

일사량 에너지 데이터 관리 시스템 설계

오 인 배[†]·안 윤 애^{††}·류 근 호^{†††}·김 광 득^{††††}

요 약

에너지 사용의 급증으로 인해 환경오염, 지구 온난화 현상, 오일 파동의 문제가 발생되고 있다. 이를 해결하기 위해 태양 에너지, 풍력, 소수력 등과 같은 대체에너지에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 미국, 유럽, 일본에서는 대체에너지원의 정보를 체계적으로 관리하고 활용하기 위한 시스템 개발에 많은 노력을 하고 있다. 그러나 국내에서는 아직 대체에너지 정보 시스템이 효과적으로 구축되지 못하고 있다. 따라서 이 논문에서는 일사량 에너지 데이터를 저장 및 관리하는 대체에너지 정보 시스템을 제안한다. 이 시스템은 ArcView GIS를 이용하여 구현되었으며, 다양한 시공간 질의를 사용한 데이터 검색이 가능하도록 하였다. 아울러 사용자는 질의 결과를 차트, 그래프, 등고선과 같은 형태로 확인할 수 있다. 구현된 시스템은 ArcIMS를 이용하여 인터넷 웹 서비스를 제공한다.

Design of Solar Radiation Energy Data Management System

In Bae Oh[†] · Yoon Ae Ahn^{††} · Keun Ho Ryu^{†††} · Kwang Deuk Kim^{††††}

ABSTRACT

Because of the rapid increase of energy consumption, we have some problems such as environmental pollution, global warming, the oil shocks, and so on. To solve these problems, concern about renewable energy such as solar energy, wind force, and water energy is continuously increasing. America, Europe, and Japan have developed a system that manage and utilize the information of the renewable energy resources. However, in the domestic, renewable energy information system was not effectively built yet. Therefore, in this paper, we propose a renewable energy information system, which store and manage solar radiation energy data. We implemented the system using ArcView GIS. Also the system is able to retrieve the information from the energy database through various spatiotemporal queries. In addition, user can identify the results of summary data in the form of chart, graph, and counter line. The implemented system is supplied to the user through the web by ArcIMS.

키워드 : 대체에너지 정보 시스템(Renewable Energy Information System), 일사량 데이터 관리(Solar Radiation Data Management), 시공간 연산(Spatiotemporal Operation)

1. 서 론

전 세계적으로 유가의 등락으로 인한 여러 가지 사회 문제가 발생되고 있으며 향후 에너지 관리 문제에 많은 어려움을 겪고 있다. 이로 인해 태양 에너지, 풍력, 수력, 바이오매스, 지열 등과 같은 대체에너지원은 미래의 에너지원에 대한 대응방안으로 중요한 역할을 한다. 특히, 우리나라와 같은 비산유국은 대체에너지원의 효율적인 저장 및 분석을 통해 미래 사회의 에너지 문제에 대비해야만 한다. 따라서 국내의 대체에너지원을 효율적으로 관리할 수 있는 데이터

베이스의 구축 및 인터넷을 통한 실시간 정보 제공에 관한 연구가 필요하다.

미국, 유럽 등에서는 웹을 통해 수십년간 측정된 대체에너지원 데이터를 일반 사용자에게 제공하기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 미국의 국립 재생에너지 연구소인 NREL에서는 다양한 종류의 대체에너지에 관한 연구 결과 자료를 수집하고, 이를 인터넷을 통해 일반 사용자에게 제공하고 있다. 또한, 스위스, 캐나다 등에서도 유사한 형태로 바이오매스, 소수력, 풍력, 태양 에너지 등과 같은 대체에너지 정보를 제공하고 있다.

현재 국내에서도 기상청, 수자원공사 등에서 기상 정보 및 수력 관련 정보들에 대해 연도 및 지역별로 분류된 단순 검색 자료만을 제공하여 주고 있다. 그러나 아직 국내에서는 대체에너지원의 중요성에 대한 인식 및 이들 데이터에 대한 효율적인 관리 체계가 이루어지지 않고 있다. 또한 대

* 이 연구는 한국에너지기술연구원의 연구비와 한국과학재단 RRC(청주대 ICRC)의 연구비 지원으로 수행되었음.

† 정 회 원 : 주성대학 인터넷가상원실학과 교수

†† 정 회 원 : 청주과학대학 컴퓨터학과 전임강사

††† 총신회원 : 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수

†††† 정 회 원 : 한국에너지기술연구원 책임기술원

논문접수 : 2002년 8월 22일, 심사완료 : 2003년 1월 18일

제에너지와 관련된 상세 정보들을 제공하지는 않고 있으며, 저장된 이력 정보들에 대한 다양한 검색 연산을 제공하지 못하고 있다. 뿐만 아니라, 웹 GIS 서비스 기능을 이용한 인터넷 서비스가 지원되지 않고 있다.

따라서 이 논문에서는 국내 대체에너지 관리 시스템 개발의 사례연구로 일사량 에너지 데이터를 관리하기 위한 정보 시스템을 설계 및 구현한다. 이 시스템은 현재까지 국내 20개 도시에서 측정된 일사량 에너지 데이터를 체계적으로 저장 및 관리하고, 웹 GIS를 이용하여 인터넷에 서비스할 수 있는 기능을 가진다. 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 구현한다. 아울러 다양한 시공간 연산을 통한 데이터 검색과 ArcIMS 3를 이용한 웹 서비스가 가능하며, 3차원 모델링을 통한 정보의 시각화 기능을 제공한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 현재까지 국외에서 개발된 대체에너지 관리 시스템의 동향을 살펴보고, 3장에서는 국내 일사량 에너지 관리를 위한 시스템을 설계한다. 4장에서는 시스템 구현 내용 및 질의 수행 결과를 제시하며, 5장에서는 웹 기반의 GIS 서비스 및 3차원 시각화를 설명한다. 6장에서는 기존 시스템과의 비교 내용을 설명한다. 마지막으로, 7장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

