 색인은 주로 대표적인 다차원 색인 기법인 R-Tree[4]를 이용하거나, R-Tree에 시간 속성을 고려하여 확장된 색인 등이 있다.

대표적인 시공간 색인으로 3DR-Tree[5]는 시공간을 이차원 공간 내의 또 다른 차원으로 간주하여 이차원 영역들을 시간 축을 고려한 3차원 MBR형태로 표현하였다. HR-Tree는 기존의 R-tree에 거래시간 개념을 추가하여 이력 정보를 표현하였으며, 데이터베이스의 연속적인 상태를 표현하기 위하여 R-tree에 오버래핑 개념을 포함한다. MV3 R-tree는 거래 시간 데이터베이스에서 1차원 데이터의 변화를 다루는 MVB-Tree의 개념을 이용한 것으로 MV R-tree와 단말노드들로 구성되는 보조적인 3D R-tree를 결합하여 타임스탬프 질의와 간격질의 효율적으로 처리할 수 있다.

2.3 시공간 데이터베이스 응용 시스템

태양, 풍력, 소수력, 지열 등과 같은 신재생 에너지 자원 정보는 시간적, 공간적으로 밀접하게 연관되는 시공간 데이터로 간주될 수 있다. [5]의 연구에서는 주기적으로 측정되는 일사량 관련 데이터를 실시간으로 처리하여 시공간 데이터베이스를 구축하고, 구축된 시공간 데이터베이스를 이용하여 웹에서 다양한 형태로 정보를 제공하기 위한 시스템을 제안하였다. 표 3은 구축된 시공간 데이터베이스에서 속성 이력 릴레이션 구조에 대한 예를 나타낸다.

표 3. 속성 이력 릴레이션 구조

rid	ts	te	g_1	...	g_n
지역 식별자	유효시간 시작시점	유효시간 종료시점	속성 정보_1	...	속성 정보_n
string	date	date	float	...	float

표 3의 구조에서는 각 지역의 유효 시간 간격별로 변화된 속성 정보를 저장하는데, 이때 각각의 튜플에 저장되는 유효 시간의 간격은 [ts, te]로 구성되며, ts는 유효 시간의 시작 시점을 나타내고, te는 유효 시간의 종료 시점을 나타낸다. 그림 2는 구현된 웹 서비스 시스템의 인터페이스를 나타낸다.

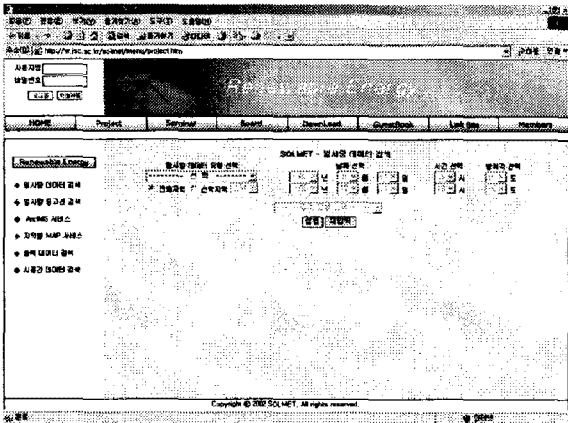


그림 2. 웹 인터페이스

3. 센서 네트워크 기술

3.1 센서 네트워크의 개요

무선 센서 네트워크란 센서가 달려 있어 센싱이 가능하고, 센싱된 정보를 가공할 수 있는 프로세서가 달려 있고 이를 전송할 수 있는 무선 송수신기를 갖춘 소형 장치, 즉 센서 노드로 구성된 네트워크를 의미하며, 기존의 네트워크와 다르게 의사소통의 수단이 아니라 환경에 대한 정보를 수집하는 것을 기본 목적으로 한다[6].

센서 네트워크 내의 각각의 센서노드에서 센싱된 데이터는 싱크노드에 의하여 수집되어 인터넷 등의 외부 네트워크를 통하여 사용자에게 제공된다. 센서들은 기본적으로 특정 위치에 고정되어 있으나 자동차나 PDA, 노트북, 컴퓨터, 사람 등에 설치되어 이동하는 상태로 동작할 수도 있다. 싱크노드는 센서 네트워크 내의 센서 노드들을 관리하고 제어하며 센서노드들의 센싱 데이터를 수집

하고 외부 네트워크의 게이트웨이 역할을 수행한다. 그림 3은 센서 네트워크의 기본 구성도를 나타낸다.

