

S-57 전자해도의 GML 변환 및 데이터베이스 관리

전성환⁰ · 이성대 · 곽용원 · 박철현 · 박휴찬

한국해양대학교 컴퓨터공학과

xntk119@empal.com⁰ omega@hhu.ac.kr k2joe@hanmail.net arno78@bada.hhu.ac.kr hcpcark@hhu.ac.kr

GML Translation and Database Management of S-57 Electronic Navigational Charts

S.H.Jeon⁰ · S.D.Lee · Y.W.Kwak · C.H.Park · H.C.Park

Dept. of Computer Engineering, Korea Maritime University, Korea

요 약

S-57 포맷으로 기술된 전자해도는 바다에 대한 디지털 지도로서 해안선, 수심, 항로표시 등과 같은 다양한 정보를 표현하고 있다. 이러한 전자해도는 주로 선박의 항해라는 특수한 목적으로만 사용되어 왔고, 전용의 시스템을 통해서만 이용할 수 있는 단점이 있다. 또한, S-57이라는 특수한 포맷으로 기술되어 있기 때문에 다양한 활용이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 전자해도를 손쉽게 이용하고 해양정보시스템의 기반 데이터로 활용하기 위해서는 범용의 표준 포맷으로 변환할 필요가 있다. 이러한 범용 표준으로 OGC(Open Geospatial Consortium)에서는 지리정보를 효과적으로 표현할 수 있는 XML(eXtensible Markup Language) 기반의 GML(Geography Markup Language) 표준을 발표하였다. 이에 본 논문에서는 선박의 항해에만 제한적으로 사용되던 전자해도를 손쉽게 다양한 활용이 가능하도록 GML로 변환하고 관리하는 방법을 제안한다. 즉, S-57 포맷의 전자해도를 GML 포맷으로 변환하고, 변환된 GML을 데이터베이스로 관리하는 시스템을 설계하고 구현하였다.

1. 서 론

전자해도(ENC : Electronic Navigational Chart)는 해안선, 수심, 항로표시(등대, 부이), 위험물, 항로 등과 같은 바다에 대한 다양한 정보를 국제수로기구(IHO : International Hydrographic Organization)의 S-57 포맷에 따라 제작한 디지털 지도이다. 이러한 전자해도는 해양 지리정보로서의 유용성에도 불구하고 전자해도 표시시스템, 항해용 전자창고도, 혹은 어선 조업용 장치 등과 같이 특수 목적의 장비에서 주로 사용되고 있다. 하지만, 최근 해양에 대한 관심이 높아지면서 언제 어디서나 바다에 대한 정보를 이용하려는 사용자들의 요구가 증대되고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위하여 전자해도가 활용될 수 있음에도 불구하고 고가의 전용 장비나 브라우저를 구비해야 하는 문제 때문에 그 활용이 쉽지 않다. 또한, 전자해도는 특수한 S-57 포맷으로 기술되어 있기 때문에 다른 시스템과의 호환성이 떨어지고 다양한 활용에 많은 어려움이 있다.

이러한 어려움을 극복하기 위하여 본 논문에서는 전자해도를 범용의 표준인 GML로 변환하여 데이터베이스로 관리하고자 한다. GML은 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 제안한 표준으로서 다양한 지리정보를 효과적으로 표현하고 교환할 수 있는 표준이다. 또한, XML(eXtensible Markup Language)에 기반하고 있기 때문에 다른 시스템과의 호환성이 뛰어나고 인터넷을 통하여 손쉽게 활용할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는, 우선 S-57 포맷의 전자해도를 GML 포맷으로 변환한다. 변환된 GML 전자해도를 효율적으로 관리하기 위하여 데이터베이스에 저장한다. 저장된 데이터베이스에 대하여 사용자는 자신이 원하는 정보를 손쉽게 검색할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 변환 및 데이터베이스 시스템을 설계하고 구현하였다. 그 결과, GML에 의한 데이터 교환과 웹 접근이 용이해질 뿐만 아니라 데이터베이스에 의한 관리가 용이해지고 사용자의 사용 목적에 따라 다양한 활용이 가능하게 된다.

