



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

원격탐사로 획득한 3차원 해저지형의
실시간 디스플레이를 위한 클라우드
컴퓨팅 기술의 활용



2014년 2월

부경대학교 산업대학원

전산정보학과

이 중 훈

공 학 석 사 학 위 논 문

원격탐사로 획득한 3차원 해저지형의
실시간 디스플레이를 위한 클라우드
컴퓨팅 기술의 활용

지도교수 박 만 곤

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2014년 2월

부경대학교 산업대학원

전산정보학과

이 중 훈

이 논문을 이종훈의 공학석사 학위논문으로 인준함

2013년 12월 18일



주 심 공학박사 김 영 봉 (인)

위 원 이학박사 이 경 현 (인)

위 원 이학박사 박 만 곤 (인)

목 차

표 목 차	iii
그 립 목 차	iv
Abstract	vi
1. 서론	1
2. 해양탐사 시스템의 개요	4
2.1 심해탐사	7
2.2 인공위성을 이용한 원격탐사	10
2.3 ARGO Float을 이용한 원격탐사	13
2.4 원격탐사를 통해 획득된 데이터의 처리	18
3. 클라우드 컴퓨팅 기술	20
3.1 클라우드 컴퓨팅의 정의	20
3.2 클라우드 컴퓨팅의 종류 및 장단점	21
3.3 클라우드 컴퓨팅 기술의 적용 목적	24
4. 해저관측 시스템과 3차원 해저지도 제작 과정	25
4.1. 3차원 해저지도 제작 과정	25

4.2. 3차원 해저지형 실시간 디스플레이를 위한 데이터의 재구성	27
4.3 해저지형 데이터의 분석	31
4.4 위도, 경도 좌표와 측정 수심 값의 이용	33
5. 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용한 탐사 데이터의 관리 및 제공	37
5.1 클라우드 데이터 센터에서의 측정데이터 기록 및 관리	37
6. 결론	41
참 고 문 헌	43
감사의 글	46



표 목 차

<표 1> 국가해양기본도조사 2차	10
<표 2> 해양관측위성 정보	12
<표 3> Argo 관측자료 처리시스템	16
<표 4> 클라우드 컴퓨팅의 주요 개념	21
<표 5> 클라우드 참조 모델 (프레임워크)	23
<표 6> Face Index의 공유	29
<표 7> 수심과 관련한 NMEA 0183 표준	35



그 립 목 차

<그림 1> 연안정지관측 위치도	4
<그림 2> 정선관측지점_위치도	5
<그림 3> 마리아나 해구의 위치	8
<그림 4> 국가해양기본도조사 1차	9
<그림 5> Argo Float의 자료획득 과정	15
<그림 6> Argo Floats 현황 (Sep. 2013)	16
<그림 7> ARGO 관측현황	17
<그림 8> Argo Float Data에서 획득한 수온-염류의 해수특성	17
<그림 9> Argo Float Data로 계산된 중층 유속과 유향	18
<그림 10> 동해의 평균 흐름	18
<그림 11> 3차원 해저 지도 제작 과정과 실시간 업데이트 프로세스	25
<그림 12> 실시간 3차원 해저지형 시스템의 구현 및 업데이트	26
<그림 13> 해도색인도 KR264 (비규격)	27
<그림 14> IHO S-57 항만도, KR5 (규격)	27
<그림 15> Grid Map에서의 Vertex Order	28

<그림 16> 2차원 전자해도	30
<그림 17> Simplified Grid Map (3D)	30
<그림 18> 규격화된 지도의 구성	30
<그림 19> 수심 데이터 획득 및 지도 검색	32
<그림 20> 실시간 3차원 디스플레이 프로세스	36
<그림 21> 클라우드 시스템 내부의 데이터 처리	39



Application of the Cloud Computing Technology for a Real-time Display of 3D
Bathymetry Observed by Remote Sensing

Jong-Hoon Lee

Department of Computer and Information
Graduate School of Industry
Pukyung National University

Abstract

Recently utilization of remote sensing exploration and cloud computing has been extended to efficient measurement, store, and update of bathymetry map data according to cloud computing technology. In the field of real ocean, water depth measurements and measurement data management, distribution, and display equipment for the development and dissemination have generated a lot of time and cost. To improve these problems, through real-time three-dimensional display system at this location, we can determine the importance of measurement activities, and reduce the time and cost of measurement activities. Data measured from marine probe vessels and remote sensing exploration equipments and other various channels can be handled and managed. In this paper, we propose a realtime three-dimensional display system through the depth measurements from remote sensing exploration. Cloud storage system always has the latest data can be maintained, but also change and future prediction analysis is also expected to be of value-added services. The proposed real-time three-dimensional display system can be effectively applied in the field of measurement of the topographical survey of the land as well as bathymetry of the sea.

1. 서론

최근 육상자원을 대체하고 광물자원의 안정적인 공급을 위해 국제적으로 지구 표면의 70.8%를 차지하고 있는 해양을 개발하기 위한 연구와 개발이 점점 증가하고 있다. 또한 조력, 조류발전 및 파력, 해양 온도차 발전 등 대체 에너지원으로써 바다 에너지가 활용되고 연구의 대상이 되어 왔다. 이러한 바다 자원을 확보하고 바다에 대해 정확히 이해하기 위해서는 해양탐사가 필수적이다[6].

해양탐사는 다양한 관측선에서 해양관측기기를 이용하여 해양의 특성과 현상을 파악하기 위해 다양한 방법으로 자료를 얻는 것을 말한다. 해양탐사는 해양물리학, 해양지질학, 해양생물학 등 과학 분야와 그 외 필요에 따라 다른 자료를 수집하고 연구한다. 해양탐사는 배를 타고 직접 바다에 나가 바다 속에 관측기기를 넣어 탐사하는 방법과, 잠수정을 타고 심해까지 들어가 해저 지형이나 생물 자원, 퇴적물 등을 조사하는 방법이 있으며, 인공위성을 이용하여 단시간에 넓은 영역의 자료를 얻는 방법 등이 있다. 해양조사선에서 수행하는 해양탐사에서 이용하는 관측기기로는 수온과 염분을 측정하는 온도계, XBT(eXpendable Bathythermograph), CTD(Conductivity, Temperature, and Depth) 등이 있고, 해류를 관측하는 관측기기로는 해류병, 초음파식 유속계(ADCP) 등이 있다. 원격탐사에서 이용하는 해양관측기기로는 적외선을 이용한 해수면 표면 복사온도 등을 관측하는 인공위성과, 해상이나 해수면에 뜬 상태로 해류, 해수온도, 염분 등을 관측하는 글라이더(Glider), 부이(Buoys), ARGO float (Array for Real-time Geostrophic Oceanography float) 등이 있다[18]. 해양조사선을 이용한 해양탐사에는 측정이 이루어지는 현장에서 직접 자세히 관측할 수 있는 장점이 있지만 관측에 따른 많은 시간과 비용이 발생하고, 인공위성, Argo Float

등 원격탐사에는 광범위한 영역에 대한 측량이 이루어지는 대신 데이터의 밀집도, 정확성이 상대적으로 떨어질 수 있으며, Argo Float과 같은 원격탐사 기기의 특성상 배터리 등으로 운용함으로써 관측 수명이 제한적이며, 인공위성을 포함한 다양한 원격탐사 기기의 위치가 고정되어 있지 않는 등 관측기기의 검정 및 교정이 어렵거나 거의 불가능한 문제점이 있다[14].