관련 연구로서 미국, 유럽 등에서 대체에너지 관리에 대한 연구와 노력을 살펴본다. 먼저, 미국의 국립 재생 에너지 연구소인 NREL(National Renewable Energy Laboratory)[1]에서는 재생 에너지와 에너지 효율을 높이는 기술을 개발하고 있으며, 국가의 에너지와 환경을 위한 관련 과학 및 공학을 연구하고 있다. NREL의 연구 개발 분야는 약 8개 정도로 생물 연료 연구, 바이오매스 동력 연구, 건물 연구, 건물 연구-트롬브 벽, 태양력 연구, 하이브리드 전기 자동차 연구, 수소 연구, 광전지 연구 등을 진행하고 있다. RReDC(Renewable Resource Data Center)[2]는 NREL의 각종 출판물과 에너지원 데이터를 지도 형태로 제공한다. 특히, 미국내의 여러 가지 재생 에너지원에 관한 정보를 체계적으로 제공하며, 재생 에너지 관련 용어 사전도 웹으로 제공하고 있다. 일반 사용자는 특정 데이터에 대한 텍스트 정보를 조회하고 이를 파일로 저장할 수도 있다.

FSEC(Florida Solar Energy Center)[3]는 미국 플로리다의 태양 에너지 연구 센터로서 기상 자료의 연구 활동을 위

한 기상 자료를 수집하고 있으며, 수집된 자료는 자동으로 처리되어 EDBMS에 저장되고, 웹에서 일반 사용자가 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.

스위스에서 시작된 BSRN(Baseline Surface Radiation Network)[4-6]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.

캐나다의 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)[7]에서는 재생 에너지 분석 소프트웨어인 RETScreen을 개발하였다. 이 소프트웨어는 세계적으로 여러 가지 유형의 재생 에너지 기술(RETs)을 위한 에너지 생산 및 온실 효과를 발생시키는 가스 방출을 감소시킬 수 있는 표준화되고 완전한 재생 에너지 분석 프로그램이다. 이 소프트웨어를 이용한 에너지 정보는 인터넷을 통해 일반 사용자에게 제공되고 있다. 검색 결과는 엑셀 형태로 제공되지만, 실제 사용자가 원하는 형태로 데이터가 분석되거나 재계산하는 기능은 아직 제공하지 않고 있다.

REPP(Renewable Energy Policy Project)[8]는 재생 에너지 정책 프로젝트이다. 1995년 이후 REPP는 지열, 광전지, 태양열, 바이오매스, 수소 등과 같은 다양한 재생 에너지 기술의 시장성과 정책에 관련된 연구를 주로 수행하였다. REPP-CREST는 다양한 분야의 대체에너지 정보를 제공하고 있다. REPP-CREST의 목표는 재생 에너지의 사용을 위한 신뢰성 있는 정보, 통찰력 있는 분석 및 혁신적인 전략을 통해 현존 에너지 시장의 변화 및 환경 친화적인 에너지의 개발에 기여하는 것이다. 또한 REPP-CREST는 에너지에 관한 조사, 출판물은 물론 중요한 정보의 보급을 위한 정보 시스템 플랫폼을 개발하였다. 특히, REPP-CREST의 소프트웨어와 인터넷 서비스는 대화형 미디어를 이용하여 재생 에너지를 이용한 성공담과 온라인상의 유익한 토론 그룹에 의해 생성되는 혁신적인 공공 정책 보고서 등의 폭넓은 범위에 대한 정보를 제공한다.

Surface Radiation Budget Activity[9]는 메릴랜드 대학의 기상학 연구중 표면 방사능 활동에 대한 연구이다. 세부 프로젝트는 다음의 3가지로 분류된다. 첫째, GCIP/GAPP는 해양 대기국에 의해 미국에서 생성되는 표면 방사능 수치에 관한 정보를 지역 공동체의 사용자에게 제공하며, 국가

의 환경에 관한 위성 자료와 정보를 서비스한다. 이 활동의 주된 목적은 저장된 방사능 정보를 분석하여, 특정 시간에 대한 표면 방사능 수치를 예측하는 기능을 제공한다. 둘째, *Pathfinder*는 NOAA/NASA 공동으로, 다수의 위성에서 관찰된 장시간의 균일한 데이터 집합을 제공한다. 셋째, *PAR* (*Photosynthetically Active Radiation*)는 해양 대기국(NOAA)의 체계에 기후와 관련된 세계적인 기후 변화를 관찰하고, 이를 분석하여 예측하는 능력을 향상시키기 위한 소프트웨어를 연구한다.

앞에서 설명한 관련 연구들을 분석하면 전 세계적으로 이미 오래 전부터 환경 및 에너지 문제를 해결하기 위한 대응 방안으로 태양열, 풍력, 수력, 바이오매스 등과 같은 대체에너지에 대한 연구와 관련 기술을 중점적으로 개발하고 있다. 또한, 인터넷의 보급으로 인해 그동안 축적된 정보들을 웹에 서비스하고 있다. 그러나, 일부 시스템은 실제 사용자가 원하는 형태로 데이터를 분석하거나 재계산하는 기능은 제공하지 않는다. 반면에, 현재 국내에서는 기상 정보나 교통 정보와 관련된 단순 데이터만을 제공하고 있는 수준이며, 대체에너지에 대한 정보를 체계적으로 데이터베이스화하여 사용자의 요구에 알맞은 다양한 서비스를 제공하지 못하는 실정이다. 따라서, 이 논문에서는 지금까지 연구 개발된 관련 시스템을 참고하여 일사량 에너지 데이터를 저장 및 관리하는 대체에너지 정보 시스템을 설계 및 구현한다.

