

일사량 에너지 관리를 위한 시공간 DB 구축

김광득, 안상규, 고영훈, 김순환, 안윤혜*
한국에너지기술연구원
충북대학교 데이터베이스 연구실*

The Development of spatiotemporal database for solar radiation data Management

Kwang Deuk Kim, Sang Gyu Ahn, Young Hoon Ko, Soon Hwan Kim
Yun Ae Ahn*
Korea Institute of Energy Research
Database Laboratory, Chungbuk National University*

1. 서론

세계적으로 환경 및 에너지 문제 해결을 위한 대응방안으로 다양한 대체에너지원에 대한 연구와 관련 기술을 중점적으로 개발하고 있다. 또한, 인터넷의 보급으로 인해 그동안 축적된 정보들을 다양한 형태의 지식으로 웹에 서비스하고 있다. 그러나, 현재 국내에서는 기상 정보나 교통 정보와 관련된 단순 정보만을 제공하고 있는 수준이며, 대체에너지원에 대한 정보를 데이터베이스화하여 서비스 제공을 하지 못하는 실정이다.

따라서, 이 논문에서는 현재까지 국내 20개 도시에서 측정된 일사량 에너지 데이터를 체계적으로 저장 및 관리하고, 웹 GIS를 이용하여 인터넷에 서비스할 수 있는 데이터 관리 시스템을 설계 및 구현한다. 이를 위해 시간 데이터베이스 개념을 적용한 일사량 에너지 이력 데이터베이스를 구축하고, 저장된 데이터의 검색 및 질의 결과를 그래프, 차트, 테이블, 등고선도 등의 다양한 형태로 제공하는 시스템을 구현하였다. 아울러 시공간 질의를 통한 데이터 검색이 가능하며, ArcIMS 3를 이용한 웹 서비스가 가능하며 3차원 시각화 기능을 제공한다.

2. 관련연구

현재까지 미국, 유럽 등에서 개발 및 보급된 대체에너지원 정보 관리 시스템의 연구 동향을 검토한다. 대표적인 연구개발 사례로 스위스, 미국, 캐나다의 대체에너지 정보 제공 시스템 및 웹 서비스[Bsrn01,Cres01,Fsce01,Noaa01,Nrel01, Rets01,Rred01]에 대해 간략히 서술한다.

먼저, 미국의 국립 재생 에너지 연구소인 NREL(National Renewable Energy Laboratory)에서는 재생 에너지와 에너지 효율을 높이는 기술을 개발하고 있으며, 국가의 에너지와 환경을 위한 관련 과학 및 공학을 연구하고 있다. NREL의 연구개발 분야는 약 8개 정도로 생물연료 연구, 바이오매스 동력 연구, 건물 연구, 건물 연구-트롬브 벽, 태양력 연구, 하이브리드 전기 자동차 연구, 수소 연구, 광전지 연구 등과 같은 연구를 수행 중이다[Nrel01]. RReDC(Renewable Resource Data Center)는 NREL의 각종 출판물과 에너지원 데이터를 지도 형태로 제공하고 있다. 특히, 미국 내의 여러 가지 재생에너지원에 관한 정보를 체계적으로 제공하고 있으며, 재생에너지 관련 용어사전도 웹으로 제공하고 있다. 일반 사용자는 특정 데이터에 대한 텍스트 정보를 조회하고 이를 파일로 저장할 수도 있다[Rred01].

스위스에서 시작된 BSRN(Baseline Surface Radiation Network)은 WCRP(World Climate Research Program) 및 다른 과학 프로그램의 연구 프로젝트를 지원하기 위한 새로운 복사계 네트워크이다. 현재 18개의 관측소를 통해 측정된 자료들은 BSRN 데이터베이스에 저장된다. 이미 약

70년 이상의 데이터 파일이 BSRN 데이터베이스에 저장되어 이용되고 있다. 특히, 웹 인터페이스를 통한 BSRN 자료 검색 소프트웨어는 복사열 자료에 대한 완전한 검색 및 인터넷을 통한 일반 사용이 가능하다[Bsrn01].

캐나다의 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)에서는 재생에너지 분석 소프트웨어인 RETScreen을 개발하였다. 이 소프트웨어는 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[Rets01]. 이 소프트웨어를 이용한 에너지 정보는 인터넷을 통해 일반 사용자에게 제공되고 있다. 검색 결과는 엑셀 형태로 제공되지만, 실제 사용자가 원하는 형태로 데이터가 분석되거나 재계산되는 기능은 아직 제공하지 않고 있다.