본 연구의 목적은 해양 탐사 시간과 비용을 효율적으로 줄이고, 탐사 관측 자료의 고차원적인 해석과 능동적인 활용을 위한 GIS 기반의 실시간 3차원 디스플레이 시스템의 설계에 있다. 일반적으로 수심 0m인 평균 해수면에서 해저지형까지의 공간을 확보한 후, 해당 공간에 많은 관측 데이터를 거의 실시간으로 표시할 수 있는 시스템이 가능해진다. 해저지형의 실시간 디스플레이를 위해 그리드 맵 (Grid Map) 데이터 모델을 적용하였다. 관측 데이터가 표시되어야 하는 지점을 빠르게 찾기 위해 지도 데이터의 각 정점(Vertex)의 간격을 일정하게 배열하는 것이다. 그리드 맵 데이터는 위치 계산에는 용이할 수 있지만, 메모리 공간 활용 측면에서는 불리하며 디스플레이를 위한 처리시간 또한 많이 소요된다. 이러한 실시간 디스플레이 시스템의 사양적 한계를 이해하고 극복하고자 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용한 3차원 해양지도 데이터 변환 기능을 구현하기 위한 시스템을 제안한다. 클라우드 시스템의 스토리지에 모인 데이터는 관측 지점과 가장 인접한 정점을 찾아 관측 데이터를 보관함으로써 항상 최신의 데이터를 유지할 수 있으며, 또한 변화량 분석 및 미래예측의 부가 서비스도 가능할 것으로 예상된다. 관측용 실시간 디스플레이 시스템에는 간소화된 그리드 맵 (Simplified Grid Map)을 적용하여 보다 빠른 디스플레이를 가능하게 하고, 최종 엔드유저 단말기에는 3차원 형상을 가장 효율적으로 표현할 수 있는 Triangle-Strip을 적용하며, 정밀 모니터링을 위한 Full Grid Map 서비스로 구분 지을 수 있다.

2. 해양탐사 시스템의 개요

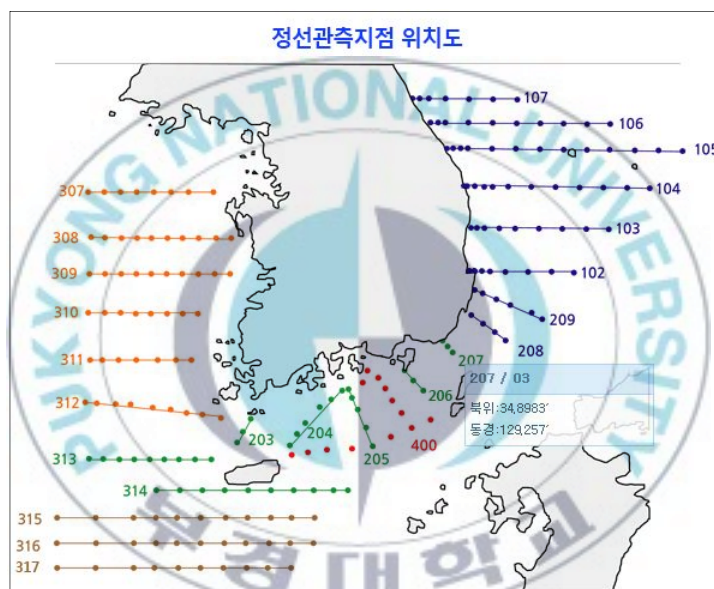
해양탐사는 크게 연안관측과 원양관측으로 나눌 수 있다. 바다와 육지가 서로 영향을 주고받는 연안은 서로 다른 자연환경이 만들어내는 독특한 공간으로서 동·식물과 수산물의 산란장과 서식지로서 생태적 가치가 매우 높은 해양생태계의 보고이자 수산, 항만, 임해공단, 산업단지 등 경제활동과 관광, 레저 활동 등 인간의 각종 활동이 직·간접적으로 이루어지고 있는 공간이다.

연안정지관측은 등표, 부표, 등대 등 고정된 시설물을 이용하여 수온과 조석, 해류 등을 측정한다. 전국 연안 34개소에 조사정점이 설치되어 있고, 매일 오전 10시에 관측한다. 장기간 연안 해황의 변동 조사 및 기후변동과 관련한 연안 수온의 관측 및 분석을 수행한다.[23]



<그림 1> 연안정지관측 위치도

정선관측지점은 해양조사선을 타고 바다로 나가 수온, 염분, 용존산소, 영양염류 등을 관측한다. 전국 25개선 207개 정점, 14개 표준 수층을 기준으로 반복 측정하며, 측정 주기는 매년 6회 (2, 4, 6, 8, 10, 12월) 관측한다. 중요 어족의 어장 형성, 기후변동에 따른 향후 수산자원 변동 예측 자료 등을 분석한다.



<그림 2> 정선관측지점_위치도

해양관측에서는 선박위치의 정확한 산출이 요구되기 때문에, 로란, 레이더, 자이로컴퍼스과 같은 항해계기가 필요하다. 해저지형에 관한 정밀한 정보를 얻기 위해서는 1만 m 이상의 측심능력(測深能力)을 가진 고성능의 음향측심기가 필요하다. 또 선박 자체에 대해서 요구되는 성능은, 악천후에서도 운항할 수 있도록 내파성(耐波性), 항속거리, 고속, 좋은 운동성 등이다. 이처럼 관측선에 대해서

요구되는 성능은 서로 모순되는 것이 많고, 또 최근에는 해양관측의 항목이 복잡해지기 때문에, 대형 다목적선이 아니면 중소형의 단능(單能), 한정 목적 선으로 구별하는 경우가 많다. 2013년 현재 한국의 해양관측선으로는 국립해양조사원 소속의 해양누리호, 해양2000호, 바다로1,2,3호, 남해로호, 동해로호, 황해로호 등이 있다. 해양관측장비로는 검조의, 다층해류관측기, 수심수온염분기록계, 위성 영상수신기, 유속계, 초음파 해류계 등이 있다[21].