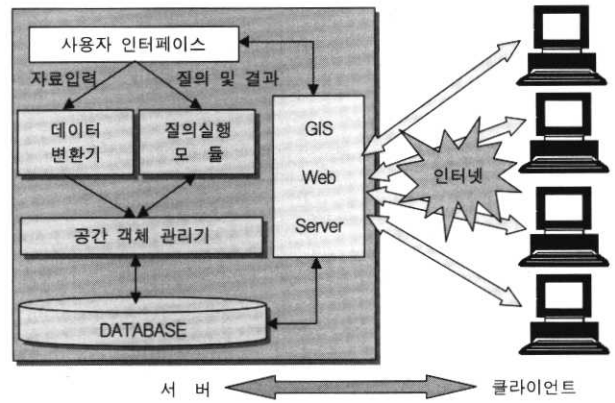
3. 일사량 에너지 데이터 관리 시스템의 설계

3.1 시스템 구조

GIS를 이용한 일사량 에너지 관리 시스템은 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. 대체에너지원 관리를 위한 시스템은 (그림 1)과 같이 구성하였다.

(그림 1)에서 보는 바와 같이 시스템 구조의 구성요소 중 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. 그리고 질의 실행 모듈은 사용자의 검색

및 시공간 질의를 처리하기 위한 연산을 수행한다. 아울러 검색된 데이터를 이용하여 사용자에게 테이블 형태의 수치 정보는 물론 차트, 그래프, 등고선 등의 형태로 결과를 제공한다. GIS Web Server는 일사량 에너지 관리 시스템을 인터넷을 통해 클라이언트에게 연결해 주는 미들웨어 역할을 한다. GIS 데이터베이스는 일사량, 청명 일사량, 일조량, 상대습도 등의 일사량 에너지 데이터를 4개의 테이블 구조로 저장한다.



(그림 1) 일사량 에너지 데이터 관리 시스템 구조

3.2 데이터 모델링

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[10, 11]. 이러한 데이터들을 데이터베이스에 저장하기 위해 일사량 에너지 데이터의 도메인이 동일한 속성들로 구성되는 데이터들은 공통된 스키마를 갖도록 표현하였으며, 데이터 속성의 분류 결과 서로 다른 4개의 스키마, 즉 Sun, Out_space, Clean_ilsa, Slope 등의 이름을 갖는 스키마를 설계하였다[12, 13].

<표 1> 일사량 에너지 데이터를 저장하는 테이블

테이블명	일사량 에너지 데이터
Sun	수평면 전일사량, 일조율, 운량, 일사율, 청명 일수, 기온, 상대습도, 바람
Clean_ilsa	청명 일사량, 전 일사량 성분
Out_space	대기권 밖 일사량
Slope	방위별 경사면 일사량

첫 번째, 수평면 전일사량, 일조율, 운량, 일사율, 청명 일수, 기온, 상대 습도, 바람에 대한 데이터를 저장하는 Sun 테이블의 내용은 <표 2>와 같다. 또한, <표 2>는 Sun 테이블에 저장된 수평면 전일사량, 일조율, 운량 등에 대한 춘천 지역의 데이터를 나타낸 것이다.

<표 2> Sun 테이블

년	월	지역	수평면 전일사량	일조율	운량	일사율	청명 일수	기온	상대 습도	바람
1996	1	춘천	1978	612	36	65	14	-47	69	13
1997	1	춘천	1851	495	38	63	14	-58	75	13
1998	1	춘천	1785	506	47	66	11	-28	72	18

두 번째, 청명 일사량 및 전일사량 성분(RD, DIFFUSE, DIRECT, RT)를 저장하는 Clean_ilsa 테이블의 내용은 <표 3>과 같다. 또한, <표 3>은 Clean_ilsa 테이블에 저장된 춘천 지역의 청명 일사량, 전일사량 성분 데이터를 나타낸 것이다.

<표 3> Clean_ilsa 테이블

월	시간	지역	청명 일사량	RD	DIFFUSE	DIRECT	RT
3	7	춘천	27.91	0.034	24.5	20.2	0.026
3	8	춘천	129.76	0.076	55.3	60.7	0.066
3	9	춘천	244.93	0.110	80.4	106.4	0.107

세 번째, 대기권 밖 일사량 데이터를 저장하는 Out_space 테이블의 내용은 <표 4>와 같다. 또한, <표 4>는 Out_space 테이블에 저장된 춘천 지역의 대기권 밖 일사량 데이터를 나타낸 것이다.

<표 4> Out_space 테이블

월	일	지역	대기권밖 일사량
1	1	춘천	3571.7
1	2	춘천	3584.5
1	3	춘천	3598.3

네 번째, 방위별 경사면 일사량 데이터를 저장하는 Slope 테이블의 내용은 <표 5>와 같다. 또한, <표 5>는 Slope 테이블에 저장된 춘천 지역의 방위별 경사면 일사량 데이터를 나타낸 것이다.

<표 5> Slope 테이블

월	각도	지역	방향	경사면 일사량
1	0	춘천	E	1746
1	3	춘천	E	1754
1	6	춘천	E	1758

3.3 질 의

일사량 에너지 데이터 관리를 위한 사용자 인터페이스는 2가지 형태, 즉 <표 6>과 같이 각 주제도에 관한 뷰 질의와 차트, 통계와 같이 테이블에 저장된 속성을 활용하는 테이블 질의로 구분한다.