최근에는 GaldosSystem에서 S-57포맷을 GML포맷으로 변환하여

여러 응용 분야에 적용시키려는 연구가 진행되고 있고, ESRI의 ArcGIS 제품에서는 S-57 포맷을 XML로 변환해서 관계형 데이터베이스에 저장 및 표현하는 시스템이 개발되었다. 그리고 CNAVI 정보 기술에서는 자체 포맷인 cel포맷을 개발하여 S-57포맷을 cel 포맷으로 변환하고, PC 또는 PDA에 표현하는 전용의 브라우저를 사용해서 쉽게 전자해도를 보여주는 시스템을 개발하였다. 그러나 아직까지 S-57포맷을 GML포맷으로 변환해서 XML 전용 데이터베이스에 저장 및 관리하는 시스템은 현재까지 발표된 논문이 없는 것으로 알고 있다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구로서 S-57 전자해도, GML S-57 응용 스키마, XML 데이터베이스에 대하여 살펴본다. 그리고 3장에서는 전자해도의 변환, 전자해도 데이터베이스 구축, 사용자 검색질의에 대하여 설명한다. 4장에서는 구현한 시스템의 특징을 간략히 설명한다. 마지막으로, 5장에서 결론과 향후 연구과제에 대하여 논한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 S-57 전자해도의 구조와 지리정보교환 포맷으로 제안된 OGC의 GML에 대하여 살펴본다. 그리고 GML 데이터의 저장에 적합한 XML 데이터베이스의 특징에 대해서 살펴본다.

2.1 S-57 전자해도

S-57은 전자해도 등 해양 데이터의 표현 및 교환을 위한 표준으로서 국제수로기구가 2000년 11월에 버전 3.1을 공표하였다. S-57 데이터는 등대, 부이 등과 같은 현실세계의 실체를 표현하기 위한 특징(feature) 객체 및 그들의 위치 표현을 위한 공간(spatial) 객체로 구성되며, 각 객체는 식별자(identifier)와 어트리뷰트(attribute)로 구성된다[1]. 그림 1은 이러한 구조를 보여주고 있다.

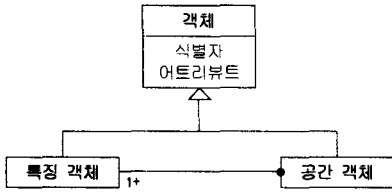


그림 1. S-57 객체의 구조

특징 객체는 데이터의 효율적인 교환을 위해서 4가지 범주로 구성되며, 특징 객체들의 종류와 의미는 표 1과 같다. 먼저 Meta 특징 객체들은 데이터의 정확도, 편집 범위, 수행 신빙성 등의 정보를 표현한다. Cartographic 특징 객체들은 라인, 심벌, 나침반, 문자열 등의 해도정보를 표현한다. Geo 특징 객체들은 등대, 항구, 부이 등의 실세계 실체들의 정보를 표현한다. Collection 특징 객체들은 데이터의 집합이나 연관관계 등의 정보를 표현한다.

표 1. S-57 특징 객체의 종류

특징 객체의 종류	특징 객체의 의미	예
Meta Object	다른 객체들에 대한 정보를 포함	데이터 정확도 : M_ACCY
Cartographic	텍스트를 포함한 실세계 엔티티의 지도 제작 표현에 대한 정보를 포함	텍스트 : \$TAXTS
Geo Object	실세계 엔티티들의 상세한 특징들을 포함	등대 : LIGHT
Collection Object	다른 객체간의 관계 기술	연관 : C_ASSO

공간 객체란 위도와 경도 좌표로 표현되는 위치 정보이다. 공간 객체를 표현하기 위한 방법으로 S-57에서는 벡터(vector), 래스터(raster), 매트릭스(matrix)의 3가지 모델을 제공한다. 공간객체 중 벡터 모델을 UML(Unified Modeling Language) 표현하면 그림 2와 같다. 벡터로 표현되는 정보의 형태는 Node, Edge, Face의 3가지이며, 실제 데이터에서는 점(point), 선(line), 면(area)으로 표현된다. 점은 위도와 경도 좌표를 가지는 한 지점의 위치 정보이며, 선은 점과 점의 연결, 면은 점들의 연결로 구성된 다각형 공간으로 표현된다[1].