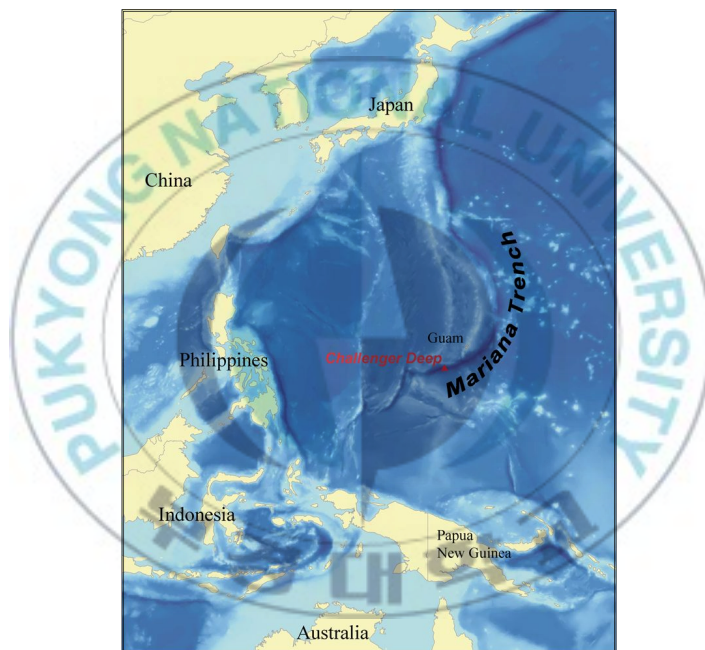
우리나라의 해양관측 관련 기구로는 국립해양조사원 소속의 한국지구관측그룹, I-GOOS, NEAR-GOOS, GLOSS 등이 운영되고 있다. GOOS(The Global Ocean Observing System : 지구해양관측시스템)는 해양 관측, 모델링, 그리고 해양 변수들의 분석을 위한 프로그램이며, 실시간 해양 자료를 제공하고 지속적으로 해양 상태를 관측하여, 기후 변화 예측을 위한 기초를 제공한다. 한국지구관측그룹(KGEO, Korea Group on Earth Observations)은 GEOSS 9개 편익분야가 극대화되도록 우리나라의 실정을 고려하여 재해, 보건의료, 에너지자원, 기후, 수자원, 기상, 생태계/생물다양성, 농업, 산림, 해양, 우주, 국토공간정보 등 12개 관측분야를 선정하여 안전하고 종합적인 지구시스템을 관측하고 있다. I-GOOS(Intergovernmental Committee for the Global Ocean Observing System)는 IOC 산하 정부간위원회로서, WMO와 UNEP와의 공동지원을 받으며, GOOS의 계획과 조정을 위한 정책 및 전략 수립을 목적으로 한다. 해양관측데이터의 분석, 데이터 수집, 획득, 교환을 위한 공동전략 개발 및 시행, 데이터 산물의 사용을 이용하여 해양환경보호에 적용하는 등의 업무를 수행하고 있다. NEAR-GOOS(동북아해양관측시스템, North-East Asian Regional GOOS)는 지역의 해양 서비스를 개선하고 어선의 효율성을 증대시키며, 오염관측 및 파랑, 폭풍해일, 해빙 등에 의한 자연재해의 영향을 예측하는데 유용한 자료와 정

보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 1993년 유네스코 제 27차 정기총회에서 결의되었으며, NEAR-GOOS 조정위원회가 매년 개최되고 있다. GLOSS(전지구해수위관측시스템, Global Sea Level Observing System)는 전 지구적, 지역적 해수위 관측소의 네트워크 설립을 목적으로 IOC에 의해 조정된다. 전 세계적 해양연구 프로그램 및 기후변화 연구에 필수적인 정보를 제공하며, GLOSS Core network은 전 세계 약 290여개의 관측소를 운용하고 있다. GEOSS의 해양관측 정보센터인 m-GEOSS(marine, 해양 분야)에서는 각 국가에서 생산하는 해양 정보를 통합하여, 자료를 교환하고 가공하여 국가의 해양 정책 결정에 활용하고, 실시간 해양관측자료의 공유를 위해 해양 분야 단위 센터 지정 및 운영 프로그램을 활성화하는 데에 노력을 기울이고 있다. 실제로 조위, 파고, 유향/유속, 수온, 염분, 기온, 기압, 풍향/풍속 등의 관측데이터를 온라인 상에서 2차원 이미지 형태의 서비스를 하고 있다[1]. 국토해양부 국립해양조사원은 국가해양관측시스템(Korea Ocean Observation Systems)을 기반으로 수치모델과 통계분석 모델 등 데이터를 가공하는 모델링 센터와 모델결과를 기초로 의사결정지원시스템 등 m-GEOSS 구축 사업을 추진하고 있다[21].

2.1 심해탐사

심해저에서 움푹 들어간 좁고 긴 급경사면에 둘러싸인 해저지형을 ‘해구’라고 한다. 현재 지구에는 25~27개의 해구가 있는데, 그 중 인도양에 한 개, 대서양에 4개, 그리고 나머지는 태평양에 있다. 해구는 보통 수심이 6,000m 이상인 협곡이며 해구 중에서도 특별히 그 지형이 밝혀진 깊은 곳을 ‘해연’이라고 한다. 해연은 보통 깊이를 실제로 측정한 관측선의 이름을 붙인다. 마리아나 해구

(Mariana Trench)는 세계에서 가장 깊은 해구로, 지구의 지각 표면 위에서 가장 깊은 위치에 있는 대양이다. 이곳의 최대 깊은 지점은 11,034m (약 6.8mile)의 챌린지 해연으로, 북태평양의 서쪽 대양에 위치해 있으며 동쪽과 남쪽에는 마리아나 제도가 있다. 이곳의 수압은 108.6MPa(제곱인치당 약 8t)로 지상의 기압보다 천배가 넘는 압력이 주어진다[17].

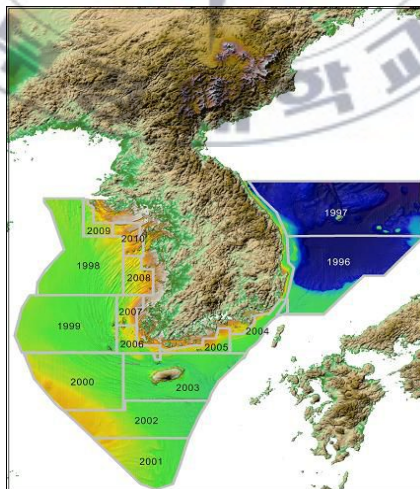


<그림 3> 마리아나 해구의 위치

심해의 탐사는 CTD(Conductivity Temperature Depth) 장비로 해수를 다양한 깊이별로 채취해 성분을 분석하는 작업과 멀티플코어(다중시료채취) 장비로 해저면의 퇴적물 샘플을 채취하는 작업 등으로 심해를 미루어 짐작하는 수준이었다. 2011년 3월, 한국해양연구원 탐사 팀은 남태평양 통가 인근 심해에서 무인

잠수정 ROV로 탐사를 수행했다. 무인잠수정 ROV(Remotely Operated Vehicle)는 사람이 직접 들어가기 힘든 심해, 방수로 등을 조사 관측하기 위해 만들어진 수중로봇이다. 지상의 100배를 넘나드는 수압을 견디도록 설계되었다. 기존의 탐사는 배 위에서 카메라로 위치를 확인한 후, 다시 샘플 채취 장비로 샘플링하는 이원적인 방법이었다면, ROV 탐사는 현장에서 카메라를 통해 눈으로 보면서 바로 샘플 채취가 가능하고, 원하는 정보를 얻을 수 있다는 점이 가장 큰 차이점이라 볼 수 있다[25].

국립해양조사원에서는 1996년부터 우리나라 관할 해역 375,000km²에 대한 국가해양기본도조사를 연차적으로 수행하고 있다. 주권해역의 과학적 조사 자료 확보는 물론 해양 부존자원 및 에너지개발 등 해양개발을 위한 기초 자료의 제공 등을 목적으로 하는 국가해양기본도조사는 1차 조사(1996년-2010년)에서 조사구역별 해저지형조사, 해상중력관측, 해상지자기관측, 천부지층탐사 등을 수행하였으며, 2차 조사(2007년-2017년)에서는 정밀해저지형조사 등을 수행하고 있다 [22].



