한국지구시스템공학회지
Vol. 45, No. 6 (2008) pp. 707-718

연구논문

석유시추 자료의 효과적인 관리를 위한 윈도우 기반 데이터베이스 프로그램 DrillerGeoDB 개발

서장원[1] · 최요순[1] · 박형동[1]*

DrillerGeoDB : Windows-based Database Program for Effective Management of Drilling Data in Oil and Gas Industry

JangWon Suh, Yosoon Choi and Hyeong-Dong Park*

Abstract : A new database program called DrillerGeoDB was developed to manage drilling data for the oil and gas industry. Many types of drilling reports and previous drilling database systems were reviewed to characterize the elements of drilling information, An effective design of relational database was suggested to organize the elements effectively. DrillerGeoDB provides well-organized graphic user interfaces for creating, editing, exporting, querying and visualizing the drilling data as well as for interchanging data with a spreadsheet such as MS-Excel.

Key words : Drilling data, Database, Characterization, User interface, Window program

요 약 : 본 연구에서는 석유시추 자료의 효과적인 관리를 위해 활용할 수 있는 윈도우 기반의 데이터베이스 프로그램 DrillerGeoDB를 개발하였다. 국내외 석유시추 조사 보고서와 해외 선진 개발사례를 비교·분석하여 석유시추 데이터베이스에 포함될 정보요소들을 특성화하였으며, 프로젝트 일반, 지층, 시추/검층, 공정평가 등의 정보들을 유기적으로 연계할 수 있는 관계형 데이터베이스 구조를 제시하였다. DrillerGeoDB 프로그램은 사용자 편의의 인터페이스를 통해 석유시추 자료의 입출력과 검색, 그래프 작성, 보고서 출력 등의 기능을 제공하며, Excel 등의 스프레드시트 프로그램과 손쉽게 자료를 호환할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서 수행한 석유시추 자료의 정보요소 특성화와 시범 데이터베이스 프로그램의 개발 성과는 향후 국가 석유시추 데이터베이스 구축을 위한 기초연구 자료로서 활용될 수 있을 것이라 기대한다.

주요어 : 석유시추 자료, 데이터베이스, 특성화, 사용자 인터페이스, 윈도우 프로그램

서 론

시추자료(drilling data)는 지하의 지질환경에 대한 직접적이고 3차원적인 정보를 제공하며, 석유공학, 채광공학, 환경공학, 수리지질학, 지반공학 등 지하공간을 대상으로 하는 대부분의 학문 및 산업분야에서 광범위하게 활용되고 있다(Chang and Park, 2004). 지각 변동과 같은 지질환경의 본질적인 변화가 없는 한 시추자료로부터 도출된 정보들은 반영구적으로 활용될 수 있기 때문에 (한국건설기술연구원, 2001), 시추자료의 데이터베이스 구축은 지하 지질정보의 보존과 재사용성 확대 측면에서 매우 중요하다.

시추자료의 광범위한 활용성과 사회 간접자본으로서의 보존가치를 빠르게 인지한 해외 선진국가들의 경우, 수십 년 전부터 국가차원의 시추자료 관리계획을 수립하였으며, 국립지질조사소(National Geological Survey)를 중심으로 시추정보 데이터베이스 시스템을 개발하여 운영해오고 있다(Table 1). 대표적으로 영국에서는 AGS(Association of Geotechnical Specialists)에서 시추정보의 전산화를 위한 정보요소 표준화 작업을 수행하였고, BGS(British Geological Survey) 산하에 NGRC(National Geological Records Centre)를 설치하여 전 국토에서 수집된 900,000공 이상의 시추조사 자료를 데이터베이스로 구축하였다 (Bowie, 2003). 프랑스의 경우에도 BRGM(Geological Survey of France)의 RGF(Geological Reference System of France)를 통해 300,000공 이상의 시추자료들이 포함

2008년 9월 11일 접수, 2008년 11월 26일 채택
1) 서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부
***Corresponding Author**(박형동)
E-mail; hpark@snu.ac.kr
Address; Department of Energy Systems Engineering, Seoul National University, 599 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

Table 1. Examples of the nationwide drilling database system in the world

Country	Organization	Name of system	Number of drilling holes constructed in DB	Reference
Czech	Czech Geological Survey	GeoInformation System	629,635 holes	Sedlak, 2000
Netherlands	TIN-NITG	DINOshop	400,000 holes	D'Agnese and O'Brien, 2003
UK	BGS	BGS-geoIDS	1,300,000 holes	BGS, 2007
France	BRGM	RGF	600,000 holes	BRGM, 2007
Finland	GSF	Geotechnical Information System	260,000 holes	Vahaaho, 1998

된 데이터베이스를 구축하였으며, 데이터베이스를 활용하여 사용자가 요청하는 지역의 3차원 지질도를 제작하고 있다(BRGM, 2002).

국내에서는 1990년대 후반부터 공공기관의 연구개발 사업을 통해 시추정보 데이터베이스 시스템 개발이 추진되었다. 한국건설기술연구원은 전국의 철도, 국도, 고속국도 공사 현장들을 대상으로 시추조사 자료들을 수집하여 약 88,446공의 데이터베이스를 구축하였으며, 지오인포(GEOINFO) 시스템을 통해 시추주상도 검색 및 지층 종단면도 분석 서비스를 제공하고 있다(한국건설기술연구원, 2002). 또한 서울시는 지하철 시공 현장 등에서 발생한 시추자료들을 효과적으로 관리하기 위해 지오인포 시스템을 보완한 새로운 시추정보 데이터베이스를 설계하였고, 사용자의 정보 접근성이 개선된 웹기반 지반정보 시스템을 개발하였다(Chang and Park, 2004). 한국수자원공사에서는 국가 지하수정보 관리 시스템을 운영하여 지하수 탐사 및 개발과정에서 발생한 시추자료들을 체계적으로 관리할 수 있도록 하였으며, 국가지하수정보센터(www.gims.go.kr)를 통해 시추정보 검색 및 다운로드 서비스를 제공하고 있다(한국수자원공사, 2004). 대한광업진흥공사는 광물자원 탐사를 목적으로 수행되었던 시추조사 자료들의 전산화 방안과 데이터베이스 시스템 운영을 위한 메타데이터 활용 방안을 제시하였다(대한광업진흥공사, 2004).