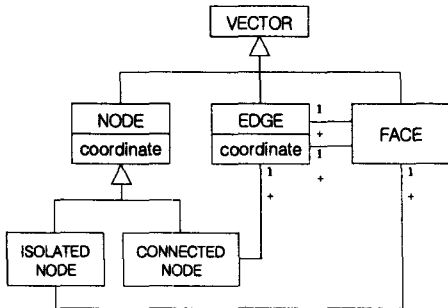


그림 2. S-57 공간객체 벡터 모델

S-57은 각 객체를 위한 식별자와 여러 가지 어트리뷰트들을 제공한다. 식별자는 해당 객체를 식별하기 위한 정보를 가지고 있으며, 어트리뷰트들은 해당 객체가 어떤 세부 속성을 가지고

있는지를 기술하며 여러 가지로 분류할 수 있다. 특징 객체 어트리뷰트는 특징 객체에 관련된 것을 정의하는데 색깔(COLOUR)과 같은 예를 들 수 있다. 국가언어 어트리뷰트는 국가언어정보(NINFORM)에 관련된 내용을 포함한다. 공간 메타 객체 어트리뷰트는 공간과 메타 객체에 관련된 내용을 가지는데 예를 들면 위치정확도(POSACC)와 같은 것이 있다. 어트리뷰트를 다음과 같이 분류할 수도 있다[1].

- Attribute_A : 객체의 개별적 특징을 정의하고 있다.
- Attribute_B : 데이터 사용에 관련된 정보를 정의한다.
- Attribute_C : 객체와 데이터에 대한 관리정보를 정의한다.

2.2 GML S-57 응용 스키마

GML은 지리정보의 저장 및 전송을 위하여 데이터를 구조화된 문서인 XML로 표현하며, OGC에서 2003년에 26개의 코어(core) 스키마를 가진 GML 3.0을 공표하였다[2]. GML 3.0에는 피쳐(feature) 스키마, 지오메트리(geometry) 스키마, 그 외의 부가적인 스키마들이 정의되어 있다. 피쳐 스키마는 피쳐 타입, 피쳐 식별자(fid), 이름, 설명과 같은 공통적인 어트리뷰트를 정의한다. 지오메트리 스키마에서는 지오메트리 엘리먼트를 정의한다. 즉, Point, LineString, LinearRing, Polygon, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon, 이들에 대한 Geometry Collection 및 Box를 제공한다. 그리고 XLinks 스키마는 Linking 기능을 지원하기 위한 Xlinks 어트리뷰트를 제공한다. 이러한 스키마 사이의 관계를 표현하면 그림3과 같다. 피쳐 스키마는 지오메트리 스키마를 참조하고 지오메트리 스키마는 XLinks 스키마를 포함한다[2].

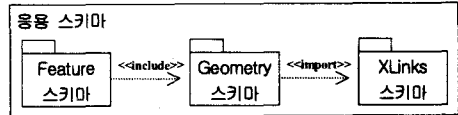


그림 3. GML 코어 스키마

코어 스키마를 어플리케이션에 적합하도록 확장한 것이 응용 스키마이다. 코어 스키마가 지리 정보를 표현하기 위한 기본적인 정의를 제공한다면, 응용 스키마는 실제 응용분야에서 사용할 타입이나 프로퍼티(property)를 정의해 놓은 스키마이다. 따라서, 개발자는 코어 스키마를 확장함으로써 손쉽게 GML 표준에 적합한 응용 스키마를 개발할 수 있다. 본 논문에서는 Galdos사에서 개발한 S-57 전자해도용 응용 스키마를 채택하였다. 그림 4는 그 구조를 보여주고 있으며, 각 스키마의 구성은 다음과 같다[3].

- Object.xsd : S-57 전자해도의 Object에 대한 정의.
 - Attributes.xsd : Attributes_A, B, C에 대한 정의.
 - AbstractAndSuperTypes.xsd : 추상 타입, 메타데이터.
 - SupportTypes.xsd : 기본적인 타입.
- 위의 4가지 응용 스키마와 코어 스키마에서 필요한 요소들만 모아서 gml4s57.xsd라는 파일이 만들어진다.

