

멀티빔 자료를 이용한 웹기반의 3차원 해저 지형 가시화

노대훈, 박요섭, 김학일
인하대학교 자동화 공학과

Web-based 3D Under water Visualization of Multibeam Echo Sounder Data

Daehoon Noh, Joseph Park, Hakil Kim

Dept. of Automation Eng., IINHA University.

E-mail : dhno@shinbiro.com, joseph@automation.inha.ac.kr, hikim@inha.ac.kr

요 약

멀티빔 음향 측심기(Multibeam Echo Sounder)는 탐사선에 수직방향으로 해저면을 주사(Swath)하여, 한번의 송수신(Ping)으로 다중의 빔자료를 얻을 수 있는 측심기로, 해저면에 반사되어 되돌아오는 음파의 음압을 기록하고, 사이드 스캔 소나 자료도 동시에 취득하는 기능을 가지고 있으므로, 측심된 해저 지형(Bathymetry)과 해저 지형을 덮고 있는 해저면의 퇴적 상황(Sediment Environment)도 동시에 얻을 수 있는 다목적 측심기이다.

본 논문에서는 L3사의 Sea Beam 2100 멀티빔 음향 측심기를 통해 얻은 자료를 처리하여, 3차원 공간 데이터인 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하고, VRML을 이용한 웹상에서의 해저 지형 가시화를 통해, 세계 어느 곳에서나 웹을 통하여 쉽게 정보를 공유할 수 있는 3차원 해저 지리 정보 시스템의 구현을 목적으로 한다.

멀티빔 음향 측심기를 통해 얻어진 자료는 항해 자료 보정, 음속 보정, 빔 좌표 계산과 분리, 오측심 자료 제거, 조석 보정 등의 단계를 거쳐 측심자료의 정확도 및 신뢰도를 높이는 과정을 거치게 된다. 보정된 멀티빔 음향 측심자료는 무작위 점 사상(Point Topology)으로 산재 되어 있는 빔 자료를 임의의 단위영역으로 변환하는 과정을 거쳐야 하는데, 이 과정을 격자화라고 한다. 자료의 격자화를 통해 3차원 공간 데이터인 DEM 파일을 제작하고, 이 DEM 파일과 음압 영상을 이용해 웹상에서의 3차원 해저 지형의 가시화를 실현한다. 웹상에서의 3차원 지형 가시화에서 방대한 양의 지형 데이터는 데이터 전송 시간과 렌더링 시간에 치명적인 문제이다. 따라서 렌더링 시간과 데이터 전송 시간을 단축시키기 위한, 지형 자료의 LOD(Level of Detail)를 통해, VRML을 이용한 보다 효과적인 웹상에서의 3차원 해저 지형의 가시화를 실현한다.

I. 서론

최근까지도 과학과 공학의 여러 분야에서 3차원 공간에 분포되어 있는 자료의 관찰 및 측정 결과가 주로 2차원 그림이나 통계적인 도표로 표현되어 왔다. 이러

한 표현들이 제공하는 추상적인 수치나 통계학적인 자료들의 나열은 비전문가 뿐만 아니라 전문가들도 이해하는데 많은 시간과 노력을 요구한다. 그러나, 다양한 정보의 급속한 증가에 따라 효과적으로

자료를 분석하고 확인할 수 있는 방법에 대한 요구가 증가되었고, 90년대 들어서 값싼 메모리, 빠른 처리속도, 고해상도 그래픽 기능 등을 갖춘 컴퓨터 시스템의 도래로 인하여 이제껏 값비싼 특수 목적의 대형 컴퓨터에서만 가능했던 3차원 공간 자료의 표현 및 도시가 퍼스널 컴퓨터에서도 가능하게 되었다.

최근 육상 지리정보시스템에서 뿐만 아니라 해양환경 및 해저 지형정보시스템에 대한 중요성이 증가함에 따라, 국내에서는 국립해양조사원을 비롯하여, 해양연구소, 자원연구소 등에서 해저 지형을 소해탐사할 수 있는 다중빔 음향측심기를 운용하여 탐사를 진행하고 있으며, 이로부터 나오는 대량의 해저 측심 자료를 2차원 도면화 및 해도화 하려는 사업을 추진 중에 있다. 그러나, 이러한 해저지형에 대한 3차원 시각화 방안 및 해저지형 환경에 대한 이해를 극대화 시킬 지형 분석을 위한 도구들에 대한 연구가 미비한 실정이다.