<표 6> 사용자 질의 유형

구 분	유 형	기 능
View 관련 질의	일사량 데이터 통계 자료	일사량 에너지 데이터의 통계 자료 검색
	시공간 검색	시간 및 공간에 대한 검색
	데이터 뷰	레이아웃과 등고선도 출력
Table 관련 질의	차 트	차트 형태의 출력
	요 약	년/월별 평균값 요약
	통 계	검색 결과의 통계값 계산
	오름차순 정렬	검색 결과의 오름차순 정렬
	내림차순 정렬	검색 결과의 내림차순 정렬

<표 6>에서 뷰 관련 질의 유형에는 3가지 형태가 존재한다. 첫째, 12가지 유형의 일사량 에너지 데이터[14]의 지역별 검색 및 검색 결과에 대한 합계, 평균, 최대/최소값, 레코드 수와 같은 통계 자료의 출력이 가능한 일사량 데이터 통계 자료의 검색 질의가 있다. 둘째, 저장된 일사량 에너지 데이터에 대해 지역별, 년별, 월별 검색이 가능한 시공간 검색 기능을 갖는다. 셋째, 검색된 데이터에 대한 등고선도 및 레이아웃에 대한 뷰를 제공한다. 테이블 관련 질의는 검색된 데이터를 테이블로 보여 주고 이를 차트나 요약, 또는 통계 값으로 보여준다. 이 질의는 해당 데이터를 차트로 보여주는 차트 질의와 해당 데이터를 년별, 월별 평균값으로 요약하는 요약 질의, 데이터의 통계값을 보여주는 통계 질의가 있다.

3.4 질의 연산 기능

질의 실행 모듈은 저장된 일사량 데이터의 시간 및 공간 속성을 이용한 시공간 검색 연산을 수행한다. 시공간 검색 연산에는 기본적으로 12가지 형태의 연산 기능이 제공되지만, 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 기능을 살펴보면 다음에 제시하는 <표 7>과 같다.

설계된 12가지 형태의 시공간 검색 연산 중에서 일사량 에너지 데이터의 년/월/기간별 시공간 검색 알고리즘을 설명한다. 실제 구현은 ArcView의 스크립트 언어인 Avenue를 이용하였으며, 일사량 에너지 데이터의 검색 알고리즘은 (알고리즘 1)과 같다.

(알고리즘 1)은 일사량 에너지 데이터의 년/월/기간별 시간, 공간, 시공간 자료를 검색하는 단순 알고리즘으로 Arc View GIS 도구에서 스크립트 언어인 Avenue를 이용하여 구현하였다. 여기에서 시공간 검색은 저장된 각각의 일사량 데이터에 대해 지역별, 년별, 월별 검색 등 시간과 공간에 대한 검색을 한다. 검색 결과로는 해당하는 레코드를 반환

〈표 7〉 시공간 검색 연산의 종류와 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, 시점, 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.

하며, 이 레코드를 활용하여 등고선도, 차트, 월별, 년별 평균 등으로 사용자에게 제공한다.

실행 가능한 질의 유형에는 일사량 및 관련 기상 데이터 통계 자료 검색, 시공간 검색, 데이터 뷰 검색, 테이블 검색 질의가 있다.

```

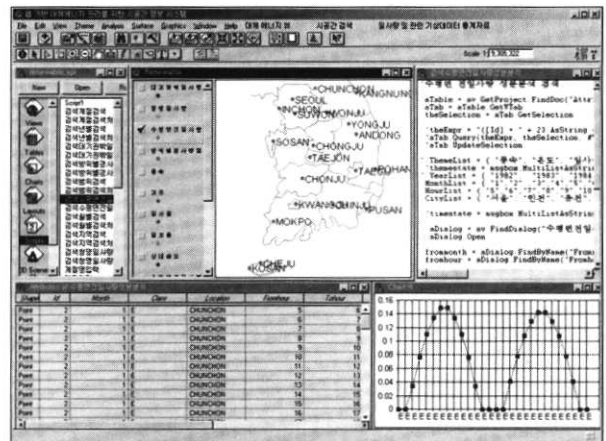
Algorithm YMIntervalSearch (fYear, tYear, fMonth, tMonth, sCity, sClass)
fYear : start year value selected by user
tYear : end year value selected by user
fMonth : start month value selected by user
tMonth : end month value selected by user
sCity : city name selected by user
sClass : class name selected 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
    
```

(알고리즘 1) 일사량 에너지 데이터 검색 알고리즘

4. 구현

일사량 에너지 관리 시스템은 클라이언트/서버 구조로 구현되었다. 서버는 Windows 2000 Server에서 GIS 도구로 ArcView 3.2[15]와 ArcIMS 3(GIS Web Server)[16]을 이용하였으며, 프로그래밍 언어는 ArcView의 스크립트 언어인 Avenue를 사용하였다. 데이터베이스는 ArcView의 데이터베이스를 활용하였으며, 시스템의 처리 데이터는 국내 20개 지역의 12가지 형태의 일사량 에너지 관련 데이터를 사용하였다. 또한 저장된 데이터의 전체 크기는 1982년부터 1998년까지의 측정 데이터로 약 33,644개의 레코드로 구성하였다.