3. 일사량 에너지 관리시스템의 설계

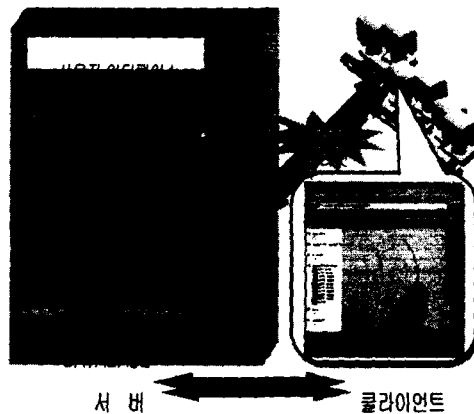
3.1 시스템 구조

GIS를 이용한 일사량 에너지 관리시스템은 클라이언트/서버 환경으로 구성된다. 서버는 GIS 데이터베이스, 공간 객체 관리기, 데이터 변환기, 질의 실행 모듈, 그리고 GIS 웹 서버로 구성된다. 클라이언트는 웹 브라우저를 이용하여 GIS 웹 서버로부터 대체에너지원 데이터를 검색 및 질의할 수 있다.

일사량 에너지원 관리를 위한 전체 시스템 구조는 그림 1과 같으며 구성요소별 기능은 다음과 같다.

사용자 인터페이스는 클라이언트 또는 서버로부터 새로운 데이터를 입력받거나 저장된 데이터에 대한 검색 및 질의를 받는다.

데이터 변환기는 클라이언트 또는 서버로부터 입력된 일사량 에너지 데이터를 넘겨받아 공간 객체 관리기에 데이터를 전달한다. 공간 객체 관리기는 데이터 변환기를 통해 들어온 일사량 에너지 정보를 GIS 데이터베이스에 저장 및 수정하고, GIS 데이터베이스를 검색하여 사용자 질의에 응답한다.



(그림 1) GIS기반 일사량 에너지 관리시스템

질의 실행 모듈은 사용자의 검색 및 시공간 질의를 처리하기 위한 연산을 수행한다. 그리고, 검색된 데이터를 이용하여 사용자에게 테이블 형태의 수치정보는 물론 차트, 그래프, 등고선 등의 형태로 결과를 제공한다.

GIS Web Server는 일사량 에너지 관리 시스템을 인터넷을 통해 클라이언트에게 연결해 주는 미들웨어 역할을 한다. 데이터베이스는 일사량, 청명 일사량, 일조량, 상대습도 등의 일사량 에너지 데이터를 4개의 테이블 구조로 저장한다.

3.2 사용자 질의 유형

일사량 에너지 관리를 위한 사용자 메뉴는 표 1과 같이 각 주제도에 관한 뷰 질의와 차트, 통계와 같이 테이블에 저장된 속성을 활용하는 테이블 질의로 구분된다. 표 1에서 뷰 질의 유형에는 세 가지가 있다. 첫째, 12가지 종류의 일사량 에너지 데이터[이태규99]의 지역별 검색 및 검색 결과에 대한 합계, 평균, 최대/최소값, 레코드 수와 같은 통계자료의 출력이 가능한 일사량 데이터 통계 자료의 검색 질의가 있다. 둘째, 저장된 일사량 에너지 데이터에 대해 지역/년/월별 검색이 가능한 시공간 검색기능을 가진다. 셋째, 검색된 데이터에 대한 등고선도 및 레이아웃에 대한 뷰를 제공한다. 테이블 질의는 검색된 데이터를 테이블로 보여 주고 이를 차트나 요약, 또는 통계값으로 보여준다.