<그림 4> 국가해양기본도조사 1차

<표 1> 국가해양기본도조사 2차

조사년도	조사구역	조사면적
2007년	이어도 부근	290 km ²
2008년	이어도 남부	3,600 km ²
2009년	이어도 동부	2,000 km ²
2009년	부산 남부	5,500 km ²
2009년	백령도 부근	4,200 km ²
2010년	서남해역	5,400 km ²
2010년	태안반도 서부	6,000 km ²

2.2 인공위성을 이용한 원격탐사

원격탐사(Remote Sensing)는 멀리 떨어져 있는 대상물을 물리적인 접촉 없이 관측하는 기술로서, 항공기, 인공위성 등에 탑재된 카메라나 스캐너를 이용하여 지표면, 해양, 대기 등으로부터 반사 또는 복사되어오는 전자파 에너지를 감지하여 그 물리적 성질을 측정·기록·분석함으로써 지표면, 해양, 대기의 환경 특성에 대한 정보를 알아내는 것을 말한다. 해양원격탐사(Marine Remote Sensing)는 해양을 주기적으로 관측한 위성영상 자료를 이용하여 해류 분포, 해수면 온도 분포, 식물성 플랑크톤 분포, 적조 감시, 부유물 분포, 해양오염, 해양기상, 냉수대 감시 등의 정보를 분석하는 기술이다. 인공위성의 적외선 센서에서 수온을 측정하여 해류를 추정하고, 용승이나 소용돌이의 구조를 파악할 수 있으며, 해양의 순환 구조도 파악할 수 있다. 인공위성에 의한 원격탐사는 광범위한 해역의 해양수산정보를 반복적으로 획득하기에 용이하고 컴퓨터를 이용하여 손쉽게 분석할 수 있으며 분석된 정보를 시각적 형태로 제공해줌으로써 누구나 쉽게 이해할 수 있어 획기적인 해양환경탐사기법으로 각광받고 있다. 기상 원격탐사의 경우, 구름의 온도와 분류, 황사, 오존량, 풍속 등을 관측할 수 있다.

국립수산물과학원 해양원격탐사 실에서는 위성원격탐사를 이용한 동해의 해양 변동에 대한 특성과, 해수 표면 수온분포와 *Cochlodinium polykrikodes* 적조탐색 연구를 통해 *C. polykrikodes* 적조발생의 해역분포 양상과 수온의 분포 양상 간의 관계를 연구하고 있으며, 한국 근해의 ocean color 특성 및 정량화에 대해 연구를 수행하고 있다[27].

우리나라에서도 2010년 해양관측용 정지궤도 위성 천리안을 쏘아 올려, 2017년까지 관측하게 된다. 탑재 센서로는 500m 해상도를 가진 해양 탑재체와 1km의 가시광선 센서와 4km의 적외선 센서로 구성된 기상 탑재체로 구분할 수 있다. 평상시 15분 간격으로 관측이 이루어지며, 유사시에는 8분 간격으로 관측 데이터를 수신할 수 있다. 해양관측위성자료(GOCI, Geostationary Ocean Color Imager)를 통해 바다의 미세한 색상 변화를 해색 환경을 분석하고, 1시간 간격 촬영을 통해 밀물 썰물의 초단기 영상을 분석한다. 해양관측위성으로는 NOAA, GMS, SeaWiFS, TERA, IRS-P4 위성으로부터 측정된 정보를 기준으로 수온분포, 태풍진행과정 추정, 해수색 등을 탐사할 수 있다[26].

<표 2> 해양관측위성 정보

관측위성 (관리주체)	관측범위	관측 회수	탑재 센서	통신 채널	공간 해상도	활용분야
NOAA (미국해양대기청)	동서 2500km 남북 5000km	4회/day	AVHRR TOVS	5 채널 : 가시1 : 적외4	1km	한국 연근해 수온분포 수온전선대 파악
GMS	직하점 중심 반경 6000km	8회/day	S-VISSR	4 채널 : 가시1 : 적외2 : 수증기1	1km@가시 5km@적외	표면 해수온 엘니뇨, 온난화 감지
SeaWiFS (NASA / Orbital Sciences Corp.)	동서 2500km 남북 5000km	1회/day	SeaWiFS	8 채널	1km	기초먹이생물분포량 해수색 요소 관측
TERRA (NASA)	동서 1780km 남북 5000km	2회/day	MODIS	36 채널 : 가시11 : 근적외9 : 적외16	0.25km (2ch) 0.5km (5ch) 1.0km (29ch)	실시간 해양환경 모니터링 해수표면 온도 한국근해 해수색
천리안 (KARI, KORDI, KMA, ETRI)	한반도 주변 2500km	15분 간격	해양 기상	가시 적외	500m@해양 1km@가시 4km@적외	해양관측, 기상관측 통신서비스

NOAA 위성은 미국해양대기청(NOAA)의 극궤도 위성으로 지상 약 850km 상공에서 양극지방을 회전하면서 기상을 관측한다. 우리나라의 상공을 지나갈 때의 자료를 수신 받아 관측 자료로 활용하고 있으며, 하루 평균 4회의 관측이 이루어진다. 탑재센서로는 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)와 TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder)가 있으며, AVHRR은 5개 채널과 공간해상도 1km의 성능을 가지며, TOVS는 대기연직구조 탐측 기능이 있다. GMS (Geostationary Meteorological Satellite) 위성은 적도 상공 35,800km 고도에서 지구의 자전속도와 같은 각속도로 지구 주위를 돌기 때문에 지구에서 볼 때 항상 같은 위치에 있어 정지기상위성이라고 한다. 하루 평균 8회의 관측이 이루어지고 있으며, 유사시에는 하루 24회까지 관측이 가

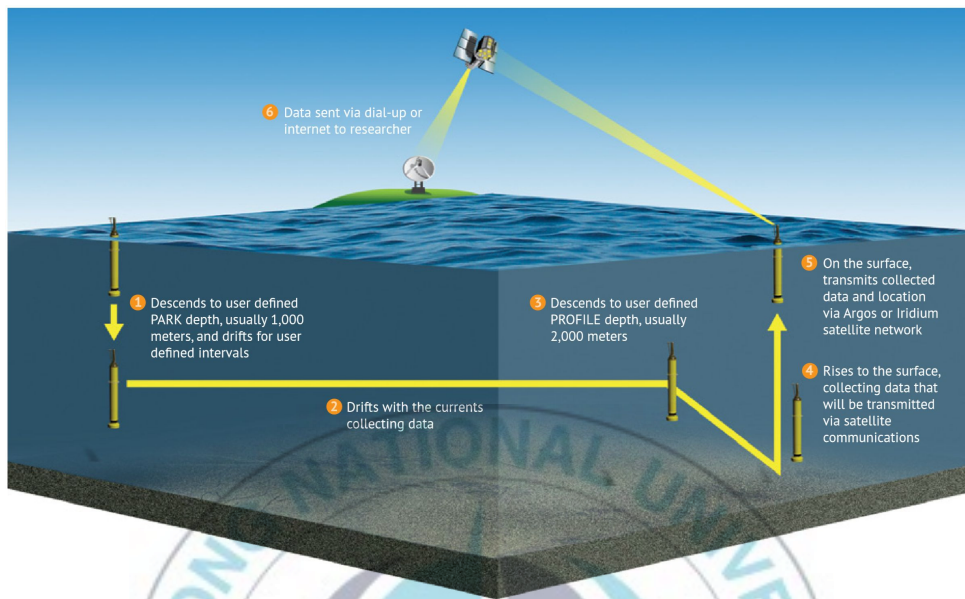
능하다. 탑재센서로는 S-VISSR (Stretched-visible and Infrared Spin Scan Radiometer)가 있으며 4개 채널과 공간해상도 1km, 5km의 성능을 가진다. SeaWiFS (Sea Viewing Wide Field-of-View Sensor) 위성은 NASA와 Orbital Sciences corp.의 합작에 의해 1997년 9월에 정상 궤도에 진입하였으며, 지상으로부터 약 705km 상공에 위치하며, 하루 평균 1회의 관측이 이루어진다. 탑재 센서로 SeaWiFS (Sea Viewing Wide Field-of-View Sensor)가 있으며, 8개 채널의 기초먹이생물량 관측 기능이 있다. TERRA / AQUA 위성은 미국 NASA에서 추진하는 위성을 이용한 지구 전역의 장기관측 계획 EOS (Earth Observing System)에 의해 발사된 위성이다. 우리나라의 상공을 지나갈 때의 자료를 수신 받아 관측 자료로 활용하고 있으며, 하루 평균 2회의 관측이 이루어진다. 탑재센서로 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, <http://modis.gsfc.nasa.gov/>)가 있으며 36개 채널, 공간해상도 0.25km / 0.5km / 1.0km의 성능을 가진다. MODIS 위성을 이용한 실시간 해양환경 모니터링을 해양 기초 생산력 측정, 해표면 수온 측정, 한국근해 해수색 탐사를 구현할 수 있다.

