

웹 기반 실시간 시공간 대체에너지 관리기

김원태*, 안윤애**, 오인배***, 김광득****, 류근호*

*충북대학교 데이터베이스 연구실, **청주과학대학 컴퓨터과학과

주성대학 인터넷 가상현실학과, *한국에너지기술연구원

e-mail:{wtkim, khryu}@dblab.chungbuk.ac.kr

Web Based Real-time Data Manager for Spatiotemporal Renewable Energy

Won Tae Kim*, Yoon Ae Ahn**, In Bae Oh***,

Kwang Deuk Kim****, Keun Ho Ryu*

*Database Laboratory, Chungbuk National University

요약

현대의 산업화가 급격히 발전되면서 유한한 에너지에 대한 고갈 및 환경 문제가 더욱 심각해지고 있다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위한 하나의 방법으로서 대체에너지 관리 및 서비스의 필요성이 크게 요구되고 있다. 이 논문은 국내 지역에서 측정된 대체에너지 데이터에 대한 실시간 시공간 대체에너지 관리기를 설계한다. 시공간 대체에너지 관리기는 시공간 질의 처리기, 실시간 데이터 처리기, 공간 객체 관리기, 웹 GIS 서버로 구성된다. 또한 주기적으로 측정되는 대체에너지 관련 데이터를 실시간으로 처리하여 시공간 데이터베이스를 구축하고, 웹에서 다양한 형태로 정보를 제공하는 기능을 포함한다. 시공간 질의 처리기에서 실행된 결과를 텍스트 형태로만 제시하지 않고, 그래프, 등고선, 지도 정보 등과 같은 다양한 시각화를 통한 검색 서비스를 제공한다.

1. 서론

세계적으로 급격한 에너지 수요의 증가로 인해 향후 에너지 관리 문제에 많은 어려움을 겪고 있다.

국외에서는 수십 년간 측정된 대체에너지원 정보를 데이터베이스화하고 있다. 현재 국내에서도 기상청, 수자원공사 등에서 기상 정보 및 수력 관련 정보들에 대해 연도 및 지역별로 분류된 검색 자료를 제공하고 있다[5]. 이와 관련하여 에너지기술연구원에서는 국내에서 수십 년간 측정된 대체에너지원 정보를 데이터베이스화하고 있다. 그런데 대체에너지원 데이터는 시간에 따라 그 측정값이 항상 변경되고 있으며, 이것은 다양한 공간적인 주변 환경 요소와 밀접한 관련이 있다[1,6,7]. 이와 같은 특징을 고려해볼 때 대체에너지원 정보는 시공간 데이터(spatiotemporal data)로 분류할 수 있으며[4,8], 대체에너지 데이터의 방대한 이력 정보를 효율적으로 관리하기 위해서는 시공간 데이터베이스의 구축이 절실히 필요하다.

따라서, 이 논문에서는 대체에너지원 시공간 데이터베이스를 구축하기 위한 선행 연구로서, 국내 20개 도시에서 측정된 대체에너지원 데이터를 관리하-

기 위한 웹 기반 시공간 대체에너지 관리기(Web Based Real-time Data Manager for Spatiotemporal Renewable Energy)를 구축한다. 시공간 대체에너지 관리기는 실시간으로 대체에너지 데이터를 처리하여 시공간 데이터베이스에 저장하고, 시공간 질의 처리를 통해 저장된 대체에너지 데이터를 사용자가 웹에서 쉽게 테이블, 그래프, 등고선, 지도 서비스 등을 검색할 수 있도록 한다.