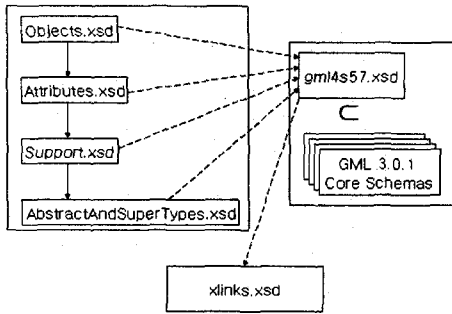


그림 4. S-57 응용 스키마 구조

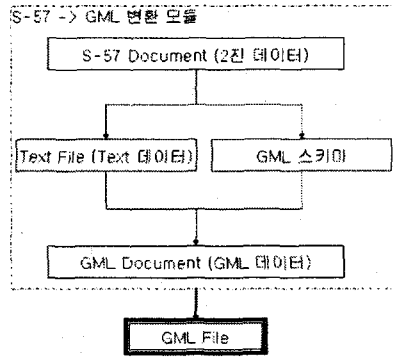


그림 5. S-57 전자해도의 GML 변환

2.3 XML 데이터베이스

XML은 1998년 W3C(World Wide Web Consortium)에서 정식표준으로 제정되었고, 사용이 간편하고 재사용성 및 확장성이 뛰어나다[4]. 이러한 장점으로 인해 XML은 전자거래, 전자인원서비스 등 많은 분야에서 활용되면서 웹상에서 유통되는 수많은 정보자원들과 메시지들을 XML 전자문서로 생성하고 있다. 따라서 업체에서는 이런 XML 전자문서들을 효과적으로 저장, 관리할 수 있는 데이터베이스가 필요하다고 인식하게 되었다. XML 데이터베이스 제품은 많은 업체에서 다양하게 제공하고 있는데 XML 데이터베이스의 특징에 따라서 다음과 같이 구분할 수 있다.

- XML 가능 데이터베이스(XML Enabled Database) : XML 문서와 문서구조를 지원하기 위한 확장을 제공하는 데이터베이스로서, 주로 데이터 중심의 애플리케이션 또는 데이터 중심의 문서용으로 사용될 수 있다. 대표적인 솔루션으로는 IBM의 DB2 XML Extender, Informix의 Web DataBlade, Microsoft의 XML for SQL Server 2005, Oracle의 Oracle 10g 등이 있다.

- XML 전용 데이터베이스(Native XML Database) : XML 문서에 대한 논리적 모델을 정의하고, 그 모델에 따라 XML 문서를 저장하고 추출할 수 있어야 한다. 저장하는 기본 단위로 특정한 물리적인 저장 모델을 요구하지는 않지만, 논리적인 저장 단위는 XML 문서이어야 한다. 대표적인 솔루션으로는 Software AG의 Tamino, X-Hive사의 X-Hive/DB, sonicsoftware 사의 eXtensible Information Server(XIS), lpedo사의 lpedo 등이 있다.

3. 전자해도 변환 및 데이터베이스 관리

전자해도는 S-57 포맷의 데이터를 정보교환을 위한 스펙인 IHO/IEC 8211에 따라 코딩한 이진 파일이다. 이는 전자해도에 포함되어 있는 유용한 해양지리 정보를 이용하는데 있어서 많은 걸림돌이 되어 왔다. S-57 전자해도를 보다 손쉽게 이용할 수 있도록 전자해도를 GML 응용 스키마를 따르는 GML 문서로 변환하는 프로그램이 필요하다. 본 장에서는 변환 프로그램에 관하여 설명하고, 변환된 GML 문서를 저장하고 관리하는 데이터베이스의 구조에 대해서도 설명한다.

3.1 S-57 전자해도의 GML 변환

전자해도를 위한 데이터 표준인 S-57은 객체 클래스(object class)들의 집합으로 구성된다. 객체 클래스는 지도상의 등대, 부이 등과 같은 지리적 특징 객체와 위치 정보를 나타내기 위한 공간 객체, 객체 식별자와 어트리뷰트로 구성된다. 이러한 S-57 전자해도를 GML로 변환하는 프로그램의 구성은 그림 5와 같다.