그 동안의 연구개발을 통해 국내에서도 국가차원의 시추정보 데이터베이스 구축의 필요성에 대한 인식이 확대되었고, 건설, 지하수, 채광산업 분야를 중심으로 시추자료 데이터베이스 구축을 위한 정보요소 표준화, 데이터베이스 구조설계, 활용기술 개발 등 시스템 개발 및 운영을 위한 기반기술을 상당부분 확보하였다(한국건설기술연구원, 2002). 그러나 석유·가스 산업분야에서는 시추자료의 보존 및 재사용을 위한 체계 마련과 기반기술 확보가 활발하게 이루어지지 못했고, 데이터베이스 구축을 위한 정보요소 특성화와 표준화 작업조차 체계적으로 진행되고 있지 못한 실정이다. 유가상승에 따라 범세계적으로 에너지자원의 확보를 위한 경쟁이 치열해지고 있는 시점에서, 고가의 석유시추 자료들을 효과적으로 관리하고, 국가적인 자산으로 재사용하는 것은 해외에너지 자원 개발의 경쟁력 확보 측면에서 매우 중요하고, 시급한 사안이라고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 국가 석유시추 데이터베이스 구축을 위한 기초자료로서 활용될 수 있도록, 석유시추 자료의 정보요소 특성화를 수행하고, 합리적인 데이터베이스 구조를 설계하는 것이다. 이를 위해, 해외 선진국가들의 석유시추 데이터베이스 시스템의 개발 동향을 파악하고, 국내외에서 활용되고 있는 석유시추 조사보고서를 분석하여 데이터베이스에 포함될 정보요소들을 선별하고자 한다. 또한, 제시한 데이터베이스 설계의 효용성을 검토하기 위하여 Microsoft Access와 Visual Basic.NET을 이용한 시범(prototype) 데이터베이스 프로그램 DrillerGeoDB를 개발하고, 시추정보 입·출력 및 간단한 검색기능을 구현하고자 한다.

해외 석유시추 데이터베이스 시스템 개발 동향 분석

석유시추 데이터베이스 시스템에 관한 연구는 1970년대 중반 물리검층 자료의 효율적인 관리를 위한 목적으로 시작되었다. 연구 초기에는 파일관리 수준에서 시스템의 기능을 주로 구현하였으나, 1980년대 이후 전산분야의 데이터베이스 기술이 급속도로 발전함에 따라 석유시추 데이터베이스 시스템에도 다양한 데이터 관리 및 검색 기능이 추가되기 시작하였다.

Hatch와 Miller(1983)는 석유시추 자료의 검색과 보고서 출력(reporting)이 가능한 간단한 데이터베이스 시스

템을 개발하였다. 사용자 친화적 인터페이스와 데이터베이스 입력 오류를 방지할 수 있는 약어 코드를 제공하여, 전산 전공자가 아닌 석유공학자나 현장의 시추 작업자가 직접 시스템을 운영할 수 있도록 설계하였다.

Dunn와 Payne(1986)은 시추 현장에서의 생산성 향상과 작업 능률의 개선을 위하여 석유시추 자료의 정보화 과정을 자동화하는 시스템을 구축하였다. 특히, 주기적으로 점검해야하는 정보들을 자동 출력할 수 있는 다양한 기능과, 시추자료의 간단한 분석 기능이 추가되었다. 또한, 현장 감독자가 신속하게 공정을 평가하고 점검할 수 있도록 분석 결과를 시각화할 수 있는 모듈을 개발하였다.

McCammon와 Mackinlay(1993)는 최초로 관계형 데이터베이스의 개념을 도입한 시스템을 설계하였고, SQL (Structured Query Language) 언어를 사용한 DERICS (Drilling Engineering Rig Inventory Computer System)을 개발하였다. DERICS에는 기존의 시스템에서 제공하지 않았던 시추비용 및 공정시간을 평가 모듈이 추가되었고, 모뎀을 통한 데이터 전송도 가능하게 하였다.

Thomson(2000)은 시추 및 생산 계획 등을 포함한 통합 시추정보 데이터베이스 시스템을 개발하였다. 체계화된 시스템의 구축을 위하여 유정관련 자료(well-based data)와 공정관리 정보(workflow process)를 분할하여 관리하는 데이터베이스 구조를 설계하였으며, 현장 관리자가 획득된 MWD(Measurement While Drilling) 자료를 실시간으로 분석할 수 있도록 하였다. 또한, 고품질의 시각화 분석 기능을 구현하고, 각 공정에서의 시간과 비용을 분석하는 모듈을 통합한 소프트웨어 패키지를 제공하였다.

Table 2는 석유시추 데이터베이스 시스템 개발에 관한 해외 연구사례들을 시스템이 제공하는 기능적 측면에서 비교한 결과이다. 석유시추 데이터베이스 시스템 개발은 파일관리를 위한 자료 저장과 입출력 기능의 단계에서 출발하여, 검색 및 분석 결과의 시각화 기능 구현 단계를 지나, 시추정보 전송 기능과 현장에서의 실시간 자료처리 기능을 포함하는 과정으로 발전하고 있는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 국내에서 석유시추 데이터베이스의 개발에 대한 연구가 거의 전무하여 외국 소프트웨어에 의존하고 있는 상황에서 독자적인 석유시추 데이터베이스 프로그램을 개발하기 위해서, 석유시추 데이터베이스 시스템 개발의 첫 번째 발전단계인 자료저장과 입출력 기능개발을 중심으로 데이터베이스 프로그램 개발 결과를 기술하고자 한다.

석유시추 데이터베이스 설계

석유시추 데이터베이스에 포함될 정보요소들을 선별하고 특성화하기 위하여, 한국석유공사와 미국의 석유회사들이 발행한 석유시추 조사 보고서를 검토하여 석유시추 자료의 일반적인 정보 기재사항을 분석하였다. 또한, 세계적으로 석유시추분야의 기술을 선도하고 있는 Schlumberger사의 Drilling Office 소프트웨어의 데이터베이스 구조를 검토하여 시추장비와 관련한 정보요소를 데이터베이스 설계에 반영하였고, 이를 바탕으로 데이터베이스 테이블 명세(schema)와 테이블 간의 관계(relation)를 설정하였다.

국내외 석유시추 보고서 및 소프트웨어 검토

본 연구에서는 한국석유공사의 시추조사 보고서를 분석하여 석유시추 자료의 기본적인 정보 요소를 10개의 테이블로 분류하여 나타내었다(Fig. 1). 시추공 위치, 시추회사, 담당자 등의 기본적인 정보를 담고 있는 시추공 정보와 일일 작업 기록에 대한 공정 정보, 시추 과정에서 검층되는 머드 정보, 가스 정보, 굴진 정보, 비트 정보, 압력 정보, 수리 정보, 암석 정보 등이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다.