2. 관련 연구

국외에서 개발된 연구 중 캐나다와 미국에서 개발된 사례를 살펴본다. 첫째, 캐나다의 RETScreen International은 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)에서 개발된 재생에너지 분석 소프트웨어이며, 세계적으로 여러 가지 유형의 재생에너지 기술(RETs)을 위한 에너지 생산 및 온실 효과를 발생시키는 가스 방출을 감소시킬 수 있는 표준화되고 완전한 재생에너지 분석 프로그램이다[3]. 둘째, 미국의 FSEC(Florida Solar Energy Center)의 EDBMS는 플로리다의 태양 에너지 연구센터로서 기상 자료의 연구 활동을 위한 기상 자료를 수집하고 있으며, 수집된 자료는 자동으로 처리되어 EDBMS에 저장되고, 웹에서 일반 사용

* 이 연구는 한국과학재단 지정 청주대 RRC(정보통신 연구센터)의 지원으로 수행되었음.

자가 누구나 사용할 수 있도록 하고 있다. EDBMS는 자동으로 에너지 데이터를 관리하고 그 품질을 보장하는 시스템이다. 현재 웹 서비스를 통해 EDBMS에 저장된 데이터의 검색 및 보고서의 확인이 가능하다[2].

3. 대체에너지 데이터의 시공간 모델

3.1 이력 릴레이션

시공간 데이터베이스는 관계형 모델을 기반으로 하며[9], 공간 이력 릴레이션과 속성 이력 릴레이션으로 구성된다.

공간 이력 릴레이션 *SHR*(spatial history relation)에는 시간의 변화에 따라 변경된 각 지역의 공간 정보가 저장된다. 공간 이력 릴레이션은 다음과 같이 구성된다.

$$SHR = \{ \langle ts_i, te_i, sa_i \rangle \}_{i=0}^n$$

$$sa_i = \{ \langle s_j \rangle \}_{j=1}^k$$

공간 이력 릴레이션 *SHR*은 시간 속성(temporal attribute)과 공간 속성(spatial attribute)의 집합으로 구성된다. 시간 속성은 *ts*, *te*의 두 값을 가진다. *ts*는 유효 시간의 시작 시점, *te*는 유효 시간의 종료 시점을 나타내며 하나의 이력 튜플의 시간 속성은 $[ts, te]$ 로 표현한다. 따라서 $[ts_i, te_i]$ 는 *SHR*에 저장된 *i*번째 이력 튜플이 가지는 유효 시간의 간격을 나타낸다. *SHR*의 공간 속성은 *sa*로 표기하고, *sa_i*는 *i*번째 이력 튜플의 공간 속성 정보를 의미하며, $i=\{1, 2, 3, \dots, n\}$ 이 된다. 하나의 공간 속성 *sa_i*는 다시 여러 개의 공간 속성들로 이루어진다. 공간 속성 *sa_i*는 *s_j*의 집합으로 구성되며, $j=\{1, 2, 3, \dots, k\}$ 가 된다.

속성 이력 릴레이션 *AHR*(attribute history relation)은 시간의 변화에 따라 변경된 각 지역의 대체에너지 관련 정보가 저장된다. 속성 이력 릴레이션은 다음과 같이 구성된다.

$$AHR = \{ \langle ts_i, te_i, ga_i \rangle \}_{i=0}^n,$$

$$ga_i = \{ \langle g_j \rangle \}_{j=1}^k$$

속성 이력 릴레이션 *AHR*은 시간 속성과 일반 속성(general attribute)의 집합으로 구성된다. 시간 속성은 공간 이력 릴레이션과 마찬가지로 유효 시간의 간격을 나타내는 $[ts_i, te_i]$ 로 구성된다. *AHR*의 일반 속성은 *ga*로 표기하고, *ga_i*는 *i*번째 이력 튜플의 대체에너지 관련 일반 속성 정보를 의미하며, $i=\{1, 2, 3, \dots, n\}$ 이 된다. 하나의 일반 속성 *ga_i*는 다시 여러 개의 속성들로 이루어진다. 일반 속성 *ga_i*는 *g_j*의 집합으로 구성되며, $j=\{1, 2, 3, \dots, k\}$ 가 된다.

관계형 데이터베이스를 이용한 공간 이력 릴레이션은 다음 표 1과 같은 구조로 저장된다.