S-57 전자해도 이진 파일은 객체 클래스 단위로 순차적인 구조를 가지고 있으므로 S-57 전자해도 파일을 입력 데이터로 받는다. 먼저, 입력으로 받은 S-57 전자해도를 객체 클래스 단위로 분리하여 텍스트 문서로 변환한다. 텍스트 문서로 변환된 전자해도 데이터를 전자해도를 GML 응용 스키마에 적합한 GML 문서로 변환한다.

그림 6에서는 이러한 과정을 통하여 변환된 GML 전자해도 문서의 'RIVERS' 특징 객체의 일부를 나타내었다. 이 특징 객체는 어트리뷰트와 공간 객체로 구성되어 있으며 각각의 어트리뷰트는 S-57 전자해도가 가지고 있던 데이터 값을 가지고 있다. 변환 과정에서 데이터 값이 없는 빈 어트리뷰트는 삭제된다.

```

----Object class----
<gml:metaDataProperty>
  <FeatureRecordIdentifier>
    <group>2</group>
    <objectLevel>114</objectLevel>
    <recordVersion>1</recordVersion>
  </FeatureRecordIdentifier>
</gml:metaDataProperty>
<gml:metaDataProperty>
  <FeatureObjectIdentifier>
    <agency>280</agency>
    <featureIdentificationNumber>2869885</featureIdentificationNumber>
    <featureIdentificationSubdivision>1</featureIdentificationSubdivision>
  </FeatureObjectIdentifier>
</gml:metaDataProperty>
----Attribute class----
<STATUS>
  <status>
    <code>149</code>
    <idlist>1</idlist>
    <value>permanent</value>
  </status>
</STATUS>
----공간 객체 엘리먼트----
<gml:element>
  <gml:LineString>
    <gml:pos>'128.83478000';'37.81111900'</gml:pos>
    <gml:pos>'128.83478000';'37.81111000'</gml:pos>
  </gml:LineString>
</gml:element>
    
```

그림 6. 변환된 GML 전자해도

3.2 GML 전자해도의 데이터베이스 관리

본 논문에서는 GML 전자해도의 저장 및 관리, 사용자 질의를 효율적으로 처리할 수 있는 데이터베이스를 구축한다. 기존의 관계형 데이터베이스(RDBMS)는 XML과 기본 데이터 모델이 상이하기 때문에 XML 형식의 데이터를 저장하는데 많은 어

려움이 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위하여, 본 논문에서는 XML 전용 데이터베이스인 sonicsoftware사의 eXtensible Information Server(XIS)를 이용하여 GML 전자해도 데이터베이스를 구축하였다. 이러한 데이터베이스는 GML 전자해도를 체계적으로 저장할 수 있을 뿐만 아니라 사용자의 검색 질의를 효율적으로 처리할 수 있다. 그림 7은 이러한 GML 전자해도 데이터베이스의 저장 구조를 나타내고 있다. 기본적으로 Partition, GML Store, Directory, File 형태의 계층적 구조를 가진다.

- Partition : GML Store 그룹이 저장되는 장소.
- GML Store : 계층적 구조로 저장된 데이터의 최상위 Root 역할을 수행한다.
- Directory, File : Directory에는 Child Directory 또는 File 이 저장된다.

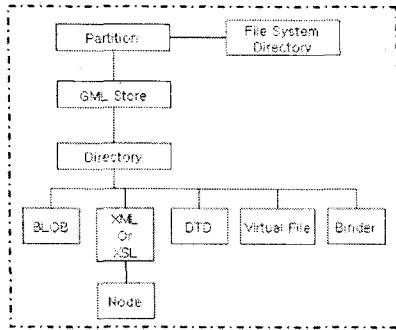


그림 7. GML 전자해도 데이터베이스

GML 데이터베이스에서 정보를 검색하는 방법에는 크게 구조 기반 검색과 내용기반 검색이 있다[5]. 먼저, 사용자 인터페이스를 통하여 전자해도에 대한 검색 질의가 입력되면, 이를 웹 서버에 전달한다. 웹 서버는 전달된 질의를 XPath와 XQuery를 이용하여 데이터베이스 서버에 요청한다. XPath는 W3C 표준으로서 다음의 기능을 제공한다[4].