미국 기업의 석유시추 조사보고서에 포함된 정보요소들의 경우(Fig. 2), 한국석유공사 시추보고서의 정보요소들과 비교해봤을 때, 기본적인 정보 요소 외에 날씨 정보, 비용 정보, 안전 정보 등이 함께 포함되어 있음을 확인할 수 있었다. 이는 국내 여건과 달리 미국의 경우 상

Table 2. Comparison of functionalities among previous database systems for managing drilling data in oil and gas industry

Software Package	Report	Analysis	Data Transmission	Real-time Demonstration	Reference
-	√	-	-	-	Hatch and Miller (1983)
-	√	√	-	-	Dunn and Payne (1986)
√	√	√	√	-	Corless (1991)
√	√	√	√	-	McCammon, et al. (1993)
√	√	√	√	√	Thomson, et al. (2000)

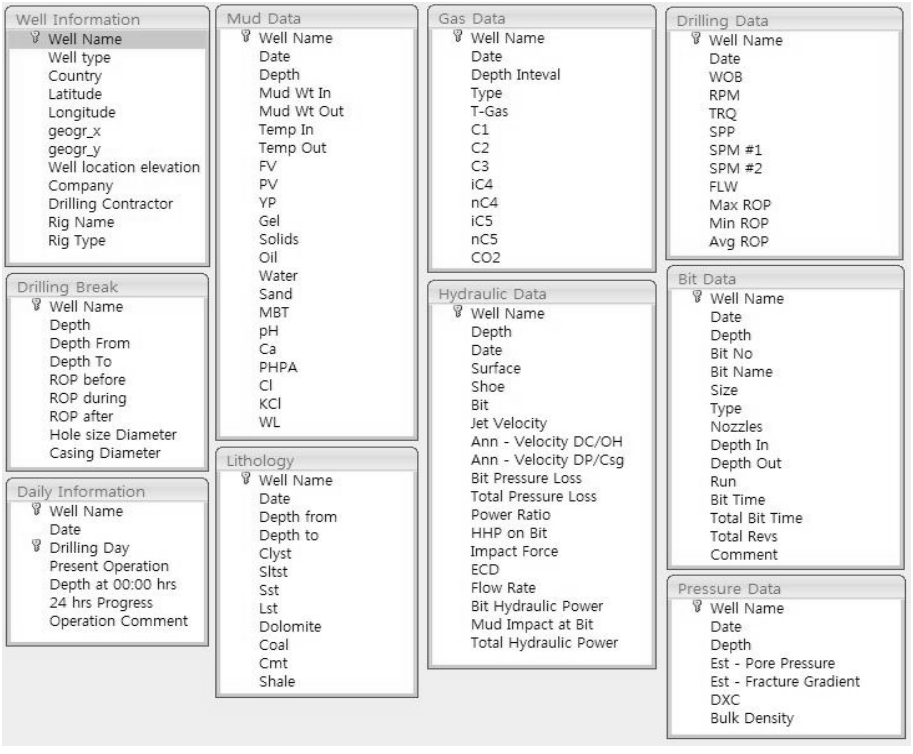

Fig. 1. Schematic representation of the information elements derived from drilling reports of Korea National Oil Corporation.

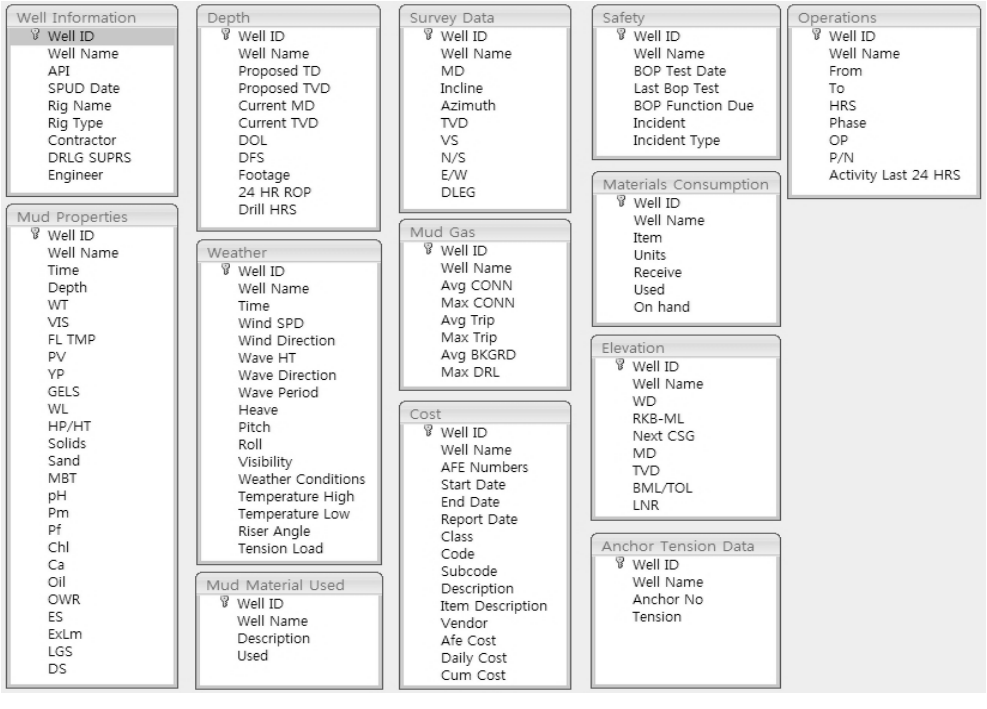

Fig. 2. Schematic representation of the information elements derived from drilling reports of Pioneer Natural Resources.

대적으로 석유시추 규모가 방대하고, 프로젝트가 초대형 석유회사 중심으로 진행됨에 따라 시추비용의 경제성 확보와 시추공정의 위해성(risk) 관리가 중요시되는 특성이 반영된 것으로 판단된다.

Drilling Office는 시추자료 분석, 가시화, 유정 계획, 공정 관리 등의 종합적인 기능을 제공한다. 본 연구에서는 Schlumberger가 개발한 석유시추·개발용 통합 소프트웨어 패키지 Drilling Office 소프트웨어의 구조와 매뉴얼(manual)을 검토하여 Coiled Tubing Drilling(CTD) 관련 장비들을 조사하였으며(Table 3), Drilling Office 세부 프로그램의 하나인 DataBrowser의 기능을 분석하여 석유시추 자료의 정보요소 특성화에 반영하였다.