(표 1) 사용자 질의 유형

구분	종류	기능
뷰 질의	일사량 데이터 통계자료	일사량 에너지 데이터의 통계자료 검색
	시공간 검색	시간 및 공간에 대한 검색
	데이터 뷰	레이아웃과 등고선도 출력
테이블 질의	차트	차트 형태의 출력
	요약	년/월별 평균값 요약
	통계	검색 결과의 통계값 계산
	오염차순 정렬	검색 결과의 오염차순 정렬
	내림차순 정렬	검색 결과의 내림차순 정렬

3.3 시공간 데이터베이스 스키마

일사량 에너지 데이터에는 수평면 전일사량, 일조율, 운량, 일사율, 청명 일수, 기온, 상대습도, 바람, 대기권 밖 일사량, 청명 일사량, 전 일사량 성분, 방위별 경사면 일사량 등 모두 12가지의 유형이 존재한다[기상연99, 양윤섭98]. 이를 데이터베이스에 저장하기 위해 동일한 속성들로 구성되는 데이터들은 공통된 테이블 스키마를 갖도록 설계하였다. 데이터 속성의 분류 결과 서로 다른 네 개의 테이블 스키마 즉, sun, out_space, clean_ilsa, slope의 이름을 가지는 테이블을 설계하였으며, 그 예로서 sun 테이블은 그림 2와 같은 구조를 가지며 수평면 전 일사량, 일조율, 운량, 일사율, 청명 일수, 기온, 상대 습도, 바람에 대한 데이터를 저장한다.

	Y	M	L	IL	IC	C	IR	CL	T	H	W
추정	년	월	지역	수평 전일 사량	일조 율	온 도	일사 율	청명 일수	기온	상대 습도	바람
단위	년	월	지역 명	kcal / m ²	0.1 %	1/10	%	day	0.1 °C	1%	0.1m /s
타입	int	int	varchar (20)	int	int	int	int	int	float	int	int
비고	not null	not null	not null								

(그림 2) sun 테이블 스키마

4. 구현 및 질의 수행

4.1 구현 환경 및 적용 데이터

3장에서 설계한 일사량 에너지 관리시스템은 클라이언트/서버 구조로 구현되었다. 서버는 Windows 2000 Server에서 GIS 도구로 Arcview 3.2[ArcV01]와 ArcIMS 3(GIS Web Server)[ArcI01]를 이용하였으며, 프로그래밍 언어는 Arcview의 스크립트 언어인 Avenue를 사용하였다. 데이터베이스는 Arcview의 데이터베이스를 활용하였다. 시스템의 처리 데이터는 국내 20개 지역의 12가지 종류의 일사량 에너지 관련 데이터이며, 저장된 데이터의 전체 크기는 1982년부터 1998년까지의 추정 데이터로 약 33644개의 레코드로 구성된다.

4.2 질의 실행 모듈

질의 실행 모듈은 저장된 일사량 데이터의 시간 및 공간 속성을 이용한 시공간 검색 연산을 수행한다. 시공간 검색 연산에는 12가지의 종류가 있지만, 경우에 따라서는 더 많은 종류의 연산들이 설계 및 구현될 수 있다. 일사량 에너지 관리 시스템에서 사용되는 시공간 검색 연산의 메소드 이름과 파라미터 그리고, 각 연산의 기능은 다음의 표 2와 같다.

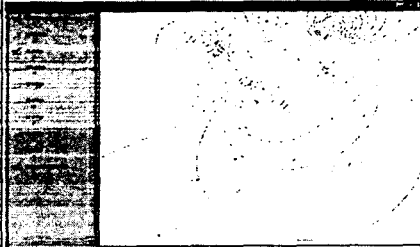
(표 2) 시공간 연산 종류 및 기능

메소드명(파라미터)	연산 기능
GetWeatherAtTime(time, weather)	입력받은 일사량 데이터의 종류와 시간에 따른 데이터 값을 구한다.
GetWeatherAtTimeInterval(starttime, endtime, weather)	입력받은 일사량 데이터의 종류와 시간 간격에 따른 데이터 값을 구한다.
GetMaxValue(weather[])	입력받은 일사량 데이터 중 최대값을 구한다.
GetMinValue(weather[])	입력받은 일사량 데이터 중 최소값을 구한다.
GetMaxTime(weather[])	일사량 데이터 중 최대값을 갖는 시간을 구한다.
GetMinTime(weather[])	일사량 데이터 중 최소값을 갖는 시간을 구한다.
GetMaxLocation(weather[])	일사량 데이터 중 최대값을 갖는 지역을 구한다.
GetMinLocation(weather[])	일사량 데이터 중 최소값을 갖는 지역을 구한다.
GetWhetherInLocation(weather, location)	일사량 데이터 중 특정 지역의 값을 구한다.
GetWhetherInLocationAtTime(weather, location, time)	일사량 데이터의 종류, 시 점, 그리고 지역에 따른 데이터의 값을 구한다.
GetWhetherInLocationAtTimeInterval(weather, location, starttime, endtime)	일사량 데이터의 종류, 시간의 간격, 그리고 지역에 따른 데이터 값을 구한다.
GetChart(weather[], location)	지역별 일사량 데이터를 차트로 나타낸다.