- String, Number, Boolean 값을 다루기 위한 기본적인 기능을 제공한다.
- Uniform Resource Identifier (URI) directory navigation syntax와 Attribute value를 다루기 위한 non-XML syntax를 제공한다.
- 표면적인 Syntax 보다는 XML의 논리적인 구조로 추상화되어 작동한다.
- XML의 계층적인 구조를 조사하기 위해서 Path notation으로부터 이름을 가져온다.
- XML document의 섹션에 주소를 지정하여 필요로 하는 정보의 정확한 조각을 얻을 수 있도록 해준다.

예를 들어, 다음과 같은 XML이 있을 때

```
<nodes>
  <node>a</node>
  <node>b</node>
  <node>c</node>
</nodes>
```

두 번째 <node> 엘리먼트만 가져오고 싶을 때의 XPath는 다음과 같다.

```
<xsl:template match="/nodes/node[position()=2]>
```

그림 8은 이러한 GML 전자해도에 대한 질의처리 과정을 보여주고 있다.

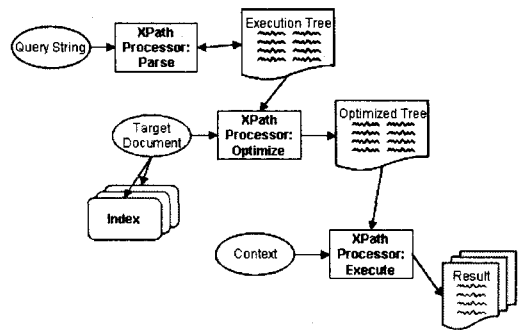


그림 8. GML 전자해도에 대한 질의처리

4. 시스템 구현 및 실험

S-57은 기본적으로 2진 형식으로 표현되어 있기 때문에 사용하는 목적에 따라 적절한 형태의 포맷으로 변환해야 한다. 본 논문에서는 우선 텍스트 파일로 변환한 후, 이를 다시 GML 파일로 변환하는 과정을 거친다. 그림 9에서는 2진 형식의 S-57 전자해도 데이터, 변환된 텍스트 파일, 최종적인 GML 파일을 보여주고 있다.

```
파일(E) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H)
#006512 0 00055 42040001000300URID00000356306445120 1
?? ?1?3?? ??1?B?? ??1?Y??00 玩??2?2? ??1?B?<부?
#1?B?<부? ?1?<부? ?1?Du?2?부? ?1?부? 1p ?1?00?부? ?1? ?1?4??
?1? 8? ?1??? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1?
?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1?
>1# 00?? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1? ?1?
```



```
파일(E) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H)
H_COUR;=GRUP-2;=0BJL-302;=RVER-1;=AGEN-200;=FIDN-2069070;=F
NINFDN
RECDAT
RECIND
SORDAT;199012
SORIND;KP,KP,CHART,C170-9012-1
<PDLVGOH>
'120.03931000';'37.01112000'
```



```
<gml:metaDataProperty>
  <FeatureRecordIdentifier>
    <group>2</group>
    <objectLevel>114</objectLevel>
    <recordVersion>1</recordVersion>
  </FeatureRecordIdentifier>
</gml:metaDataProperty>
<gml:metaDataProperty>
  <FeatureRecordIdentifier>
    <agency>200</agency>
    <featureIdentifier>2069070</featureIdentifier>
```

그림 9. S57 전자해도의 GML 변환 예

GML 파일을 XML 데이터베이스에 저장하고, 저장된 데이터베이스에 대하여 XPath를 이용하여 질의한다. GML 데이터베이스의 성능 향상을 위하여 실제로 데이터가 적재되어서 관리되는 Cache를 구동시킨다. 이러한 Cache에는 Non-Locking Cache와 Locking Cache의 2가지 타입이 있다. Non-Locking Cache는 오직 읽기만 가능하도록 만든 것이고, Locking

Cache는 읽기, 쓰기가 모두 가능하도록 만든 것이다. 그리고 성능 개선을 위하여 다수의 Cache를 사용할 경우, 부하 분산을 위한 Routing 기능을 사용한다.