2.3 ARGO Float을 이용한 원격탐사

인공위성을 이용한 원격탐사 이외에도 관측용 부이(Buoy)를 이용하는 방법이 있다. 정부간해양학위원회(IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission)와 세계기상기구(WMO)가 공동으로 추진하는 ARGO Project(Array for Real-time Geostrophic Oceanography float)가 대표적이다. ARGO Project는 전 세계의 바다에 약 3,600여 개의 측정용 부표를 띄워서 해양 내부구조 등 해양을

정밀하게 관측하여 지구의 기후변화를 예측하려는 범지구적 규모의 해양관측 프로그램이다. Argo Profiling Float는 고정되어 있지 않으며, 평상시에는 수심 약 2,000km 부근을 떠돌다가 약 10일마다 해수면 위로 떠오른다. 이때 수온과 염분을 관측한 데이터를 위성으로 송신하고 다시 물속으로 가라앉는 과정을 되풀이한다. 2013년 9월 기준으로 세계 28개국과 여러 지역의 관련 기구가 여기에 참가하고 있으며, 전 세계의 바다에 약 3,606개의 Argo Float가 띄워져 있다[9].

현장에 투하된 Argo Float은 일정시간 동안 자신의 위치를 인공위성으로 송신하다가 지정된 깊이로 침강하는데, 이 때 Argo Float의 부력은 내부의 hydraulic 펌프에 의해 감소된다. 정해진 깊이에 도착한 Argo Float은 지정된 시간동안 해류를 따라 움직이다가 펌프의 작동에 의해 부력이 증가되어 표층으로 상승한다. 이 때 부착된 CTD (Conductivity, Temperature, and Depth) 혹은 TD를 이용하여 해수의 특성을 관측한다. 표층에 떠오른 Argo Float은 CTD 자료와 함께 위치자료를 인공위성으로 송신한다[10].

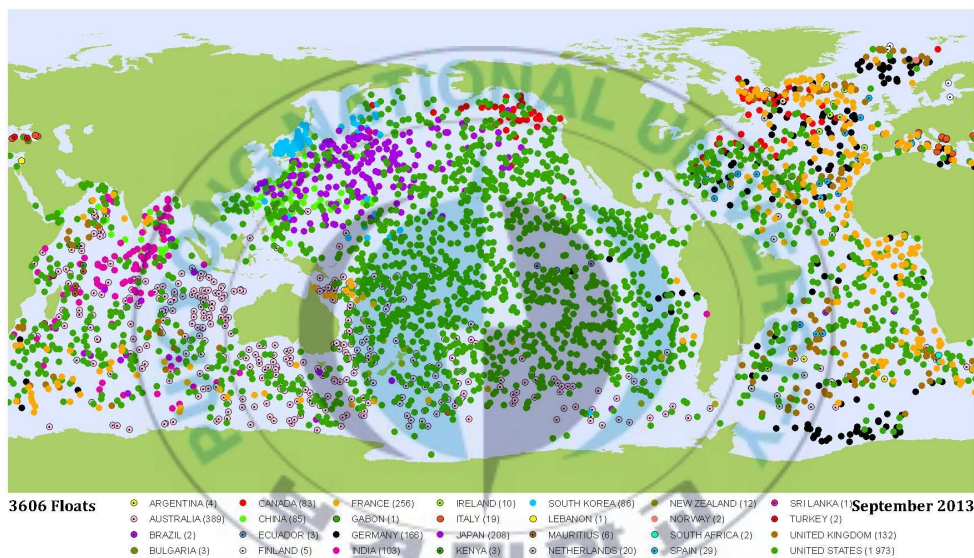


<그림 5> Argo Float의 자료획득 과정[11]

KORDI ARGO 사업에 사용되고 있는 Argo Float은 APEX와 PROVOR 두 모델이다. 두 가지 모두 비슷한 방식으로 작동되지만 디자인 특성이 약간씩 차이가 있다. 사전에 정해진 일정 수심까지 내려가 일정 시간동안 머무른다는 점, 부레(bladder)안으로 오일(Oil)을 펌프질하면서 하강과 승강을 조절한다는 점, 그리고 배터리를 사용하기 때문에 소모성 기기라는 점이 공통점이다. 지상수신소에서 수신한 자료들은 실수요자들에게 제공되기 전에 프로세싱 센터에서 처리과정을 거친다. 여기에는 데이터가 일정 기준에 부합하는지를 확인하는 품질관리(Quality Control)과정이 포함되어 있고, 이외에도 ID별 데이터 분류, CRC 체크, 위치계산 등의 과정을 거친 자료는 관련기관과 학계에 배포된다.

<표 3> Argo 관측자료 처리시스템[13]

Step1.	E-mail or FTP
Step2.	ID별 분리 (C-Shell Script)
Step3.	ID별 자료처리
Step4.	HEX to ASCII (CRC Check)
Step5.	Profile T-S Diagram
Step6.	배포 (학계, 관련기관 등)

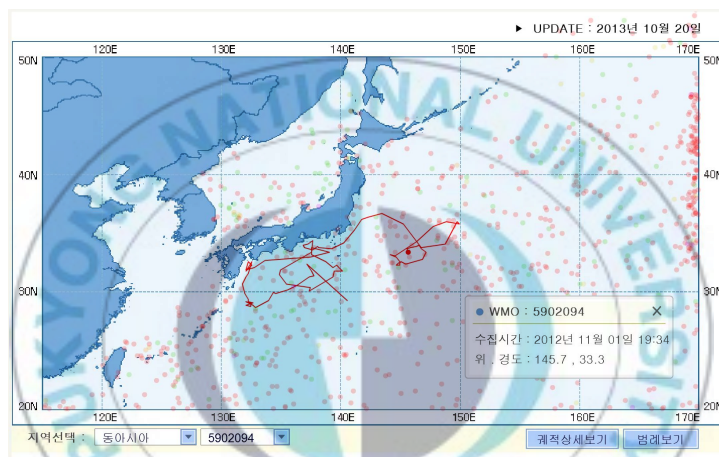


<그림 6> Argo Floats 현황 (Sep. 2013)

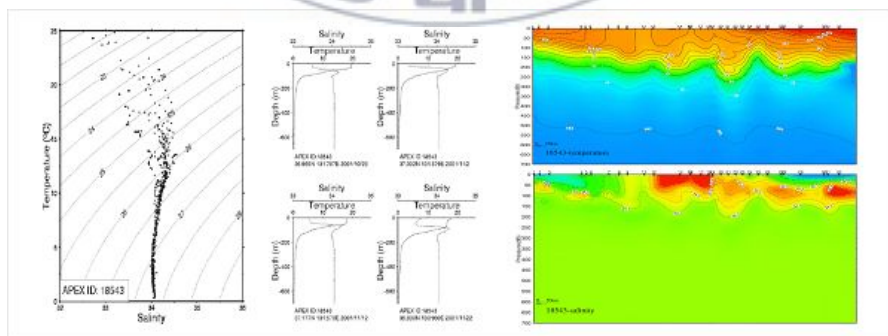
2013년 9월 기준으로, 전 세계 바다에 3,606개의 Argo Float이 떠 있으며, 미국 (1,973), 호주(389), 프랑스(256), 한국(86) 등 28개국에서 참여하고 있다[9].