(그림 2)는 구현된 시스템을 실행한 초기 화면이다. 전체



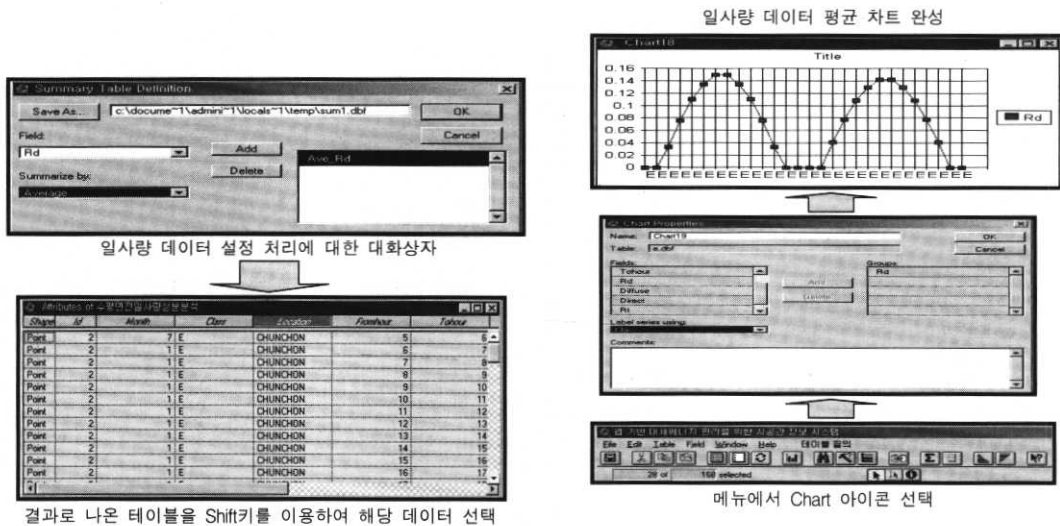
(그림 2) 일사량 에너지 데이터 관리 시스템 초기 화면

4.1 뷰 관련 질의 수행

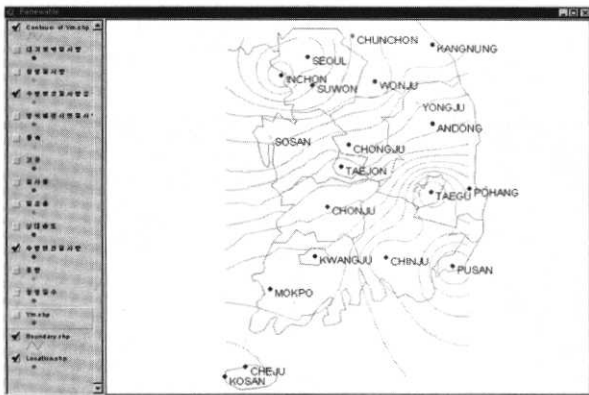
시공간 검색 중에서 월평균 검색은 해당 데이터의 월별 평균 값에 대한 요약 차트를 사용자에게 제공한다. 먼저, 어떤 데이터에 대해서 차트로 만들 것인지에 대한 대화상자가 열리면 일사량 데이터 값에 대한 평균 값을 선택하고, 결과로 나온 데이터에 대해서 차트 메뉴를 실행하면 x축에 월 값을 y축에 평균 값을 표현하도록 하면 (그림 3)과 같은 일사량 데이터 평균값 차트가 완성된다.

데이터 뷰 검색은 등고선도와 레이아웃으로 구분된다. 등고선도는 특정 값을 이용한 등고선도를 보여주며, 하나의 등고선도를 검색하는 예를 살펴보면 (그림 4)와 같다.

[질의 1] “일사량 맵의 Value 값에 기반한 등고선도를 보이시오.”



(그림 3) 일사량 데이터 검색 결과에 대한 차트 생성



(그림 4) 등고선도 검색 화면

등고선도의 생성 과정을 설명하면 다음과 같다. 첫째, 전체 지역을 표현하는 수치지도 맵을 선택하여 화면에 불러온다. 둘째, 등고선도로 표현하고자 하는 지역과 속성 정보를 선택한다. 셋째, 검색된 속성 정보의 결과를 확인한 후 등고선도 메뉴를 선택한다. 넷째, 대화상자의 등고선 화면 출력 간격 등을 선택한다. 이와 같은 과정을 거쳐 수행된 질의 1의 결과는 (그림 4)와 같다.

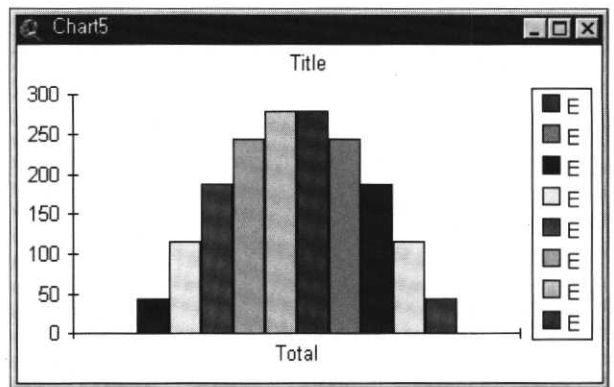
4.2 테이블 관련 질의 수행

테이블 관련 질의는 검색 데이터의 범위를 사용자가 테이블에서 직접 선택한 후 차트, 요약, 통계 등의 형태로 질의 수행 결과를 볼 수 있도록 한다.

[질의 2] “수평면 전일사량에서 1월 5시부터 2월 5시까지 춘천 지역의 일사량 값을 검색하십시오.”

(그림 5)는 테이블에서 대상 데이터를 선택한 화면이며, (그림 6)은 질의 2의 수행 결과를 차트 형태로 나타낸 것이다.

(그림 5) 차트 질의 대상 데이터 선택



(그림 6) 질의 2의 차트 결과 화면

5. 웹 GIS 서비스 및 3차원 시각화

5.1 웹 GIS 서비스

일사량 에너지 데이터 관리 시스템은 ArcIMS를 이용하여 ArcView에서 사용하는 질의 메뉴들 중에서 테이블 관련 검색 질의를 Query Builder라는 도구를 통해 웹으로 서

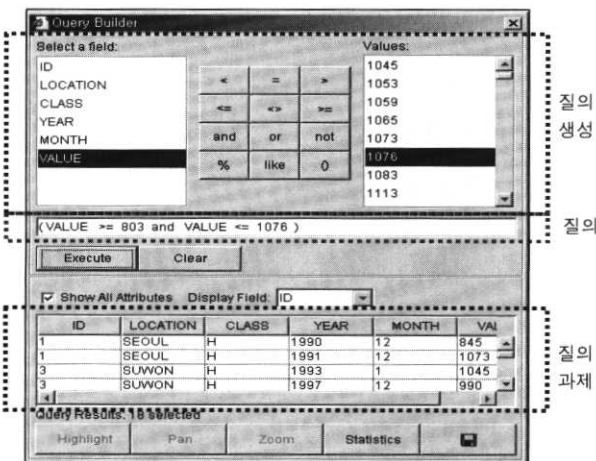
비스를 제공한다. 인터넷 웹 브라우저를 이용하여 ArcIMS 서비스를 받을 수 있는 웹 사이트에 접속하면 (그림 7)과 같은 초기 화면을 볼 수 있다. 이때 클라이언트 쪽에서는 ArcIMS 서비스를 받을 수 있는 Viewer가 설치되어 있어야 한다.