Table 3. List of equipments for coiled tubing drilling

Equipment name	Details
Additional BOP equipment	Well-control composer except BOP (kill line, choke line, choke manifold, mud spool, etc.)
Annular BOP	Annular blowout preventer
Circulation sub	Control the circulation rates by eliminating the pressure loss and flow constraints through the BHA
Crane	Injector fixing equipment
CT connector	Connector between BHA and CT string
CT injector head	Provide the power and traction necessary to run and retrieve the CT string into and out of the wellbore
CT powerpack	CT unit power supply
CT reel	Safely store and protect the CT string
CT string	Coiled tubing tubulars such as drillpipe
CTD monitoring equipment	Coiled tubing unit monitoring equipment
Downhole mud motor	Turbine motor that is run just above the bit on a drillstring
Drilling bits	Cutting tool used in drilling
Drilling fluid monitoring equipment	Mud monitoring equipment
Dual check valves	Prevent unwanted migration of wellbore fluids back into the CT drill string
Emergency engine kill systems	Emergency engine stopper located within the designated hazardous zone surrounding the wellhead
Equalizing sub	Tool to equalize the pressure across subsurface production controls in the tubing string of a well before reopening
Eye wash station	Eye wash station located adjacent to the drilling fluid mixing facility
Fire-fighting equipment	CO_2 Fire extinguishers
Gas protective equipment	Gas Protector (H_2S) which are subject to legislation or corporate policy
Hydraulic disconnect	Release the BHA should it become stuck in the wellbore BHA
MWD equipment	Real time data measure equipment while drilling
Non-rotating joint	Make up the BHA to the CT string if necessary to deploy the BHA into the well in two or more sections
Orienter	Direction controller in directional drilling
Personal protective equipment	Personal protective equipment which prepare drilling fluids
Quad BOP	BOP which are composed of blind ram, shear ram, slip Ram, pipe Ram
Stripper	Elastomer packing element that can be used under low or moderate pressure to seal the annulus during running or pulling tubing in a well
Wellbore steering and navigation	Monitoring and recording equipment in CTD directional measurement

석유시추 자료의 정보요소 특성화

본 연구에서는 국내외 시추보고서와 관련 서적 및 논문, 그리고 Drilling Office 소프트웨어를 검토하고 분석하여 석유시추 자료의 정보요소를 특성화하였다. 국내외 시추보고서의 상호보완적인 정보 요소들을 반영하고, 사용자가 다양한 시추 장비와 모델을 직접 선택할 수 있도록 시추장비 정보 테이블을 구성하였다. 특히, 최근 석유시추의 범위가 점점 더 깊어지고, 심해저 시추 등 시추의 영역이 확대됨에 따라 그 중요성을 더해가는 지질 정보를 암석, 토양, TCR/RQD 등으로 나누어 요소 특성화에 반영하고 재활용할 수 있도록 하였다. 또한, 국내에서도 석유시추의 규모가 확대되는 특성을 고려하여 비용 및 공정 정보를 구체화하여 프로젝트의 운영 최적화를 도울 수 있도록 하였다.

석유시추 데이터베이스를 구성하기 위한 정보요소들을 자료의 성격과 특성에 따라 크게 프로젝트 정보(Project Information), 지층 정보(Stratum Information), 시추/검층 정보(Drilling & Logging Information), 공정평가 정보(Operation Evaluation)의 4개 범주로 분류할 수 있었으며(Table 4), 각 범주에 포함된 세부 정보들은 다음과 같다.

Table 4. Elements of the drilling database suggested in this study

Categories	Table
Project Information	Project General Information
	Well Information
	Coordinate System
	Equipments
	Weather
Stratum Information	Layer information
	Lithology
	RQD/TCR
Drilling & Logging Information	Mud data
	Survey data
	Drilling data
	Drilling break
	Bit data
	Gas data
	Pressure data
	Hydraulic data
Operation Evaluation Information	Cost
	Operation comment
	Daily information

(a) 프로젝트 정보(Project Information)

- 프로젝트 일반정보(project general information): 프로젝트 고유번호, 시추공 개수 및 위치, 국가, 도시, 프로젝트 시작·종료일자, 수행기관, 프로젝트 관리자 등 프로젝트의 기본적인 사항을 포함
- 시추공 정보(well information): 프로젝트 코드, 시추공 고유번호, 시추공 이름, 유정 종류, 시추공 위치(경위도와 로컬좌표) 등의 정보와 시추회사, 시추 기술자, 관리자, 시작날짜, 종료날짜, Rig 유형, Rig 이름 등으로 구성
- 좌표체계 정보(coordinate system): 좌표계 종류, 타원체 종류, 투영 정보, 기준 방위각, 기본 거리 단위, 축척 계수 등을 수록
- 시추장비 정보(equipment): Coiled Tubing Drilling 관련 장비의 종류와 용도, 장비별 가용 모델 및 특징, 장비 재원 등으로 구성
- 날씨 정보(weather): 시간에 따른 온도와 습도의 변화, 바람의 방향과 세기 변화, 파도의 세기와 주기 등을 기록

(b) 지층 정보(Stratum Information)

- 층서 정보(layer information): 지층명, 학술용 지층코드 및 심도에 따른 토양 색상, 습윤도, 조밀도, 연경도, 균열정도, 풍화도 등을 포함
- 암종 정보(lithology): 암석종류, 분포형태, 구성비율 등으로 구성
- RQD/TCR 정보: 암석의 절리나 강도 등을 평가할 수 있는 암질지수(Rock Quality Designation, RQD)와 코어회수율(Total Core Recovery, TCR)등의 정보를 포함

(c) 시추/검층 정보(Drilling & Logging Information)

- 이수 정보(mud data): 파쇄된 암석의 추출을 위한 이수의 종류, 구성 성분, 투입량, 온도 변화 등을 포함
- 측량 정보(survey data): 유정의 좌표, 시추 목표 지점의 좌표, 측정심도(Measurement Depth, MD), True Vertical Depth(TVD) 등의 위치 정보와 방위각, 경사각 정보 등을 수록
- 시추 정보(drilling data): 굴진력(Weight On Bit, WOB), 회전속도(RPM), 회전력, 굴진율(Rate of Penetration, ROP), 스트로크(Stroke per Minute, SPM) 정보 등으로 구성
- Drilling break: 시추공 지름, 케이싱 지름, 비트의 굴착속도(BOP) 변화량 등으로 구성
- 비트 정보(bit data): 비트의 종류와 크기, 작동 시간

등으로 구성

- 가스 정보(gas data): 검층시 발생하는 기체들에 대한 정보
- 압력 정보(pressure data): 깊이에 따른 시추공 내부 압력 변화, 시추장비의 압력 등으로 구성
- 수리학적 정보(hydraulic data): 이수의 영향, 노즐의 분사 속도, 비트 압력 감소, 전체 수압 등 유체의 영향과 관련한 정보 등을 포함

(d) 공정평가 정보(Operation Evaluation)

- 비용 정보(cost) : 프로젝트 시작일자, 종료일자, 비용산정 날짜, 당일 시추 비용, 누적 시추비용 등 공정비용과 관련된 정보들을 포함
- 일일 정보(daily information) : 시추가 이루어진 날짜, 계획 시추 깊이, 실제 시추 깊이 등 시추 진행상황을 시간대별로 기록
- 공정요약 정보(operation comment) : 일일 작업 내역을 시추공정 관리자가 최종적으로 요약하고 평가한 자료

석유시추 데이터베이스 구조 설계

Fig. 3은 본 연구에서 제시한 석유시추 데이터베이스의 구성 정보요소들을 효과적으로 구조화하기 위한 데이터베이스의 설계 결과를 보여준다. 본 연구에서는 데이터베이스의 정보 요소들을 유기적으로 결합하고 관리하기 위하여 관계형 데이터베이스 구조를 채택하였다.