Argo Float을 통해 수온과 염분의 수평, 수직분포를 파악하고, 이를 통해 전 세계 해양의 해수특성을 파악할 수 있다. 또한 해양 중층에서의 유속과 유향 자료의 확보가 가능해져 중층 순환에 대한 연구가 가능하다. 또한 ARGO 자료를 이

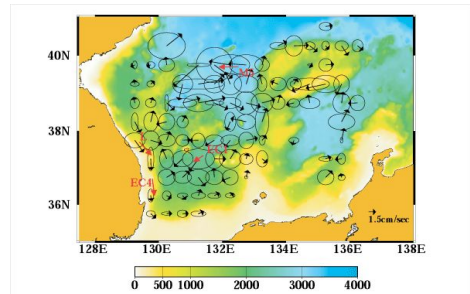
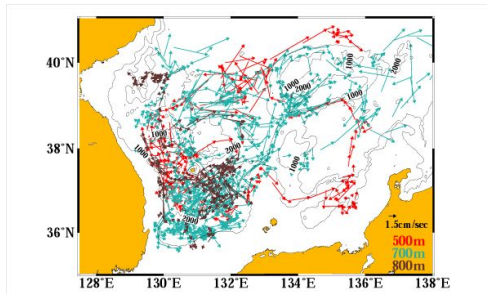
용하여 해양예보시스템(Marine forecast), 장기기후예측능력 향상(Seasonal / inter-annual climate prediction), 해양 오염물질의 탐지 및 추적(Marine pollution detection & tracking), 인공위성 관측 데이터의 검, 보정(Satellite products calibration & validation), 수치기상예측 (NWP: Numerical Weather Prediction) 등의 분야에 응용이 가능하다[10].



<그림 7> ARGO 관측현황[12]



<그림 8> Argo Float Data에서 획득한 수온-염류의 해수특성



<그림 9> Argo Float Data로 계산된 중층 유속과 유향 <그림 10> 동해의 평균 흐름

2.4 원격탐사를 통해 획득된 데이터의 처리

원격탐사는 우주 공간의 지구관측위성이나 항공기에 탑재된 센서(카메라)를 통해 데이터를 취득한다. 이 센서는 크게 Active Sensor(능동센서)와 Passive Sensor(수동센서)로 구분된다. Active Sensor(능동센서)는 센서 자체에서 발사된 전자파가 지상의 목표물에 도달, 반사되는 수치를 기록하는 형식으로 마이크로웨이브 레이더 파를 이용하는 SAR, 수심 측량에 이용하는 소나 센서, LIDAR (레이저광선을 이용한 레이더) 등이 있다. Passive Sensor(수동센서)는 태양빛의 반사나 방출된 물체의 복사에너지를 기록하는 형식으로 대부분의 위성영상과 광학카메라가 이에 해당된다.

위성영상 자료는 일반 사진과 달리 별도의 영상처리 소프트웨어를 사용하여 처리 작업을 거쳐야 일반 사용자가 활용할 수 있는 형태의 자료가 된다. 이러한 처리작업을 전처리(Pre-processing)이라고 하며, 전처리 작업에는 기하보정, 방사보정, 대기보정, 정사보정 등의 작업이 있다.

센서에 의해 관측되는 전자기파는 센서와 지표면물체간의 기하학적 관계, 지형의 영향(지형의 향이나 경사), 대기효과, 그림자 효과 등에 의해 왜곡되는데 이러한 오차를 수정하여 지상의 지형지물에 대한 순수한 반사 값을 구하는 작업을 방사보정(Radiometric correction)이라 한다. 방사보정 작업에는 대기효과 모델링, 벌크 보정, 밴드 Ratio, 통계치 보정, 히스토그램 매칭, Drop 라인 보정 등이 있다. 대기보정(Atmospheric correction)은 대기에서의 반사(Reflection), 산란(Scattering), 흡수(Absorption), 투과(Transmission) 등에 의한 전자파의 상호작용으로 인해 센서와 관측 대상물 사이에서 오가는 전자기파가 대기의 영향을 받아 왜곡이 발생하는데, 이러한 왜곡을 보정해주는 작업을 말하며, 위성영상 촬영시의 대기환경 (태양천정각, 태양고도각, 지구와 태양의 거리)을 고려한 대기모델을 사용하여 보정 작업을 수행한다. 기하보정 (Geometric correction)은 위성체에서 촬영한 위성영상 자료는 위성의 자세, 지구의 곡률, 위성의 진행방향, 관측기기의 오차, 지구자전의 영향, Sensor Scan Non-linearities 등의 원인으로 실제 지형과 비교했을 때 오차가 발생하게 되는데, 이러한 위성영상의 기하학적인 휘어짐(기하오차)을 바로잡는 작업으로서, 위성영상 자료가 일정한 크기와 투영법을 갖도록 변환하는 작업이라 할 수 있다. 기하보정을 통해 센서 내/외부의 왜곡을 보정해주는데, 수학적 다항식 모델링을 사용하여 센서의 특성, 궤도 및 자세정보 등의 오류를 보정하는 과정에서 지상기준점(GCP: Ground Control Point)에 의한 영상의 재배열(Resampling)이 발생한다. 정사보정 (Ortho-rectification)은 위성영상에 촬영된 모든 지형지물이 바로 수직방향 위에서 본 것과 같은 형태를 갖도록 재 투영하는 작업을 의미한다. 미분편위수정(광학적, 수치적)이란 방법을 통해 위성영상이 정사 투영된 특성을 갖도록 만드는 과정이라 할 수 있다[24].

3. 클라우드 컴퓨팅 기술

클라우드 컴퓨팅은 클라우드로 표현되는 인터넷상의 서버에서 데이터 저장, 처리, 네트워크, 콘텐츠 사용 등 IT 관련 서비스를 한 번에 제공하는 컴퓨팅 기술이다. 이용자는 구름과 같이 무형의 형태로 존재하는 하드웨어, 소프트웨어 등 컴퓨팅 자원을 자신이 필요한 만큼 빌려 쓰고 이에 대한 사용요금을 지급한다. 개인용 컴퓨터나 기업 서버에 개별적으로 저장해 둔 프로그램이나 문서를 인터넷으로 접속할 수 있는 대형 컴퓨터는 물론, 다양한 단말기로 웹 브라우저 등 필요한 응용 소프트웨어를 구동해 원하는 작업을 할 수 있는 이용자 중심의 컴퓨팅 환경이다. 클라우드 컴퓨팅은 이용 편리성이 높고, 산업적 파급효과가 커 제 2의 디지털 혁명을 주도할 인터넷 서비스로 주목받고 있다.