표 1. 공간 이력 릴레이션 구조

sid	ts	te	s_1	...	s_n
공간 객체 식별자	유효 시간 시작 시점	유효 시간 종료 시점	공간 정보-1	...	공간 정보-n
string	date	date	float	...	float

표 1의 공간 이력 릴레이션 구조에서 *sid*는 공간 객체를 구분하는 공간 객체 식별자(spatial object identifier)이다. 공간 이력 릴레이션에는 각각의 공간 객체에 대해 유효 시간 간격별로 변화된 공간 정보가 저장된다. 유효 시간의 간격 $[ts, te]$ 동안의 공간 속성 정보는 $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 으로 구성된다. *s_1*은 공간 속성 집합 중 첫 번째 공간 정보를 의미하고, *s_n*은 *n*번째의 공간 정보를 나타낸다. 속성 이력 릴레이션은 표 2와 같은 구조로 저장된다.

표 2. 속성 이력 릴레이션 구조

rid	ts	te	g_1	...	g_n
지역 식별자	유효 시간 시작 시점	유효 시간 종료 시점	속성 정보-1	...	속성 정보-n
string	date	date	float	...	float

표 2의 속성 이력 릴레이션 구조에서 *rid*는 대체 에너지 데이터가 측정된 국내의 각 지역을 구분하는 지역 식별자(region identifier)이다. 속성 이력 릴레이션에는 각 지역의 유효 시간 간격별로 변화된 속성 정보가 저장된다. 유효 시간의 간격 $[ts, te]$ 동안의 일반 속성 정보는 $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ 으로 구성된다. *g_1*은 일반 속성 집합 중 첫 번째 속성 정보를 의미하고, *g_n*은 *n*번째의 속성 정보를 나타낸다.

3.2 시공간 대체에너지 데이터베이스

3.2.1 지역 정보 및 공간 이력 릴레이션

시공간 데이터베이스에 지역 정보 릴레이션은 하나만 존재한다. 지역 정보 릴레이션에는 대체에너지 데이터가 관측된 각 지역의 지명 및 식별자에 관한 정보가 저장되며, 표 3과 같은 형태로 생성된다.

표 3. 지역 정보 릴레이션의 예

seq_no	city_name	sid	rid
1	춘천	s1	r1
2	강릉	s2	r2
...
20	영주	s20	r20

공간 이력 릴레이션(spatial history relation)에는 지역 정보 릴레이션에 저장된 각각의 지역에 관한 공간 정보의 이력을 관리하며 표 4와 같은 구조를 가진다.

표 4. 공간 이력 릴레이션의 예

sid	ts	te	sa
s1	1982-01-01	1990-12-31	m11
s1	1992-01-01	1998-12-31	m12
s2	1982-01-01	1990-12-31	m21
s2	1992-01-01	1998-12-31	m22

3.2.2 속성 이력 릴레이션

속성 이력 릴레이션은 대체에너지 데이터 유형 중 일사량에 관련된 12가지의 동일한 스키마 구조가 관리되며, 유형에 따라 4가지 릴레이션으로 구분된다. 그 중 하나의 릴레이션에 대한 예는 표5와 같은 구조를 가진다.

표 5. 속성 이력 릴레이션

rid	ts	te	수평면 전일사 량	일조 율	운령	일시 율	청명 일수	기온	상대 습도	바람
r1	1996-01-01	1996-01-31	1978	612	36	65	14	-47	69	13
r1	1996-12-01	1996-12-31	1586	541	38	57	12	-18	78	9
r2	1997-01-01	1997-01-31	1851	495	38	63	14	-58	75	13
r2	1997-12-01	1997-12-31	1414	490	42	61	10	-9	79	12

4. 웹기반 실시간 시공간 대체에너지 관리기 설계
시공간 데이터베이스를 이용하여 웹에서 다양한 형태로 정보를 제공하기 위한 실시간 시공간 대체에너지 관리기를 설계한다. 시공간 대체에너지 관리기는 다음 그림 1의 6가지 구조를 가진다.