그림 10에서는 GML 전자해도 데이터베이스의 구조를 보여준다. 3.2절에서 설명한 Partition, GML Store, Directory, File 형태의 계층적 구조를 왼쪽 창에서 보여주고, 오른쪽 창에서는 GML 문서에서 각 엘리먼트의 특성 및 값을 XML의 구조적인 형태인 트리형태로 나타내고 있다.

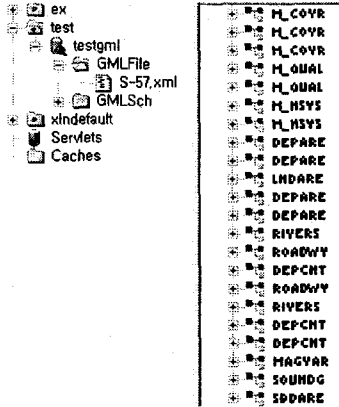


그림 10. GML 데이터베이스의 구조

GML 형태의 문서를 XSLT를 이용해서 표준화된 SVG 문서의 형태로 변환한다. 그리고 SVG 뷰어를 이용해서 전자해도 시스템의 웹 서비스를 제공하는 예를 보여준다[6].

그림 11은 다리 객체에 대해서 변환된 SVG 문서가 웹 브라우저를 통해 사용자에게 출력된 결과를 보여준다.

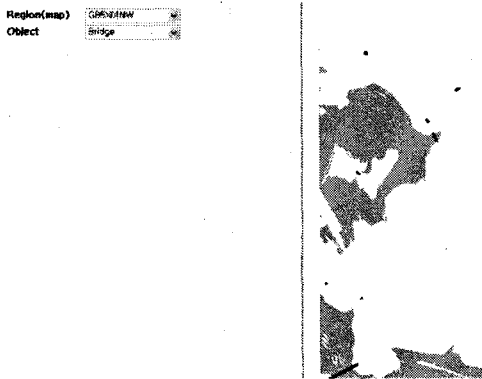


그림 11. 웹에서의 브라우징

5. 결 론

최근 들어, 육상의 지리정보 뿐만 아니라 바다의 지리정보에 대한 요구가 증대되고 있다. 또한, 지리정보시스템을 개발함에 있어서 범용의 표준을 채택할 필요가 있다. 이러한 요구에 따라, 본 논문에서는 S-57 포맷의 전자해도를 범용의 표준인 GML 포맷으로 변환한다. GML은 XML의 구조를 따르기 때문에 사용이 간편하고 재사용성 및 확장성이 뛰어나다는 장점으로 많은 분야에 적용할 수 있다. 변환된 GML 데이터 포맷의 전자해도를 효과적으로 저장하고 검색할 수 있는 데이터베이스를 설계하였다. 그 결과, 인터넷을 통하여 전자해도에 손쉽게 접근할 수 있을 뿐만 아니라 다른 정보시스템과의 정보교환도 용이하게 할 수 있다. 향후에는, 효과적이고 기능이 추가된 사용자 인터페이스를 개발하고, 다른 지리정보시스템과의 연계방안을 연구할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] IHO, IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data Version 3.1, Special Publication No. 57 (S-57), <http://www.iho.shom.fr>, 2000.
- [2] OpenGIS, Geography Markup Language (GML) Version 3.0, <http://www.opengeospatial.org>, 2003.
- [3] D. S. Burggraf, S-57 Schema and Related Tools, http://www.ukho.gov.uk/b2b_gml_home.asp, 2004.
- [4] W3C, Extensible Markup Language (XML) 1.1, <http://www.w3.org/TR/xml11>, 2006.
- [5] 이성대, 곽용원, 박휴찬, "객체관계형 데이터베이스에 기반한 XML문서 저장 및 검색 시스템의 설계 및 구현", 한국해양정보통신학회논문지, 제7권, 제2호, pp.183-193, 2003.
- [6] 감승철, 이성대, 곽용원, 박휴찬 "GML과 SVG를 사용한 웹 기반 전자해도 시스템의 개발", 한국해양대학교 부설 산업기술연구소 연구논문집, 제23집, pp.83-88, 2006.