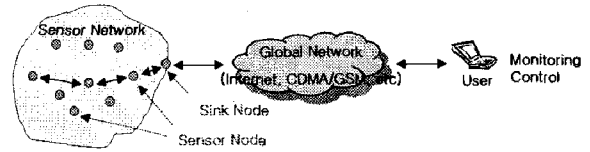


그림 3. 센서 네트워크의 기본 구성도

3.2 센서 네트워크 응용 기술 사례

시공간 데이터와 유사하게 센서 데이터는 시간의 흐름에 따라 거의 무제한적이고, 연속적으로 데이터를 발생시킨다. 이러한 특징으로 인하여 모든 데이터를 데이터베이스에 저장하고 관리하기는 어려우며, 연속적인 센서 데이터를 실시간으로 감시하고, 분석하기 위해 메모리 환경에서 동작하는 연속 질의 처리를 요구한다. 이렇게 센서 데이터가 갖는 공간성과 실시간성은 기존의 시공간 데이터 관리 및 질의 처리 기술의 응용을 가능하게 하며, 센서 네트워크 구축 기술은 측정망 환경을 센서 네트워크로 구축하여 신재생에너지 자원 정보의 획득을 자동화하고, 원격 통제를 가능하게 하며, 이를 통해 실시간 자원 관리 및 모니터링 환경을 구축할 수 있는 장점을 제공할 수 있다.

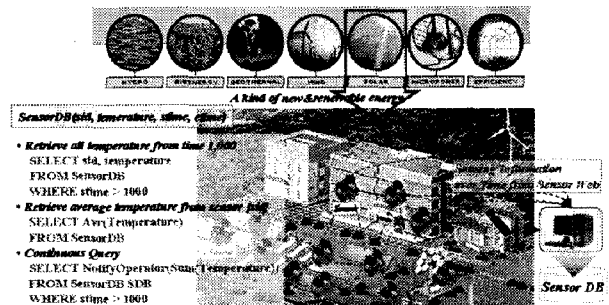


그림 4. 전체 시스템 환경 개념도

이러한 환경적 유사성을 고려하여 [7]의 연구에서는 신재생에너지의 측정망 환경을 센

서 네트워크로 가정하고, 시공간 데이터베이스 기술과 센서 데이터 처리 기술을 적용하여 실시간 관리 시스템을 제안하였다. 그림 4는 전체 시스템 및 측정망 환경에 대한 개념도를 나타낸 것이다. 그림 4와 같은 환경에서 센서 데이터는 측정망으로부터 실시간으로 수집되어 서버로 전송되며, 시스템은 이들 데이터를 실시간으로 모니터링하고 사용자 질의를 수행한다. 그림 5는 서버에서 전송된 센서 데이터들을 모니터링하는 화면을 나타낸다.

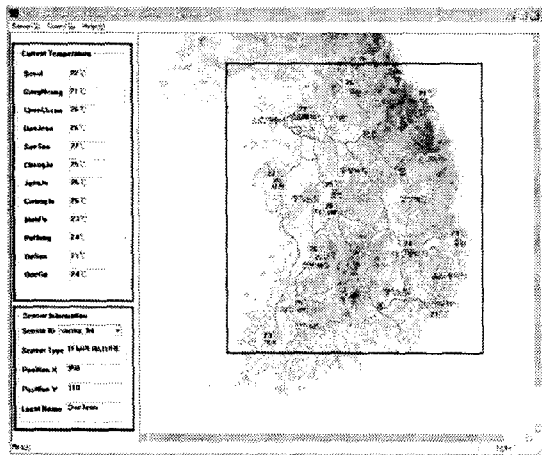


그림 5. 센서 데이터 모니터링 화면

5. 결론

이 논문에서는 신재생에너지 자원의 시공간적 특징을 기존의 GIS 기술에 반영하는 것은 한계가 있음을 지적하고, 신재생에너지 자원 관리 시스템을 효율적이고 체계적으로 구축하는데 유용하게 활용될 수 있는 데이터베이스 기술로써 시공간 데이터베이스 기술과 센서 네트워크 기술에 대해 전반적으로 소개하고, 이러한 데이터베이스 기술이 신재생에너지 자원 관리를 위한 적용 기술로써 응용될 수 있음을 제시하였다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 지원과 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C02)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김광득, 정재혁, 윤창열, 신재생에너지에 대한 GIS기반의 정보화전략계획 수립 및 통합관리 시스템 개발, 한국태양에너지학회논문집, 26권 2호, 2006.06.
2. J.F.Allen, Maintaining Knowledge about temporal intervals, Communication of the ACM, Vol. 26, Nov. 1983.
3. 김동호, 류근호, 관계형 시공간 데이터베이스 질의언어와 연산, 한국정보처리학회 논문지, 제5권 제10호, 1998.10
4. A. Guttman, R-trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching, ACM SIGMOD, pp.47-57, 1984.
5. 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소, 시공간 트랜잭션 처리기 제작에 관한 최종보고서, 한국에너지기술연구원, 2003.01.
6. 채동현 외, 센서 네트워크의 개요 및 기술동향, 한국정보과학회, 제22권, 2004.
7. 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소, 신재생에너지 자원 관리를 위한 에너지원 스트림 정보 관리 시스템에 관한 최종보고서, 한국에너지기술연구원, 2006.11.