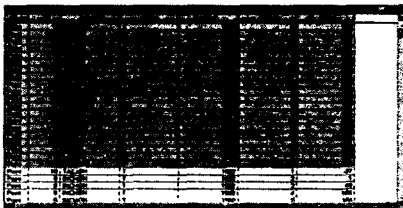
전체 실행 가능한 질의 유형에는 표 3과 같이 일사량 관련 데이터 통계 자료 검색, 시공간 검색, 뷰 검색, 테이블 검색 질의가 있다. 그림 3은 뷰 검색의 예이고, 그림 4, 5는 테이블 질의중 차트 질의 및 결과를 보여준다.

표 3. 질의 메뉴

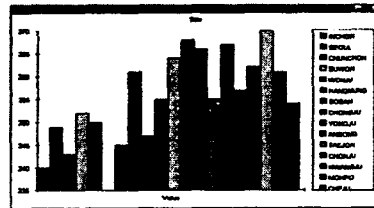
질문의 종류	메뉴	설명
View	일사량 및 관련 기상데이터 통계자료	각 대체 에너지 데이터의 통계자료를 보여준다
	시공간 검색	시간과 공간(각 도시)에 대한 검색을 한다.
	레이아웃	검색된 데이터 뷰를 레이아웃으로 보여준다.
Table	등고선도	검색된 데이터 뷰를 등고선도로 보여준다.
	차트	검색된 데이터를 차트로 보여준다.
	요약	검색된 데이터를 년별, 월별 평균값으로 요약한다.
	통계	검색된 데이터의 통계값을 구한다.



(그림 3) 등고선도 검색 화면



(그림 4) 차트 질의 대상 데이터 선택

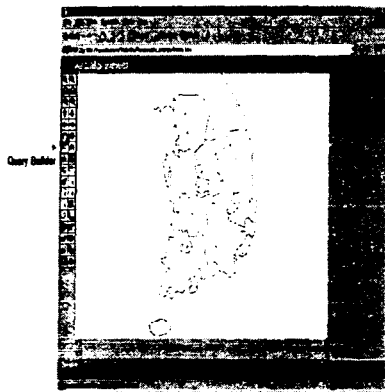


(그림 5) 차트 결과 예

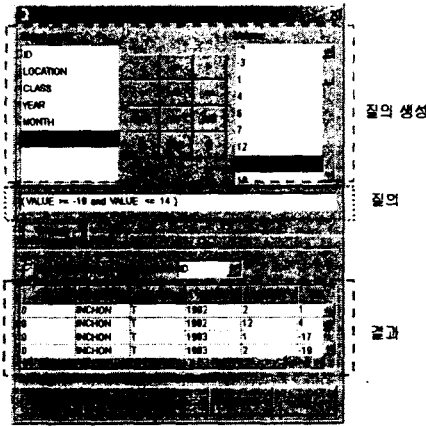
4.3 웹서비스 및 3차원 시각화

일사량 에너지 관리시스템의 웹 서비스를 위해 ArcIMS를 이용하여, ArcView에서 다른 질의 메뉴들 중에서 테이블 관련 검색 질의를 Query Builder라는 도구를 통해 웹으로 서비스하도록 하였으며, 그림 6과 같은 초기 화면을 볼 수 있다. 사용자 질의는 Query Builder 도구를 통해서 제공되며, Query Builder는 데이터에 대한 질의문을 작성해 준다.

그림 7에서 대화 상자 상단부에서 온도값을 이용하여 질의를 생성하게 되고 생성된 질의를 실행시키면 하단부와 같은 결과 레코드들이 나타나게 된다. 검색된 질의 결과는 사용자가 원하는 경우 클라이언트 측의 PC에 텍스트 형태의 파일로 저장이 가능하다.