클라우드 컴퓨팅은 네트워크상에 분산되어 있는 컴퓨터를 가상화(virtualization)시킨 후 인터넷과 네트워크 환경에 접근하여 실행하는 애플리케이션과 서비스를 말한다. 클라우드 컴퓨팅은 애플리케이션을 실행하는 사용자에게 제공할 항목인 컴퓨터 자원의 가상화, 무제한적인 사용, 물리적인 컴퓨터 시스템들의 세분화 등에 의해 다시 구분된다. 클라우드 컴퓨팅 배치 모델 (Deployment)은 클라우드 시스템이 네트워크상에서 어떤 위치에 있는지, 어떤 목적으로 사용되는지에 대해 정의한 모델이라 할 수 있고, 클라우드 컴퓨팅 서비스 모델은 공급자가 제공하는 클라우드 서비스 종류에 따른 구분으로, SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service)로 구분 지을 수 있다.

3.1 클라우드 컴퓨팅의 정의

클라우드 컴퓨팅은 인터넷상에서 유틸리티 컴퓨팅과 유사한 기술, 서비스, 애플리케이션을 제공한다. ‘클라우드(Cloud)’라는 단어는 다음과 같은 두 가지 개념을 가지고 있다.

<표 4> 클라우드 컴퓨팅의 주요 개념

추상화	애플리케이션은 명시되지 않은 물리적인 시스템에서 실행 데이터도 알려지지 않은 위치에 저장 시스템 관리는 외부에 위탁 사용자는 어디서나 시스템에 접근 가능
가상화	시스템과 저장장치는 필요한 만큼 공급받아 사용 사용한 만큼 요금 지불 다중 소유 가능 하나의 시스템을 공유해서 누구나 사용 가능

클라우드 컴퓨팅은 물리적 자원을 풀링과 가상자원으로 나타내는데 개념을 두고 있다. 이는 사용자가 플랫폼에 상관없이 접근할 수 있는 새로운 형태의 서비스 모델이다.

3.2 클라우드 컴퓨팅의 종류 및 장단점

클라우드 컴퓨팅은 배치 모델과 서비스 모델로 구분할 수 있다. 배치 모델은 클라우드 인프라의 위치와 운영 기준에 따른 분류이며, 서비스 모델은 사용자가 클라우드 컴퓨팅 서비스에 접근할 수 있는 형태에 따른 분류이다.

배치 모델은 공공(Public), 사설(Private), 하이브리드, 커뮤니티의 성격을 지닌

다. 공공 클라우드 인프라는 거대한 IT 산업에서 공개적으로 사용할 수 있으며 클라우드 서비스를 판매한 업체에 의해 소유된다. 사설 클라우드의 구조는 폐쇄적으로 운영되며 인프라는 해당기관 또는 타사에 의해 관리된다. 하이브리드 클라우드는 데이터와 애플리케이션에 접근하기 위한 애플리케이션 이식성 같은 표준 또는 소유권을 제공한다. 커뮤니티 클라우드는 공통으로 사용해야 하는 기능이나 목적을 위해 만들어진 배치 모델이다.

서비스 모델은 IaaS, PaaS, SaaS의 3가지 종류의 서비스 형태를 말한다. IaaS는 사용자가 가상 머신, 가상 저장장치, 가상 인프라와 같은 하드웨어 자원을 사용할 수 있도록 서비스를 제공한다. IaaS 서비스 공급자는 사용자들이 서로 다른 개발 목적을 가지고 있어도 모든 인프라를 관리해준다. PaaS는 사용자에게 가상 머신, 운영체제, 애플리케이션, 서비스, 개발 프레임 워크, 트랜잭션, 관리구조 등을 제공한다. 사용자는 클라우드 인프라 상에 있는 애플리케이션을 제공할 수 있으며, PaaS 서비스 공급자가 지원해주는 언어와 툴로 프로그램 된 애플리케이션을 사용할 수 있다. SaaS는 애플리케이션, 관리, 사용자 인터페이스를 포함하는 서비스 모델이며, 썬(Thin) 클라이언트 인터페이스를 통해서 사용자에게 애플리케이션을 제공하고, 사용자는 애플리케이션과 사용자간의 상호작용을 시작하면서 마칠 때까지 데이터를 관리할 책임이 주어진다. IaaS 서비스 모델은 통합된 기능의 최하위 수준이고, SaaS 서비스 모델은 최상위 수준에 속하지만, 목적에 따라서 서비스 공급자 측면의 BPaaS를 포함시키는 경우도 있다.

<표 5> 클라우드 참조 모델 (프레임워크)



클라우드 컴퓨팅의 장점은 저비용, 사용 용이성, QoS (Quality of Service), 신뢰성, 외주 운영, 단순화된 운영과 업그레이드, 낮은 진입장벽 등이 있다. 클라우드 네트워크는 고효율로 운영되기 때문에 높은 활용성과 상당한 비용 절감이 가능하다. 제공되는 서비스의 형태에 따라서, 사용자는 자신의 서비스를 구현하기 위한 하드웨어/소프트웨어 라이선스가 필요하지 않다. 공급자는 사용자에게 매우 신뢰성 있는 클라우드 컴퓨팅 네트워크, 로드 밸런싱과 패일오버를 제공한다. 사용자가 자신의 사업을 관리할 때, 사용자의 컴퓨팅 인프라는 공급자가 관리해준다. 시스템이 가상머신에 집중되어 있기 때문에, 사용자는 패치와 업그레이드를 쉽게 할 수 있다. 공급자의 시스템을 사용하는 것이므로, 사용자는 초기 기기를 구입할 필요가 없고, 따라서 초기 자본 지출은 크게 감소한다.

클라우드 컴퓨팅의 단점은 애플리케이션과 서비스를 사용할 때, 본인이 원하는 만큼 사용자화 되지 않은 소프트웨어를 사용한다는 것이다. 즉 많은 클라우드 애플리케이션이 유용하다 할지라도, 사용자 시스템의 내부에 설치된 애플리케이션들이 더 많은 기능을 가지고 있다. 클라우드 애플리케이션은 WAN 연결 때문에 발생하는 고유의 대기시간을 기다려야하는 어려움이 있다. 추가적으로 클라우드 컴퓨팅은 인터넷처럼 국적이 없는 무국적 시스템이며, 또한 분산된 시스템 상에서 통신을 요청하는 것은 필수적으로 단방향이다. 또 다른 단점으로는 사용자가 클라우드 컴퓨팅 안에서 ‘개인정보 보호와 보안’을 스스로 관리해야 한다는 것이다.

3.3 클라우드 컴퓨팅 기술의 적용 목적

본 연구에서 클라우드 컴퓨팅 기술을 적용하는 목적은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, 전 세계에 분포하고 있는 다양한 측정 장비로부터 수신되는 관측 데이터의 효과적인 처리를 하기 위함이다. 둘째, 방대한 관측 데이터의 보관, 관리, 처리를 위함이다. 셋째, Grid Mesh 데이터 구조에서 Triangle-Strip 변환을 빠르게 수행하기 위함이다.