오늘날 인터넷의 활용이 일반화 되어 가고, 특히 웹은 네트워크 사용자가 전세계의 분산된 정보를 쉽고 빠르게 접근할 수 있도록 하는 매우 효과적인 정보 공유의 형태를 제공한다. 더 나아가 웹에서 기존의 2차원 정보를 뛰어 넘는 3차원 정보의 요구가 커지고[1], 컴퓨터의 성능의 향상과 더불어, 인공위성 영상 및 멀티빔 음향 측심기 등을 통하여 지형 자료의 획득이 용이해지면서 인터넷 상에서 지형의 가시화 및 동영상화에 대한 관심이 증가하고 있으므로 VRML을 이용한 해저 지형의 가시화가 중요성을 갖는다 할 수 있다.

멀티빔 음향 측심기를 통하여 얻은 자료의 가시화 및 동영상화는 그림1과 같이 멀티빔 음향 측심 자료의 취득, 자료의 처리 및 보정, 격자화, 마지막으로 해저 지

형의 가시화의 4단계를 거쳐 이루어진다.

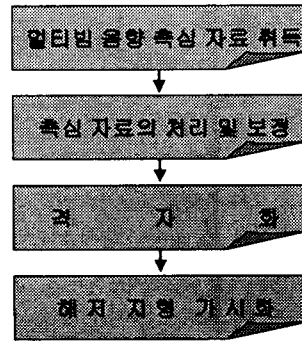


그림 1 해저 지형 가시화 과정

멀티빔 음향 측심기는 수심 뿐 아니라, 해저면에 반사되어 되돌아오는 음파의 음압을 기록하고, 사이드 스캔 소나 자료도 동시에 취득하는 기능을 가지고 있으므로, 측심된 해저 지형(Bathymetry)과 해저 지형을 덮고 있는 해저면의 퇴적 상황(Sediment Environment)도 동시에 얻을 수 있는 다목적 측심기이다[4]. 그림 2에서는 멀티 빔 음향측심기의 측심원리를 보여주고 있다.



그림 2. 멀티빔 음향 측심기를 이용한 해저 지형 탐사 [5]

멀티빔 음향 측심기의 특성에 관하여는 참고문헌[2][3]을 참조하기 바란다.

멀티빔 음향 측심기를 통해 얻어진 자료는 향해 자료 보정, 음속 보정, 빔 좌표 계산과 자료 분리, 오측심 자료 제거, 조

석 보정등의 측심 자료 처리 및 보정 과정을 거치게 된다. 각 과정에 관한 세부적이 내용은 참고문헌[6]을 참조하기바란다.

II. 본론

1. 격자 대표값 선정

무작위 점 사상(Point Topology)으로 산재되어 있는 빔 자료를 임의의 단위영역으로 변환하는 과정인 격자화의 대표적인 방법으로는 평균값을 이용하는 방법(Averaging), 거리 반비례 가중 평균법(inverse distance weighted averaging)이 있다.[7] 본 논문에서 사용한 방법은 직하방 최근접 격자대표값 선정(Near Nadir Gridding)방법[6]으로 각 격자화 알고리즘의 정의는 다음과 같다.

1.1. 평균값(Averaging)를 이용한 격자화
 격자내의 수심값들의 평균을 대표값으로 취하는 방법이다. 평균을 이용한 격자화 방법은 다음과 같이 정의 된다.

$$Z_{new} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \quad (1)$$

여기서,

- Z_{new} : 새로운 대표값
- Z_i : 격자안의 수심값
- n : 격자안의 자료수

1.2. 거리 반비례 가중 평균법 (inverse distance weighted averaging)
 대표값을 취득하는 방법 중 격자로부터 근접한 거리에 가중치를 두어서 계산하는 방법으로, 격자의 중심으로부터 데이터까지의 거리에 반비례하게 가중치를 곱하여 대표값을 취득하는 방식을 말한다
 새로운 대표값 Z_{new} 는 다음과 같이 정의 된다.

$$Z_{new} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i / L_i}{\sum_{i=1}^n 1 / L_i} \quad (2)$$