석유시추 현장에서 프로젝트 규모의 다양성과 성격을 고려하여, 데이터의 관리는 시추공 단위로 하고, 다수의 시추공이 모여 하나의 프로젝트를 구성하도록 설계하였다. Fig. 3에서와 같이 Project Code로써 구분되는 최상위 단위인 프로젝트는 다수의 시추공을 포함하고 있으며, 각 시추공은 고유한 Project Code와 Well ID 값을 갖는다. 또한, 프로젝트 정보(A)를 구성하는 장비 테이블, 위치좌표 테이블, 날씨 테이블과 지층 정보(B), 시추검층 정보(C), 비용 평가 정보(D) 등은 시추공 단위로 관리될 수 있도록 Well ID 필드를 PK(Primary Key)로 설정하여 연결 관계를 형성하고 있다. 이와 같이 프로젝트 일반 정보를 제외한 나머지 정보들은 개별적인 시추공 단위로 저장, 검색, 처리, 분석될 수 있도록 설계하였다.

석유시추 데이터베이스 프로그램 개발

개발도구 및 환경

본 연구에서는 석유시추 데이터베이스 프로그램 DrillerGeoDB의 개발도구로서 Visual Basic.NET을 사용하였고, 데이터베이스 엔진으로는 MS-Windows와의 호환성

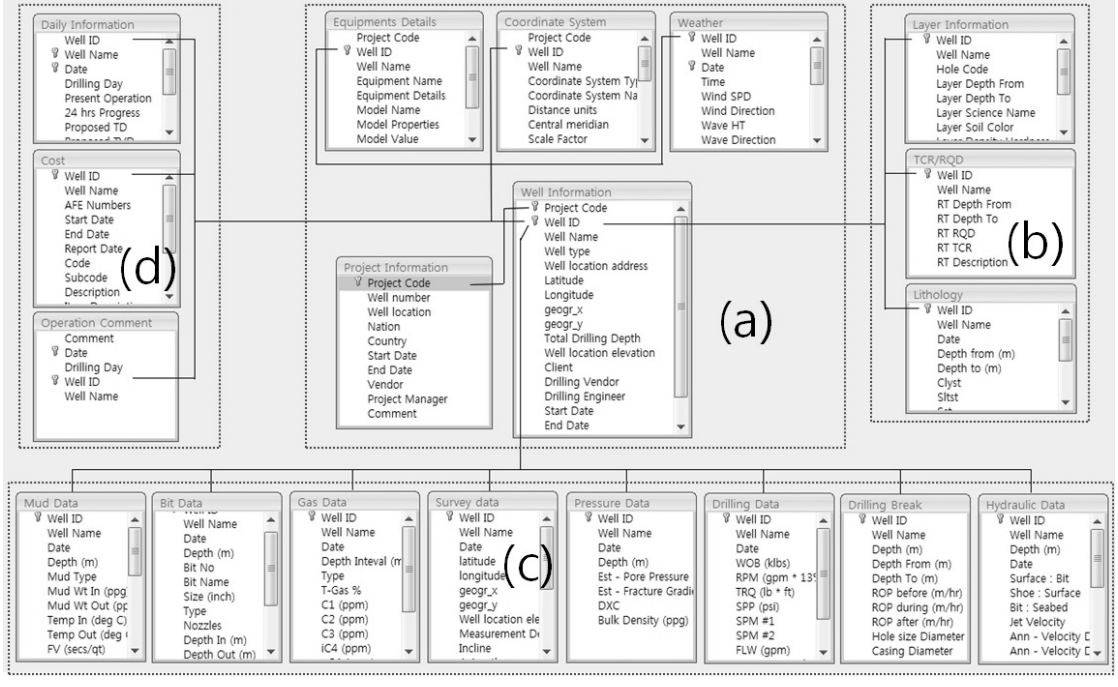

Fig. 3. Schematic representation of the drilling database structure suggested in this study.

이 뛰어난 Access Database(.mdb)를 채택하여 Visual Basic.NET으로 개발한 사용자 인터페이스와 효과적으로 연동될 수 있도록 하였다. Fig. 4는 DrillerGeoDB 프로그램의 개략적인 구조를 보여준다. 석유시추 현장에서 발생되는 각종 정보들은 DrillerGeoDB 프로그램을 이용하여 손쉽게 데이터베이스의 형태로 저장될 수 있으며, 필요한 정보를 데이터베이스로부터 검색하고 활용할 수 있다.

DrillerGeoDB 프로그램의 기능 및 사용자 인터페이스

DrillerGeoDB는 앞에서 수행된 정보요소 특성화된 결과를 반영하여 데이터를 효율적으로 관리할 수 있도록 설계하였다. 데이터의 성격과 종류에 따라 4개의 폼으로 나누어 구성하였으며, 각 폼은 프로젝트 코드와 시추공 번호를 입력하여 데이터를 관리할 수 있도록 하였다.

Fig. 5는 프로젝트 일반 정보와 시추공 정보, 날씨정보를 확인할 수 있는 사용자 인터페이스를 보여준다. 초기

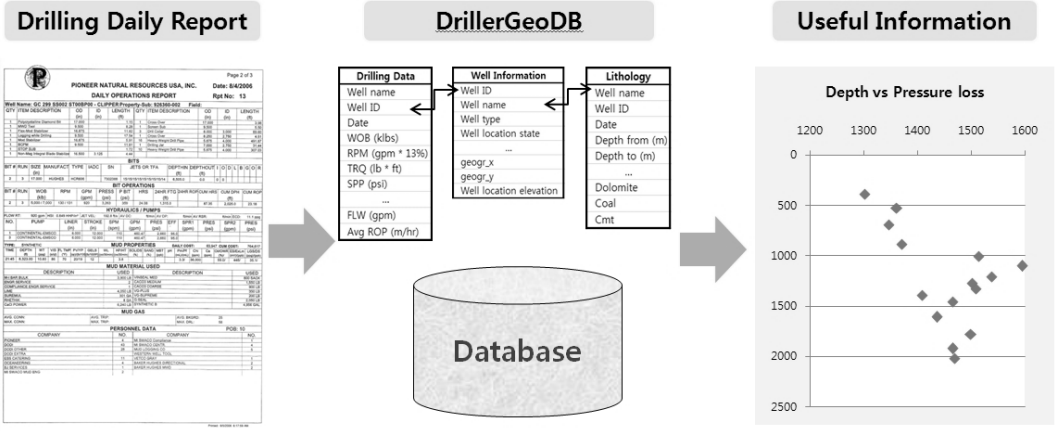

Fig. 4. Architecture of DrillerGeoDB.