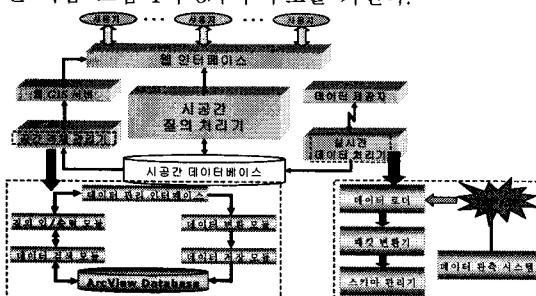


그림 1. 웹기반 시공간 대체에너지 관리기

첫째, 시공간 질의 처리기는 시공간 데이터베이스에 저장된 이력 데이터를 검색하기 위한 시공간 연산을 처리한다.

둘째, 시공간 데이터베이스는 대체에너지 데이터의 시공간 특성을 고려한 이력 정보들이 저장되며, 실시간으로 데이터를 제공받아 정보를 축적한다.

셋째, 공간 객체 관리기(Spatial object manager)는 시공간 데이터베이스에 저장된 데이터를 공간 객체 관리 시스템을 활용하여 저장 및 관리하며 상용 개발 툴인 ArcView를 이용하여 공간 객체 관리를 구축하였다.

넷째, 웹 GIS 서버(Web GIS server)는 공간 객체 관리기에 구축된 시공간 데이터를 웹에서 GIS 형태로 확인할 수 있도록 한다. 사용된 웹 GIS 서버는 ArcIMS를 사용한다.

다섯째, 실시간 데이터 처리기는 관측 시스템으로부터 일정한 시간의 주기마다 수신받은 측정 데이터를 패킷으로 변환하여 시공간 데이터베이스에 주기적으로 삽입한다.

여섯째, 웹 인터페이스는 시공간 데이터베이스에 저장된 정보를 웹에서 사용자가 직접 검색할 수 있도록 웹 사용자 인터페이스를 제공한다.

4.1 실시간 데이터 처리기 알고리즘

실시간 데이터 처리기는 데이터 수신을 위해 Java의 네트워크 프로그래밍 중 연결 지향적인 TCP/IP 프로토콜을 이용하는 방식을 사용하며, 소켓을 이용하여 서버/클라이언트 형태로 이루어진다. 클라이언트 소켓을 이용한 데이터 로더의 패킷 수신 과정, 패킷 변환 과정, 스키마 관리기의 데이터 변환 과정에 대한 내용은 알고리즘 1과 같다.

알고리즘 1. 실시간 데이터 처리기 알고리즘

■ Algorithm DataLoader(ServerIp)

Input : ServerIp(시공간 일사량 데이터 제공 서버)

Output : LoadPacket(수신된 데이터 패킷 배열)

Begin

```
socket ← new Socket(ServerIp, 포트번호);
```

```
byte[] LoadPacket ← new byte[32];
```

```
in ← new BufferedInputStream(socket.getInputStream());
```

```
For i = 0, 31
```

```
ReadOneByte = (byte) in.read();
```

```
LoadPacket[i] = ReadOneByte;
```

```
End For
```

```
Return LoadPacket;
```

End

■ Algorithm PacketTranslator(LoadPacket)

Input : LoadPacket(바이트 형태로 구성된 패킷 데이터 배열)

Output : ParsedPacket(DB에 저장 가능한 형태로 변환된 패킷 정보)