여기서,

L_i : 격자의 위치와 측심 위치와의 거리

1.3. 직하방 최근접 격자대표값 선정 (Near Nadir Gridding) 알고리즘

멀티빔 음향 측심기는 직하방에서 멀어질수록 수중을 전파하는 음파의 감쇄와 입사각이 커짐으로 인하여 측정치의 정확성이 떨어진다는 특성을 이용하여, 직하방에서 얻어진 측심 값이 가장 정확한 수심을 반영한다는 가정하에, 식(3),(4)와 같이 격자내에 포함된 측심 값 중에서, 입사각(θ)이 직하방에 가장 가까운 측심 값을 그 격자의 대표값으로 취득한다. 직하방 최근접 대표값 선정 방법은 다음과 같이 정의된다.

$$Z = Z_{\theta_{min}} \quad (3)$$

$$\theta_{min} = \text{Min}(\theta_i) \quad (4)$$

여기에서,

i : 격자 내의 측심 값들의 인덱스(1,2,...,n)

1.4 격자화 결과 비교

평균값을 이용한 격자화 방법은 격자내의 격자값들을 평균화함으로서 원 측심 자료의 특성의 변화를 가져온다. 즉 원측심자료의 평균화를 통해 몽롱화(Blurring) 현상을 일으키게 된다.

거리에 반비례 가중 평균법을 이용한 격자화 방법의 경우는 격자의 중심에 가까운 경우 가중치를 주어 위와 같은 몽롱화 현상을 다소 감소시킬 수는 있었으나 격자의 위치와 샘플된 빔의 위치가 대단히 근접을 하면, 측심 자료의 통계적 특성을 변화시키는 단점이 있다.

직하방 최근점 격자 대표값 선정 알고리즘의 경우에는 격자대표 수심값에 정확성이 높은 직하방 근접법을 사용함으로써, 정확성을 높여줄 뿐 아니라, 자료의 통계치에도 변화를 주지 않는 장점이 있어 가장 실제에 가까운 DEM 데이터를 얻을 수 있었다.

2. 해저 지형 가시화

지형 데이터의 인터넷상에서 가시화에 관한 연구는 국내에서는 시작 단계이지만 [8], 국외에서는 활발하게 이루어지고 있다.[5][9-13]

멀티빔 음향 측심기로부터 얻어진 격자화된 데이터는, DEM(Digital Elevation Model) 데이터를 VRML 파일로 변환시켜주는 번역기를 제작하여 3차원 해저 지형의 가시화를 실현하였다. 이렇게 지형 데이터를 VRML 형식의 파일로 제작하는 과정에서 후방 음압 영상을 이용한 텍스처 매핑, 렌더링 등의 과정을 거치게 되고, 인터넷 상에서 해저 지형의 원활한 가시화를 위한 LOD(Level of Detail)를 구현한다.

2.1 렌더링 및 텍스처 매핑

VRML파일로 변환된 지형 데이터는 렌더링 및 텍스처 매핑 과정을 거쳐 실제감을 부여해 주게 된다.

텍스처 매핑 과정은 육상의 경우 인공 위성에서 얻어진 영상이나 항공 사진 등의 영상을 이용하여 지형 모델에 텍스처 매핑을 실시한다. 하지만 해저 지형의 경우에는 이러한 영상을 얻을 수 없기 때문에 사이드 스캔 소나(Side Scan Sonar) 또는 멀티빔 음향 측심기의 후방 산란 음압 데이터를 통해 얻어진 영상을 이용한다.

본 연구에서는 멀티빔 음향 측심기의

후방 산란 음압 영상을 텍스처로 이용해 3차원 수치지형 모델 위에 매핑 시키는 과정을 수행하였다. 멀티빔 음향 측심기로부터 얻어진 후방 산란 데이터를 위에서 소개한 격자화 방법을 이용하여 해저 지형 모델과 같은 방법으로 격자화를 실시하여 해저 지형 음압 영상 데이터를 획득하였다. 이렇게 얻어진 음압 영상 이미지를 이용해 지형 모델 각 픽셀에 격자화된 음압의 강도 값을 부여하는 방법으로 텍스처 매핑을 실시하였다. 그림3은 3차원 해저 지형에 음압 이미지를 텍스처 매핑한 결과이다.