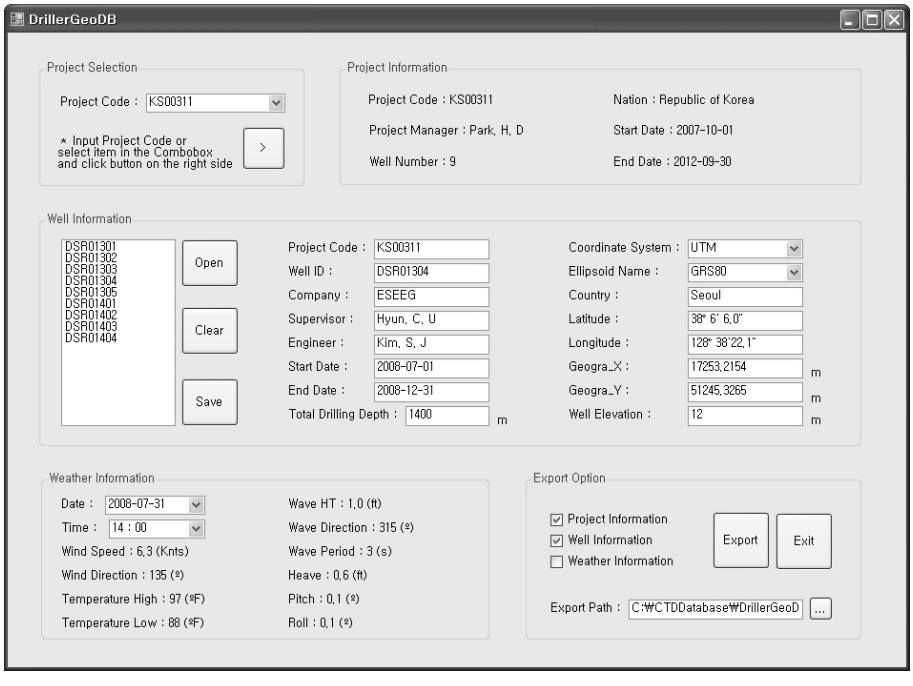

Fig. 5. User Interface of DrillerGeoDB for searching well information.

화면에서 프로젝트 코드를 입력하면 프로젝트 관리자, 프로젝트 시작/종료 날짜, 국가 그리고 시추공 개수 등의 프로젝트 일반정보를 확인할 수 있으며, 프로젝트에 속해 있는 시추공 ID가 인터페이스 좌측 중앙부에 표시된다. 리스트박스에서 특정 유정을 선택하면, 선택된 시추공 위치, 이름, 시추회사 및 담당자 정보 등을 사용자가 텍스트박스를 통하여 직접 입출력할 수 있다. 또한, 좌측 하단부에서 날짜와 시간을 선택하면 바람, 온도, 파도 등의 수치를 확인할 수 있으므로 시추작업 중의 날씨 변화와 영향을 파악할 수 있도록 하였다.

시추장비 창에서는 프로젝트에 속한 시추공에 따라 사용하는 시추 장비가 상이할 수 있음을 고려하여, 시추공 단위로 시추장비를 검색하여 선택할 수 있도록 인터페이스를 설계하였다. Fig. 6에서 사용자가 좌측 중앙부 리스트박스(listbox)에서 Coiled Tubing Drilling 관련 장비를 선택하면, 해당 장비의 여러 모델명이 나타나고, 모델명을 선택하면 그 모델의 속성과 typical value 등이 검색된다. 이러한 과정을 거쳐 사용자가 원하는 시추 장비의 모델을 손쉽게 선택할 수 있으며, Save 버튼을 클릭하면 선택한 장비에 대한 세부정보들을 저장할 수 있도록 구성하였다. 저장한 결과는 사용자의 편의를 고려하여 MS-Excel 형식의 spread sheet 파일(.xls)로 출력할 수 있도록 하였다.

시추/검층 정보창의 경우 좌측 상단부 콤보박스에서 프로젝트 코드와 시추공 고유번호를 선택하고 Open 버튼을 누르면 시추공 단위로 데이터를 확인할 수 있도록 설계하였다(Fig. 7). 다중 탭(tab) 형식으로 설계하여, 다양한 종류의 데이터 테이블을 구분할 수 있도록 하였고, 각 항목의 데이터를 도표 형식으로 출력하여 사용자가 쉽게 파악할 수 있도록 편의 기능을 구현하였다. 또한, 검층 데이터의 결과를 2차원 그래프로 나타내어 측정치의 변화 패턴을 파악할 수 있도록 하였으며, 사용자의 편의를 고려하여 그래프의 x축과 y축에 들어갈 요소를 선택할 수 있는 옵션을 두었다.

작업공정 평가창은 시추 현장 감독자가 시추 진행 상황이나 작업 공정, 비용에 대한 요약 정보를 입력할 수 있도록 인터페이스를 구성하였다(Fig. 8). 인터페이스의 상단에서 Proposed TD/TVD와 Current MD/TVD를 입력하면, 계획된 공정과 비교하여 실제 진행 상황을 파악할 수 있도록 하였고, 폼의 상단 우측편(Cost)에는 일일 공정비용을 입력하면 누적비용이 표시되도록 하여 작업비용 관리에 활용할 수 있도록 설계하였다. 또한, 중앙부에는 Activity 텍스트박스를 두어 여러 단계로 구성되어