(그림 7) ArcIMS를 이용한 일사량 데이터 관리 시스템 초기화면

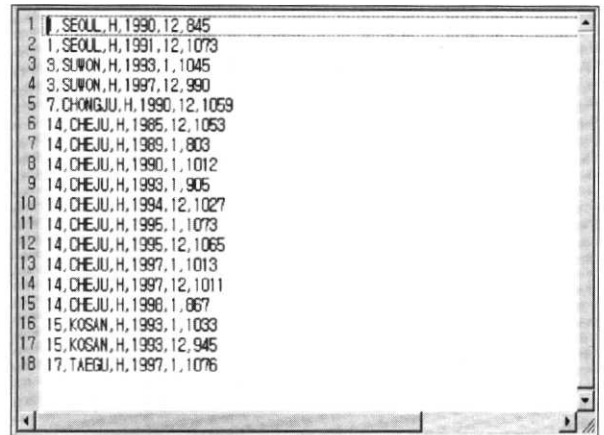
사용자 질의는 (그림 7)의 왼쪽 여러 툴 중에서 Query Builder 툴을 통하여 제공되는데 이러한 도구는 데이터에 대한 질의를 작성한다. 아래와 같은 질의 3을 수행하는 경우, Query Builder를 클릭하면 (그림 8)과 같은 실행 화면을 제공한다.

[질의 3] “수평면 전일사량에서 값이 803 이상 1076 이하인 레코드를 검색하시오”



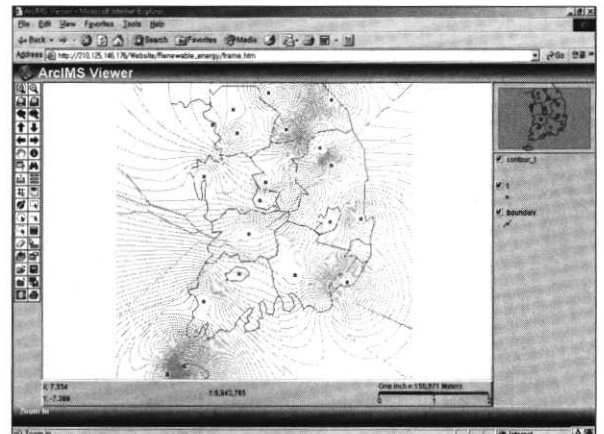
(그림 8) Query Builder 실행 화면

먼저, 대화 상자 상단 부분에서 수평면 전일사량 값을 이용하여 질의를 생성하게 되고 생성된 질의를 실행시키면 하단 부분과 같은 결과 레코드들이 나타나게 된다. 이와 같이 수행된 질의 결과값들은 텍스트 파일 형태로 저장 가능하며, 저장 결과는 (그림 9)가 얻어진다.



(그림 9) 수평면 전일사량 값을 이용한 질의 결과 저장

ArcView에서 생성한 수평면 전일사량 값에 대한 등고선도를 웹으로 검색하여 그 결과를 (그림 10)과 같이 클라이언트에게 제공한다. 그 이외의 테이블 기반의 데이터 검색을 위한 사용자 질의도 Query Builder를 통해 작성되고 실행된다.

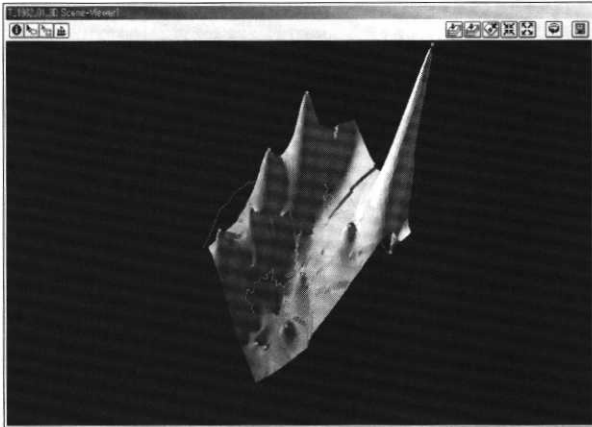


(그림 10) 수평면 전일사량 값을 이용한 등고선도

5.2 3차원 시각화

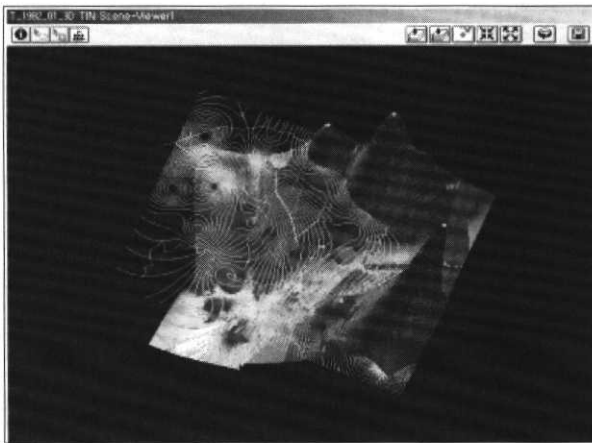
평균 강우량, 화학물 농도와 같은 각종 과학적 데이터 및 인구밀도와 같은 사회적 인자 등의 많은 현상들은 Surface를 구성하고 있으므로 이를 분석하는 것은 그 현상들을 이해하는데 효율적인 방법을 제공한다[17]. 이 논문에서 구현한 일사량 에너지 데이터 관리 시스템에서는 기존 맵 데이터를 이용하여 Surface 모델과 TIN 모델의 2가지 3차원 시각화를 제공한다.