그림 3 음압 이미지를 이용한 텍스처 매핑

2.2. LOD(Level of Detail)

VRML을 이용한 인터넷 상에서 3차원 지형을 실시간으로 가시화하기 위해서는 방대한 양의 해저 지형의 데이터는 치명적인 문제이다. 따라서, 3차원 해저 지형의 가시화를 위하여, 렌더링 시간 뿐만 아니라 데이터의 전송시간을 줄이기 위해서, LOD (Level Of Detail)를 이용한다. 시점으로부터 먼 곳의 지형을 표현할 때는 보다 낮은 LOD를 이용해 간략화 된 지형으로 표현을 하고, 점차 시점으로부터 가까워짐에 따라 상세한 LOD를 이용해 보다 상세한 지형을 표현하는 방법이다.

격자화된 지형의 LOD를 위하여 가장 많이 사용하는 방법은 QuadTree Method [9-11][13]로 원래의 격자화된 데이터를 이용해, LOD가 낮아짐에 따라 4개의 격자를 하나의 격자로 만드는 방법을 통해, 데이터를 1/4씩 줄여나가는 방법이다. 그림4

는 QuadTree의 개념을 설명하고 있다.

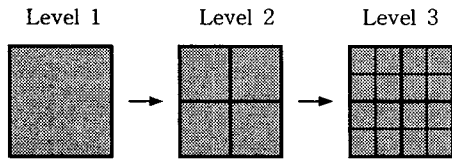


그림 4 QuadTree의 개념

VRML을 이용해 QuadTree 알고리즘을 구현하기 위해서는 Tree와 Tile의 개념을 이해해야 한다. 여기에서 Tile이란 각각의 LOD단계별 실제 지형 데이터를 가지고 있는 *.wrl형식의 VRML파일이다. 이렇게 각 단계별로 만들어진 지형 데이터는 각각의 LOD 단계별 타일간의 연결 관계를 명시해줄 필요가 있는데, 이러한 역할을 하는 파일이 바로 Tree파일이다. 그림5은 Tree와 Tile의 개념을 나타내고 있다.

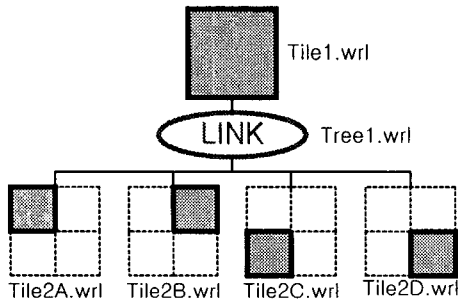


그림 5 Tree와 Tile의 개념

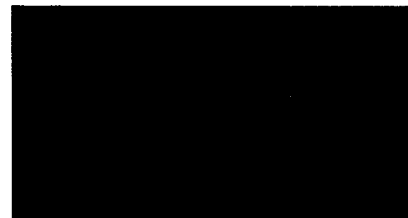
이렇게 만들어진 Tree와 Tile 구조에서 사용자가 인터넷 상에서 3차원 지형 데이터를 VRML 브라우저를 이용해 가시화하기 위하여 처음에 전송 받는 파일은 Tree1.wrl 파일이다. 이 파일에는 부모 타일인 LOD1단계의 파일의 인터넷상에서의 경로와 파일명, 자식 타일인 LOD2 단계의 파일 4개의 경로와 파일명에 대한 정보가 들어있다. VRML 브라우저는 우선 부모 타일을 전송 받아 지형 가시화를 실시하

고, 거리가 가까워짐에 따라 상세도 단계가 높아지면 자식 타일 4개를 새로 전송을 받아 지형을 가시화하게 된다.

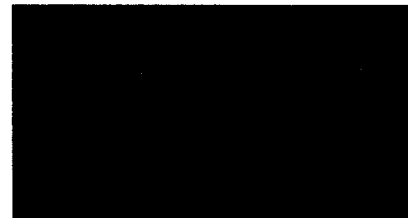
위와 같은 방법으로 관찰자의 시점이 점차 가까워짐에 따라 높은 상세도의 지형을 가시화하는 과정을 반복하게 된다.

3. 결과

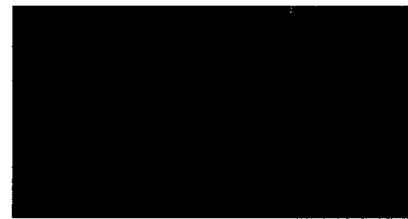
그림6는 다음은 각 거리에 따른 다른 LOD를 적용한 3차원 지형의 렌더링 결과이다.