Begin

```
sid ←
```

```
((LoadPacket[4]*255+LoadPacket[5])*255+LoadPacket[6])*255+LoadPacket[7]; //공간 객체 식별자 추출 및 변환
```

```
rid ←
```

```
((LoadPacket[8]*255+LoadPacket[9])*255+LoadPacket[10])*255+LoadPacket[11]; //지역 식별자 추출 및 변환
```

```
ts ←
```

```
" "+LoadPacket[16]+"-"+LoadPacket[17]+"-"+LoadPacket[18]; //유효 시간의 시작 시점(년-월-일) 추출 및 변환
```

```
te ←
```

```
" "+LoadPacket[19]+"-"+LoadPacket[20]+"-"+LoadPacket[21]; //유효시간의 종료시점(년-월-일) 추출 및 변환
```

```
ParsedPacket[0] ← sid; //공간 객체 식별자
```

```
ParsedPacket[1] ← rid; //지역 식별자
```

```
ParsedPacket[2] ← ts; //유효 시간의 시작 시점
```

```
ParsedPacket[3] ← te; //유효 시간의 종료 시점
```

```
ParsedPacket 배열 ← 임시 변수에 저장된 나머지 정보들;
```

```
Return ParsedPacket; //DB저장형태로 변환된 위치정보 반환
```

End

■ Algorithm SchemaManager(InputData)

Input : InputData

Begin

```
sid ← InputData[0]; //InputData로부터 sid를 추출;
```

```
rid ← InputData[1]; //InputData로부터 rid를 추출;
```

```
ts ← InputData[2]; //InputData로부터 ts를 추출;
```

```
te ← InputData[3]; //InputData로부터 te를 추출;
```

```
relation ← 데이터가 저장될 이력 릴레이션 정보 추출
```

```
target ← 데이터가 저장될 이력 릴레이션의 최종 이름 생성
```

End

4.2 시공간 검색 알고리즘

대체에너지 데이터의 년/월/기간별 시간, 공간, 시공간 자료를 검색하는 단순 알고리즘으로 저장된 각각의 대체에너지 데이터에 대해 지역별, 년별, 월별

검색 등 시간과 공간에 대한 검색을 한다. 검색 결과로는 해당하는 레코드를 반환하며, 이 레코드를 활용하여 등고선도, 차트, 월별, 년별 평균 등으로 사용자에게 제공한다. 다음의 알고리즘 2는 대체에너지 데이터에 대한 검색 알고리즘을 나타낸다.

알고리즘 2. 대체에너지 데이터 검색 알고리즘

■ Algorithm

```

YMintervalSearch(fYear, tYear, fMonth, tMonth, sCity, sClass)
fYear : start year value selected by user
tYear : end year value selected by user
fMonth : start month value selected by user
tMonth : end month value selected by user
sCity : city name selected by user
sClass : class name selected by user
Begin
    transform sClass into suitable data class for query processing
    transform fYear, tYear, fMonth, tMonth into year, month,
    interval for query processing
    transform sCity into suitable city class for query processing
        Search tuple which have transformed value
    return result value
End

```

5. 구현

웹 기반 대체에너지 관리기는 클라이언트/서버 구조로 구현되었다. 서버는 Windows 2000 Server, GIS 도구로 ArcIMS 3(GIS Web Server)를 이용하였으며, 프로그래밍 언어는 ASP를 사용하였다. 데이터베이스는 MS-SQL Server 2000을 사용하였다.

5.1 대체에너지 데이터의 테이블, 등고선, 차트 검색

사용자가 웹에서 원하는 지역의 대체에너지를 테이블, 차트, 등고선등의 결과를 검색할 수 있다. 다음 그림 2는 국내 지역의 대체에너지에 대한 결과를 각 테이블, 등고선, 차트의 결과 화면을 나타낸 것이다.