(그림 11)은 기존 맵에서 추출한 Surface 모델을 시각화한 검색 결과이다. 3차원 분석은 고도, 온도 같은 연속적인 자료 모델링을 위해 Grid와 TIN 두 가지 형태의 공간 모델을 제공한다. 3차원 벡터 사상은 각 지점마다 X, Y, Z 좌표가 기록되어 지리사상을 정확하게 표현할 수 있다.



(그림 11) Sun 테이블의 기온 맵을 이용한 Surface 모델

(그림 12)는 기온 맵에서 추출한 TIN 모델을 시각화한 검색 결과이다. 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. 이 데이터 생성을 위해 각종 과학 데이터 값을 Z값으로 변환하여 등고선도로 추출한 후 TIN 모델을 생성하였다.



(그림 12) Sun 테이블의 기온 맵을 이용한 TIN 모델

(그림 11)과 (그림 12)에서 예시한 3차원 모델은 Arc-View에서 지원하는 3차원 모델링을 활용한 것이다. 실제 3차원 모델링을 할 때 특정 지역에 대한 2차원 공간 값을 나타내는 X, Y 값을 ArcView DB에 저장된 수치지도 맵을 선택하여 할당한다. 그리고 모델링하고자 하는 속성 데이터 값을 테이블에서 선택하여 Z 축에 할당한다. 이렇게 할당된 값을 이용하여 ArcView에서 3차원 모델링이 수행된다.

6. 기존 시스템과의 비교

대체에너지원 정보 관리 시스템은 현재 미국, 유럽 등에서는 웹을 통해 수십 년간 축적된 대체에너지원 데이터를

일반 사용자에게 제공하고 있다. 미국의 국립 재생 에너지 연구소 NREL 에서는 다양한 종류의 대체에너지에 관한 연구 결과 자료를 수집하고 이를 인터넷을 통해 제공하고 있다. 또한 스위스, 캐나다 등에서도 유사한 형태로 바이오매스, 소수력, 풍력, 태양 에너지 등과 같은 대체에너지 정보를 제공한다. 그러나 현재 국내에서도 관련된 연구가 진행되고 있지만 대부분 프로토타입 제작 수준에 머무르고 있으며, 대체에너지원의 중요성에 대한 인식 및 이들 데이터에 대한 효율적인 관리 체계가 이루어지지 않고 있다. 아울러 이를 실제 환경에 적용하여 문제점을 개선하고 실용화된 시스템은 없는 실정이다.

따라서, 이 논문에서는 시간 데이터베이스 개념을 적용한 일사량 에너지 이력 데이터베이스를 구축하고, GIS 기반으로 일사량 에너지 정보 시스템을 구현하였다. 이 논문에서 구현한 시스템을 기존 시스템들과 비교 분석한 전체적인 내용은 <표 8>과 같다.

<표 8> 기존 시스템과의 비교

구분	검색 결과				Web GIS 서비스	3차원 시각화
	테이블	그래프	차트	등고선도		
제안 시스템	○	○	○	○	○	○
NREL	○	○	○	×	△	×
BSRN	○	○	○	×	△	×
FSEC	○	○	○	×	△	×
RETScreen	○	○	×	×	×	×

<표 8>과 같이 기존의 구현된 대표적인 시스템에는 NREL, BSRN, FSEC, RETScreen 등이 있으며, 기존 시스템들과의 특성을 분석하기 위해 검색 결과 유형을 테이블, 그래프, 차트, 등고선도 그리고 Web GIS 서비스 기능과 3차원 시각화 기능의 지원 여부를 비교 대상으로 설정하여 비교하였다. 이와 같이 설정한 6가지 유형의 항목을 비교 분석한 결과 이 논문에서 구현한 시스템은 다른 시스템에서 제공하는 일반적인 테이블(텍스트, 파일 형태 포함), 그래프, 차트와 같은 검색 결과를 제공한다. 또한 등고선도 검색 결과와 시공간 검색 연산을 이용한 Web GIS 서비스 기능 및 3차원 시각화 기능 등을 추가적으로 제공하는 특징을 갖는다. 반면에, 제안 시스템은 다양한 형태의 데이터 검색 기능과 웹 GIS 서비스는 가능하지만, 향후 일사량 에너지의 변화 추이에 관한 예측 기능은 제공하지 못하고 있다.

7. 결 론

세계적으로 유가의 등락으로 인한 여러 가지 사회 문제가 발생되고 있으며 특히, 보유자원이 부족한 나라에서는 향후 에너지 관리 문제에 많은 어려움을 겪고 있다. 이와 같은 이유로 바이오매스, 지열, 태양 에너지, 풍력 등과 같

은 대체에너지원은 미래의 에너지원에 대한 대응 방안으로 아주 중요한 역할을 하고 있으며, 대체에너지원의 원시 데이터를 체계적이고, 효율적으로 관리할 수 있는 데이터베이스의 구축에 관한 연구개발이 필요하게 되었다.

이 논문에서는 국내 20개 도시에서 측정된 일사량 에너지 데이터를 체계적으로 저장 및 관리하고, 웹 GIS를 이용하여 인터넷에 서비스할 수 있는 데이터 관리 시스템을 설계하고 구현하였다. 구현 시스템은 일사량 에너지의 이력 데이터베이스를 보존하고, 저장 데이터의 검색 및 질의 결과를 그래프, 차트, 테이블, 등고선도 등의 다양한 형태로 제공하도록 하였다. 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 분석 정보를 제공할 수 있는 기본 데이터베이스 구축에 유용하게 활용될 것이다. 아울러 기상정보, 해양정보, 산림정보 등과 같이 다양한 분야의 응용 시스템 개발에도 적용될 수 있을 것이다.