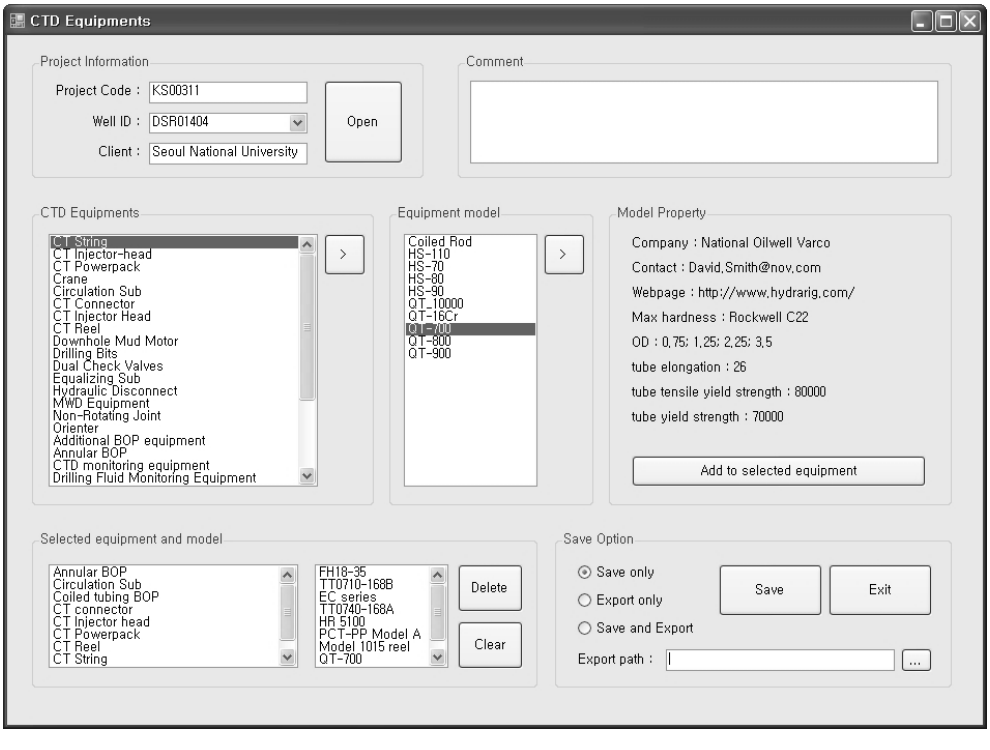

Fig. 6. User Interface of DrillerGeoDB for searching Coiled Tubing Drilling (CTD) equipments.

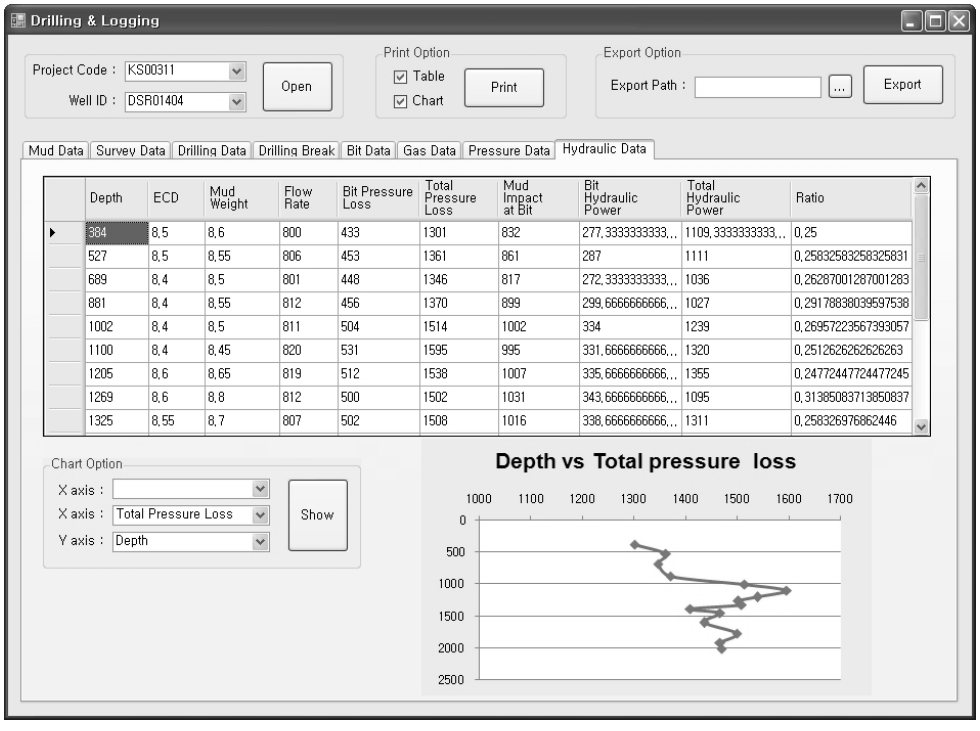

Fig. 7. User Interface of DrillerGeoDB for searching drilling and logging information.

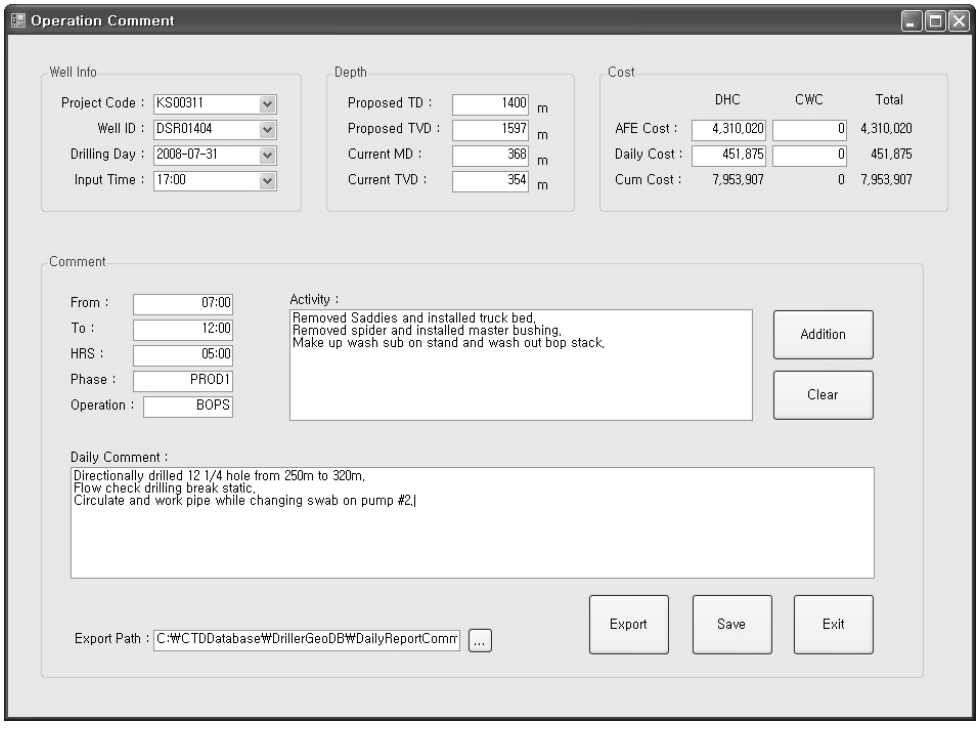

Fig. 8. User Interface of DrillerGeoDB for searching operational information.