(A) Level 1



(B) Level 2



(C) Level 3

그림 6. 상세도에 따른 3차원 지형 모델

본 연구에서 사용된 멀티빔 음향측심자료는, 1996년 국립해양조사원 다목적 측량선인 해양2000호에 탑재된 Sea Beam 2100을 운영하여 얻은 자료이다.

데이터의 탐사 영역은 위도 37도에서 36도 30분, 경도 129도 50분에서 130도 10분 사이이고, 탐사 자료량은 404MB, 3,833,280 빔 이었다.

데이터의 격자화된 결과는 다음과 같다. 데이터를 가로, 세로 100m 간격으로 격자화를 실시하여, 3단계의 QuadTree LOD를 적용하였을 때, 생성된 VRML 파일의 사이즈는 1단계의 경우 1.275kb이고, 2단계의 317kb, 3단계의 77kb로 각 단계별로 1/4의 사이즈로 줄어들었다. 따라서, 3차원의 해저 지형을 인터넷을 통해 가시화 시키기 위해서는 처음에 3단계의 데이터를 전송을 받아 렌더링을 실시함으로써, 원 데이터를 사용할 때에 비해서 전송시간과 렌더링 시간을 1/16로 줄일 수 있었고, 거리가 가까워짐에 따라, 상세도가 높은 데이터를 전송 받아 렌더링을 실시함으로써 좀더 세분화되고 자세한 지형 정보의 가시화를 수행하였다.

III. 결론

본 논문에서는 멀티빔 음향 측심기로부터 얻어진 데이터의 자료 처리 및 보정 과정을 거쳐 측심 자료의 신뢰성을 높이는 단계와 멀티빔 음향 측심기의 특성을 이용한 격자화 방법인 직하방 최근접 격자대표값 선정(Near Nadir Gridding) 과정을 거쳐, VRML을 통한 인터넷상에서의 해저 지형 데이터의 3차원 가시화를 실현하였다. 가시화 과정에서 방대한 분량의 지형 자료의 전송 시간 및 렌더링 시간의 단축을 위한 QuadTree 기법의 적용을 실현하였다.

향후과제로서, QuadTree를 구현시 단계별로 일정한 상세도를 갖는 구조가 아닌, 같은 단계 내에서도 부분별로 다른 상세도를 갖는 QuadTree의 구현에 관한 연구를 진행할 예정이다.

IV. 참고문헌

- [1] 오유천, "인터넷에서 3차원 형상 정보의 가시화", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1997
- [2] SeaBeam Inc., Multibeam Sonar Theory of Operation, SeaBeam Instruments Revision -A, 1997.
- [3] Kushal Talukdar, William Capell, Christos Zabounidis, "Sidescan Survey Results from a Multibeam Sonar System - Sea Beam 2000," Marine Geodesy, Vol. 15, pp.63-79, 1992.
- [4] Stephen P. Miller, William J. Capell Sr., "Multibeam Sonars : Families For Multi-Mission Vessels," Sea Technology, pp.10-15, June 1993.
- [5] <http://chartmaker.ncd.noaa.gov/ocs/bayhydro/index.htm>
- [6] 박요섭, 김학일, "수심에 기반한 멀티빔 음향측심필터와 격자 대표값 선정알고리즘", 해양 정보통신 공학회, 1999년도 추계종합학술대회 Vol.3 No.2, pp260 - 265.
- [7] 박요섭, "다중 빔 음향 측심 자료 처리를 위한 해저면 매핑 시스템 개발", 인하대학교 공학 석사 학위 논문, 1996.
- [8] 한능우, 인터넷에서 VRML을 이용한 DEM의 3차원 가시화, 한국과학기술원 석사 학위 논문, 1997.
- [9] Martin Reddy, Yvan Leclerc, Lee Iverson and Nat Bletter, "TerraVision II: Visualizing Massive Terrain Databases in VRML", IEEE Computer Graphics and Applications, March/April 1999, pp 30 - 38.
- [10] Volker Coors, "Integrating Levels of Detail in a Web-based 3D-GIS", ACM GIS '98 11/98, pp40-45.
- [11] Masatoshi ARIKAWA, "Real-Time Spatial Data Management for Scalable Networked Augmented Virtual Spaces", IEICE TRANS. INF. & SYST., VOL E82-D, NO. 1 January 1999.
- [12] Iain M. Brown, "A 3D User Interface for Visualization of Web-Based Data-Sets", ACM GIS '98 Washington, D.C., pp100-105.
- [13] Geovrml, <http://www.geovrml.org>