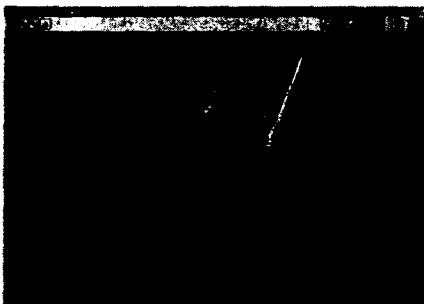


(그림 6) ArcIMS를 이용한 웹 서비스



(그림 7) Query Builder 실행 화면

또한, 평균 강우량, 화학물 농도와 같은 각종 과학적 데이터 및 인구밀도와 같은 사회적 인자 등의 많은 현상들은 Surface를 구성하고 있으므로 이를 분석하는 것은 그 현상들을 이해하는데 효율적인 방법을 제공한다[김채승01]. 이 논문에서 구현한 일사량 데이터 관리시스템에서는 기온 맵 데이터를 이용하여 Surface 모델과 TIN 모델의 두 가지 3차원 시각화를 제공한다.



(그림 8) 기온 맵의 Surface 모델



(그림 9) 기온 맵의 TIN 모델

그림 8은 기온 맵에서 추출한 Surface 모델을 시각화한 화면이며, 그림 9은 기온 맵에서 추출한 TIN 모델을 시각화한 화면이다. TIN(Triangular Irregular Network)모델은 등고와 같은 1차원 값을 이용하여 불규칙 삼각형으로 배열한 후, 연속적인 면을 생성함으로써 각종 주제에 따른 데이터를 효과적으로 표현할 수 있는 데이터 구조이다.

5. 결론

이 논문에서는 국내 20개 도시에서 측정된 일사량 에너지 데이터를 체계적으로 저장 및 관리하고, 웹 GIS를 이용하여 인터넷에 서비스할 수 있는 데이터 관리 시스템을 설계 및 프로토타입을 구현하였다. 구축 시스템은 일사량 에너지의 이력 데이터베이스를 보존하고, 저장 데이터의 검색 및 질의 결과를 그래프, 차트, 테이블, 등고선도 등의 다양한 형태로 제공한다. 또한 시공간 질의를 통한 다양한 검색이 가능하며, ArcIMS를 이용하여 웹 서비스가 가능하도록 하였다.

*구현된 일사량 에너지 데이터 관리 시스템은 일사량 정보뿐만 아니라 풍력, 바이오매스, 소수력 등의 다양한 대체에너지 정보 및 이에 영향을 미치는 요소와 분석정보를 제공할 수 있는 기본 데이터베이스 구축에 유용하게 활용될 것이다. 현재 이 논문에서 구축된 시스템은 이력 및 공간 속성을 처리하기 위한 기본적인 데이터의 검색 및 웹 서비스는 가능하지만, 대체에너지 전 분야로의 확장성을 고려한 질의 기능 및 에너지의 변화 추이에 관해 예측할 수 있는 기능을 제공하

지 못하고 있다. 따라서, 앞으로는 저장된 데이터를 이용한 다양한 질의 맞시물레이션을 위한 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

- [ArcI01] ArcIMS, <http://www.esri.com/software/arcims/index.html>, 2001.
- [ArcV01] ArcView, <http://www.esri.com/software/arcview/index.html>, 2001.
- [Bsm01] Bsm, <http://bsm.ethz.ch>, 2001.
- [Cres01] Crest, <http://crest.org>, 2001.
- [Fsc01] Fsec, <http://logger.fsec.ucf.edu/met>, 2001.
- [Noaa01] Noaa, <http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/goes/gcip>, 2001.
- [Nre01] Nrel, <http://www.nrel.gov>, 2001
- [Rets01] Retscreen, <http://retscreen.gc.ca/ang/menu.html>, 2001.
- [Rred01] Rredc, <http://rredc.nrel.gov>, 2001.
- [기상연98] 기상연구소, "GMS 자료를 이용한 지면도달 일사량 산출 연구", 기상연구소, 1998.
- [김채승01] 김채승, 윤재준, "지리정보체계", 지영사, 2001.
- [양윤섭98] 양윤섭외 8명, "국내 일사량 분석·평가 및 데이터 표준화 연구", 한국에너지기술연구원, 1998.
- [이태규99] 이태규외 6명, "국내 일사량 분석·평가 및 데이터 표준화 연구", 산업자원부, 1999.