있는 작업을 실시간으로 입력할 수 있도록 하였고, 일일 시추작업에 대한 종합적 정보를 Daily comment 창에 저장할 수 있도록 구성하였다. 이와 같이 작업공정 평가 폼에 입력된 정보들은 메모장 형태의 파일로 출력될 수 있으며 시추 작업 관리에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

결 론

본 연구에서는 석유시추 데이터베이스 시스템 개발의 기반연구로서, 데이터베이스를 구성하는 정보요소를 특성화하고, 시추정보의 체계적인 관리와 효율적인 재활용을 위한 데이터베이스 구조를 설계하였다. 국내외 석유시추 보고서와 소프트웨어, 해외의 선진 사례를 비교·분석하여 데이터베이스 정보요소를 크게 프로젝트 정보, 지층 정보, 시추 검층 정보, 공정 평가 정보의 4종류로 분류하였고, 데이터베이스를 구성하는 19개 테이블간의 관계를 설정하였다. 특히, 시추 장비 테이블에는 일반 시추 장비를 포함하여 최근 관심이 증폭되고 있는 Coiled Tubing Drilling와 관련된 장비와 모델, 속성 등을 추가적으로 수록하였다. 이를 토대로, Visual Basic.NET을 이용한 윈도우 기반의 프로토타입(prototype)의 데이터베이스 프로그램 DrillerGeoDB를 개발하였다.

DrillerGeoDB는 시추공 단위로 프로젝트 정보, 지층 정보, 시추/검층 정보, 공정평가 정보를 검색하고 관리할 수 있도록 구성하였고, 분류된 정보별로 인터페이스를 구성하여, 사용자가 손쉽게 이용할 수 있도록 차별화하였다. 또한, 간단한 입력 폼과 검색 기능을 제공하여 석유시추 작업자가 필요로 하는 정보를 요약하여 보여주며, 메모장이나 MS-Excel 파일의 형태로 자료를 출력할 수 있는 기능을 제공하여 다른 프로그램과의 자료호환이 가능하다. 또한, 시추공 단위로 사용자가 원하는 시추 검층 자료를 도표 형태로 제시하고, 그래프로 시각화함으로써 데이터베이스의 자료들을 유용한 정보로 가공할 수 있는 토대를 마련하였다.

본 연구는 석유시추 자료의 관리를 위한 데이터베이스 프로그램 개발의 기초 연구로서, 향후 보다 체계적이고 합리적인 데이터베이스 프로그램의 개발을 위하여, 데이터모델링을 통해 구조설계를 보다 구체화하고, 3D 시각화프로그램과의 연계 등 여러 프로그램과 호환이 가능하도록 설계할 예정이며, 테스트 베드 선정을 통해 현장 시추 자료의 구축 및 보완을 통해 DB의 정보량을 늘려갈 계획이다. 이를 통해 앞으로도 지속적인 개선이 이루어질 수 있을 것으로 판단되며, 제시한 데이터베이스 정보요소와 구조설계 결과는 향후 국가 석유시추 데이터베이스 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 기대한다.

사 사

본 연구는 2007년 에너지관리공단의 에너지·자원기술개발 사업(CTD 운영 모델링 기술 개발), 2단계 두뇌한국21 사업의 지원으로 수행되었으며, 또한 논문 작성은 서울대학교 공학연구소의 지원으로 이루어졌다.

참고문헌

대한광업진흥공사, 2004, 시추자료 표준화 및 메타데이터 DB 구축, p. 124.

한국건설기술연구원, 2001, 지반정보 DB 구축방안 및 발전방향, p. 99.

한국수자원공사, 2004, 국가지하수관측망 관리시스템 보고서, p. 411.

Bowie, R., 2003, “National Geological Records Center : A unique and important resource,” *BGS Earthwise*, Vol, 16, pp. 10-11.

BRGM, 2002, *BRGM ANNUAL REPORT 2002*, pp. 34-35.

British Geological Survey, 2008, “GeoRecords,” http://shop.bgs.ac.uk/GeoRecords/local_help.cfm?ln=EN, Cited 08 September 2008.

Chang, Y. S. and Park, H. D., 2004, “Development of a web-based Geographic Information System for the management of borehole and geological data,” *Computers & Geosciences*, Vol. 30, No. 8, pp. 887-897.

Corless, S., 1991, “Implementation of a Drilling Database System,” *Proceedings of SPE Asia-Pacific Conference*, Perth, Australia, 4-7 November (Paper No. SPE 23016).

D’Agnese, F. and O’Brien, G., 2003, “Impact of geoinformatics on the emerging geoscience knowledge integration paradigm,” In: Rosenbaum, M. S., Turner, A. K. (eds) *Characterisation of the Shallow Subsurface: Implications for Urban Infrastructure and Environmental Assessment*. Springer, Dusseldorf, pp. 303-312.

Dunn, M. D. and Payne, M. L., 1986, “Design, Specification and Implementation of Drilling Operations Database Program,” *Proceedings of SPE 61st Annual Technical Conference and Exhibition*, Orleans, LA, U.S.A, October 5-8 (Paper No. SPE 15360).

Geoinfo 지반정보, 2008, http://www.geoinfo.or.kr, Cited 05 September 2008.

Geological Survey of France, 2008, http://www.brgm.fr/donneeNumerique/detail.jsp?theme=B.DSS&pageActive=0&cook=1219307893606, Cited 05 September 2008.

Hatch, D. G. and Miller, E. L., 1983, “Computer Well Database – An Engineer’s Tool,” *Proceedings of SPE Middle East Oil Technical Conference*, Manama, Bahrain, March 14-17 (Paper No. SPE 11445).

McCammon, K. C. and Mackinlay, W. M., 1993, “The Development and Implementation of a Drilling Database : A Case Study,” *Proceedings of SPE Petroleum Computer Conference*, New Orleans, U.S.A, July 11-14 (Paper No. SPE 26257).

Sedlak, P., 2000, “Sources of Digital Geological Data in the CZECH REPUBLIC,” *Geographica*, Vol. 36, No. 1, pp. 65-70.

Thomson, S. M., 2000, “Well Construction and Intervention Engineering Using a Relational Database,” *Proceedings of SPE Asia-Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*, Brisbane, Australia, October 16-18, Paper No. SPE 64391.

Vahaaho, I., 1998, “From Geotechnical Maps to Three-dimensional Models,” *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 51-56.

서 장 원

현재 서울대학교 대학원 에너지시스템공학부 석박사통합과정
(本 學會誌 第45券 第3号 參照)

최 요 순

현재 서울대학교 대학원 에너지시스템공학부 박사과정
(本 學會誌 第45券 第3号 參照)

박 형 동

현재 서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부 교수
(本 學會誌 第45券 第3号 參照)