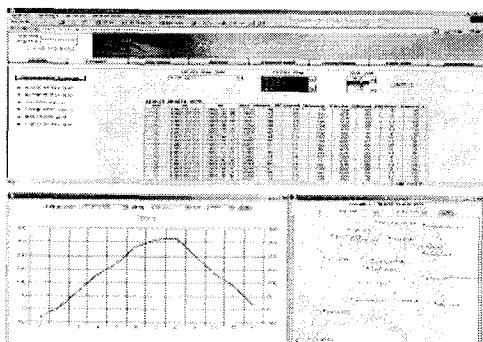


그림 2. 대체에너지 데이터 유형별 검색 결과

5.2 ArcIMS를 통한 맵과 지도 서비스

ArcIMS를 이용하여 테이블 관련 검색 질의를 Query Builder라는 도구를 통해 웹으로 서비스한다. 또한 사용자가 지도에서 원하는 지역을 선택하여 검색할 수 있다. 그림 3은 ArcIMS를 실행시킨

후 Query Builder를 실행시킨 결과이다.

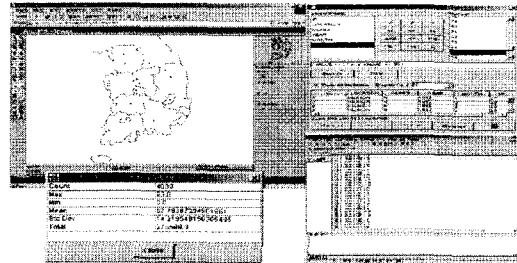


그림 3. ArcIMS 초기화면과 Query Builder 실행

6. 결론

대체에너지원 데이터는 시간에 따라 그 측정값이 항상 변경되며, 다양한 공간적인 주변 환경 요소와 밀접한 관련이 있다. 이 논문에서는 대체에너지 데이터의 시공간 데이터베이스에 대한 공간 및 속성 성능 및 관리 기법을 살펴보았다. 또한 웹 기반 대체에너지 관리기에서 이력 데이터베이스를 보존하고, 저장된 대체에너지 데이터의 검색 및 질의 결과를 테이블, 그래프, 등고선도, ArcIMS 서비스, 지역별 맵 서비스 등의 다양한 형태 및 시공간 질의 검색에 대해 구현하였다. 이와 같은 서비스에 의해 사용자는 대체에너지의 과거 데이터를 다양한 시각으로 볼 수 있으며, 향후 에너지 조사 및 관리에 유용하게 사용할 수 있다. 아울러, 기상정보, 해양정보, 산림정보 등과 같이 다양한 분야의 응용 시스템 개발의 적용 및 이와 관련된 응용 시스템 개발의 파급 효과를 가져올 수 있다.

현재 구현된 웹 기반 대체에너지 관리기는 아직 향후 대체 에너지의 변화 추이에 관해 예측할 수 있는 기능을 갖지 못하고 있다. 앞으로는 실시간 데이터 처리 및 데이터 마이닝 기법을 적용하여 저장된 데이터를 이용한 시뮬레이션 및 평가에 대한 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

- [1] M. Erwig, R. H. Guting, M. Schneider and M. Vazirgiannis, "Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases", Chorochronos Technical Report CH-97-8, 1997.
- [2] Fsec, <http://logger.fsec.ucf.edu/met/>, 2001.
- [3] Retscreen, <http://retscren.gc.ca/ang/menu.htm>, 2001.
- [4] K. H. Ryu, "A temporal database management main memory prototype", TempIS TR-26, CSD, The University of Arizona, 1991.
- [5] 기상연구소, "GMS 자료를 이용한 지면도달 일사량 산출 연구", 기상연구소, 1998.
- [6] 양윤섭 외 8명, "국내 일사량 분석·평가 및 데이터 표준화 연구", 한국에너지기술연구원, 1998.
- [7] 이태규 외 6명, "국내 일사량 분석·평가 및 데이터 표준화 연구", 산업자원부, 1999.
- [8] 류근호, 김동호, 남광우, 신예호, 신정훈, "시공간 데이터베이스 시스템 연구", 연구개발결과보고서, 정보통신부, 1998년 7월.
- [9] 김동호, 류근호, "관계형 시공간 데이터베이스 질의언어와 연산", 한국정보처리학회 논문지, 제10권 제1호, 1998년 10월.