대체에너지와 관련된 데이터는 매년 측정된 정보들이 새롭게 추가되므로 데이터량이 시간의 변화에 따라 커지게 된다. 따라서 현재 ArcView의 DB뿐만 아니라 MS SQL server를 함께 이용하여 대용량 데이터를 관리하기 위한 방법이 연구 중이다. 아울러 이 논문에서 구현된 시스템은 아직 향후 일사량 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 평가를 위한 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌

[1] L. M. Murphy, J. Brokaw, J. Pulaski, K. McCormack, "The National Alliance of Clean Energy Business Incubators," NREL/BK-720-28724, <http://www.nrel.gov>, 2000.

[2] Rredc, "Renewable Energy Resources in the United States," <http://rredc.nrel.gov>, 2002.

[3] Fsec, "Automated Field Data Management and Quality Assurance," Florida Solar Energy Center, <http://logger.fsec.ucf.edu/met>, 2002.

[4] Bruce W. Forgan, "BSRN Specification related to Aerosol optical Depth," 6th BSRN Science and Review Workshop, Australia, <http://bsrn.ethz.ch>, 2000.

[5] Bruce A. Wielicki et al., "CERES(Clouds and the Earth's Radiant Energy System) Validation Plan Overview," Technical Document, Release 4, <http://bsrn.ethz.ch>, 2000.

[6] G. O. P. Obasi, "Reducing Vulnerability to Weather and Climate Extremes," Switzerland, World Meteorological Organization, 2002.

[7] David Anderson, "The Meteorological Service of Canada," Annual Report 2000~2001, pp.4-25.

[8] Virinder Singh, "Blending Wind and Solar into the Diesel Generator Market," Research Report, No.12, <http://crest.org>, <http://www.repp.org>, 2001.

[9] Noaa, <http://orbit35i.nesdis.noaa.gov/ora/indexhtml>, 2002.

[10] 기상연구소, "GMS 자료를 이용한 지면 도달 일사량 산출 연구", 기상연구소, 1998.

[11] 양운섭의 8명, "국내 일사량 분석·평가 및 데이터 표준화 연구", 한국에너지기술연구원, 1998.

[12] 정영진, 황재홍, 안윤애, 김광득, 류근호, "웹 기반 대체에너지 관리를 위한 시공간 데이터베이스", 정보처리학회 추계 학술발표, Oct., 2001.

[13] 황재홍, 정영진, 안윤애, 류근호, 김광득, 안상규, "대체에너지 데이터를 이용한 시공간 표현 및 3차원 비주얼라이제이션", 한국지리정보학회 추계학술발표, Nov., 2001.

[14] 이태규의 6명, "국내 일사량 분석·평가 및 데이터 표준화 연구", 산업자원부, 1999.

[15] 한국 ESRI, "ArcView 한글메뉴얼", <http://www.esri.com/software/arcview/index.html>, 2002.

[16] 한국 ESRI, "ArcIMS3 특징 및 기능", <http://www.esri.com/software/arcims/index.html>, ESRI 기술 백서, 2000.

[17] 김채승, 윤재준, "지리정보체계", 지영사, 2001.

[18] 류근호, 안윤애, 김광득, "GIS를 이용한 일사량 에너지 관리 시스템 구축", 인터넷정보학회지, 제2권 제4호, pp.68-76, Dec., 2001.



오 인 배

e-mail : iboh@jsc.ac.kr
 1987년 한남대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1989년 건국대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
 2001년 충북대학교 대학원 전자계산학과 (박사수료)

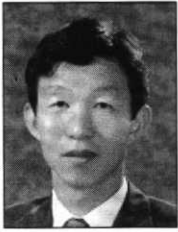
1989년~1992년 (주)LG-HITACHI Ltd. 해외 S/W 개발실 근무
 1992년~현재 주성대학 인터넷가상현실학과 교수
 관심분야 : 시공간 데이터베이스, 모바일 데이터베이스, 지리정보 시스템, 가상현실(Virtual Reality), 무선인터넷 등



안 윤 애

e-mail : yeahn@cjnc.ac.kr
 1993년 한남대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1996년 충북대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사)
 2003년 충북대학교 대학원 전자계산학과 (이학박사)

2003년~현재 청주과학대학 컴퓨터학과 전임강사
 관심분야 : 시공간 데이터베이스, 모바일 데이터베이스, 모바일 GIS, 지식기반 시스템 등



류 근 호

e-mail : khryu@dblab.chungbuk.ac.kr

1976년 숭실대학교 전산학과(공학사)

1980년 연세대학교 공학대학원 전산전공
(공학석사)

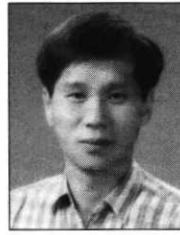
1988년 연세대학교 대학원 전산전공
(공학박사)

1976년~1986년 육군군수지원사전산실(ROTC 장교), 한국전자
통신연구소(연구원), 한국방송통신대 전산학과(조교수)
근무

1989년~1991년 Univ. of Arizona Research Staff(TempIS 연
구원, Temporal DB)

1986년~현재 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 시간 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, Temporal
GIS, 객체 및 지식베이스 시스템, 지식기반 정보검색
시스템, 데이터 마이닝, 데이터베이스 보안 및 Bio-
Informatics 등



김 광 득

e-mail : kdkim@kier.re.kr

1987년 대전산업대학교 전자계산학과
(공학사)

1989년 전북대학교 대학원 전산통계학과
(이학석사)

2000년 충북대학교 대학원 전자계산학과
(이학박사)

1981년~현재 한국에너지기술연구원 책임기술원

관심분야 : 컴퓨터 보안, 시공간 데이터베이스, 데이터마이닝,
네트워크 관리