4. 해저관측 시스템과 3차원 해저지도 제작 과정

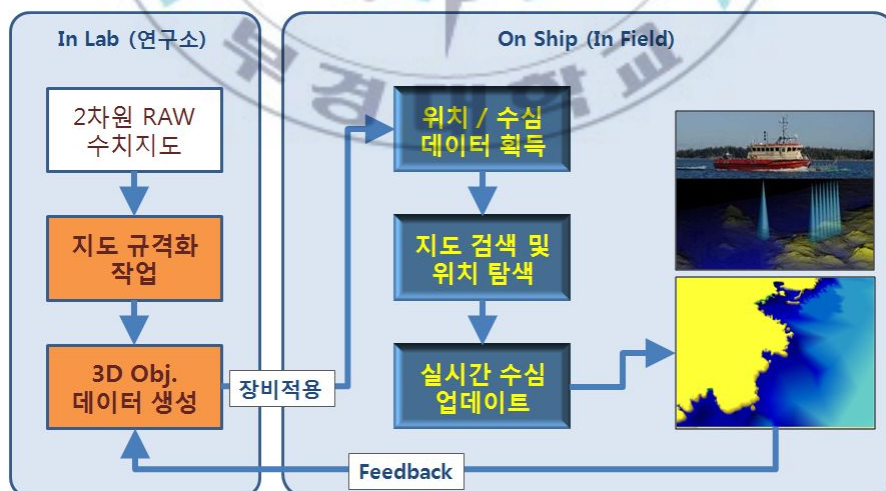
4.1. 3차원 해저지도 제작 과정

본 연구에서는 Object 단위로 구성된 3차원 해저지형 지도를 규격화하여, ECDIS 등의 시스템에 탑재한 후, 수심 측정 시스템을 통해 측정된 위치좌표 (longitude, latitude)와 수심(depth)을 해당 Map의 기준 좌표로 Mapping하여 수심을 갱신하는 시스템의 구축과 알고리즘을 그림과 같은 프로세스를 거쳐서 완성한다.



<그림 11> 3차원 해저 지도 제작 과정과
실시간 업데이트 프로세스

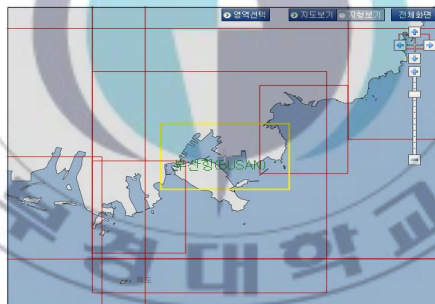
정규화 메시(Normalized Mesh)는 격자형태의 도엽 내부에 일정 간격으로 정점들을 나열하는 과정을 말한다. 수심 측정된 결과를 보관할 Vertex의 간격은 정점 당 약 18.08m로 1024vertex/10min의 공간해상도를 가진다. 측정된 수심 결과 값과 가장 가까운 vertex와 매핑 하여, 해당 vertex의 기존 수심 값에 새로운 수심 값을 반영한다. 수심 값을 반영하는 방법은 수심 값을 바로 적용해서 표현하는 방법과, 기존 값과의 관계성을 고려하여 표현하는 방법으로 나눌 수 있다. 일정 간격으로 Vertex를 나열한 Grid map을 기준으로 Triangle-strip을 구성하여 3차원 형태를 표현한다. Grid map으로 구성할 경우 가장 가까운 수심 점을 찾기가 용의하고, Triangle에 따른 Face Index값을 도엽과 상관없이 공통적으로 사용할 수 있는 장점을 가진다. 단 수심 값이 거의 변화하지 않는 분지나 구릉 지역에서는 비슷한 값의 수심점이 나열되므로 데이터 공간이 낭비될 수 있다. 실제 육지 영역의 고도 데이터는 본 연구에서는 사용하지 않으므로, 육지 영역이 상대적으로 넓은 도엽의 경우, 사용하지 않는 Vertex가 많아질 수 있다.



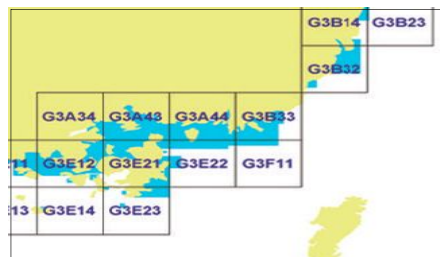
<그림 12> 실시간 3차원 해저지형 시스템의 구현 및 업데이트

4.2. 3차원 해저지형 실시간 디스플레이를 위한 데이터의 재구성

국제수로기구 (IHO)의 표준 전자해도(ENC)는 육상지도와는 달리 해안선 및 주요 섬을 따라 나열되는 특성을 가지고 있으며, 주요 항구와 어항 등에는 상세 지도로 나타내고 있다. 따라서 해당 지도 데이터의 정확하고 원활한 이해를 돕기 위해 별도의 전자해도 인덱스 정보를 항상 파악하고 있어야 하는 점은 단점으로 지적되었다. 표준 전자해도 S-57 Ed.3.1 항해용 종이해도를 편집하여 제작한 전자해도는 KR1, KR2, KR3, KR4, KR5, KR6 등 총 여섯 단계의 격자형 전자지도를 구성하였다.



<그림 13> 해도색인도 KR264 (비규격)



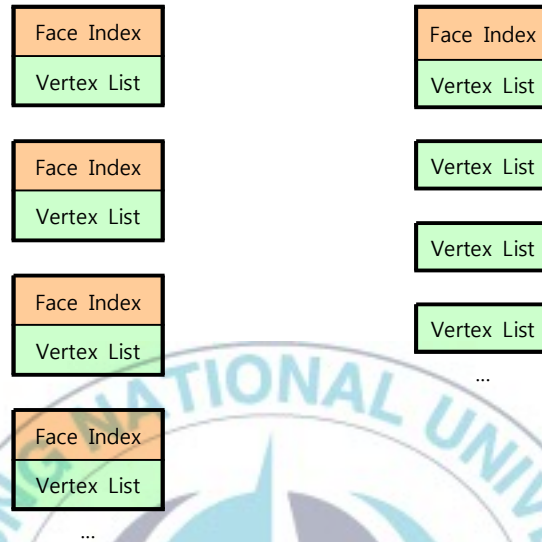
<그림 14> IHO S-57 항만도, KR5(규격)

Grid Map을 기준으로 Triangle-Strip을 만들어둔다. Triangulated irregular network(TIN)로 Triangle-Strip을 생성할 때보다, 규격화된 Grid Map에서 Triangle-Strip을 구성하는 것이 시간 측면에서 빠른 수행 속도를 낸다. Delaunay triangulation은 평면에 여러 점을 잡은 뒤, 외접원의 내부에 다른 점이 없는 삼각형의 세 변을 이어 나가는 방식이지만, Grid Map에서는 그러한 공간 수학적 계산 없이 일관되게 나열할 수 있기 때문이다.



지도 규격화로 인한 또 다른 이점은, Face Index 정보를 모든 도엽에서 공유할 수 있다는 점이다.

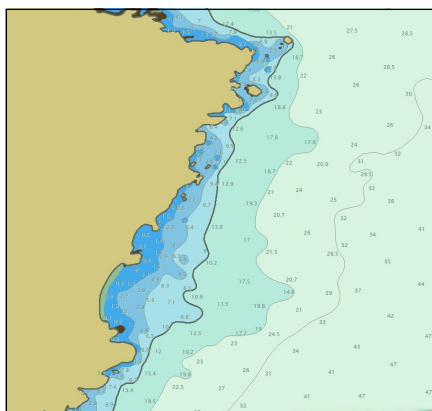
<표 6> Face Index의 공유



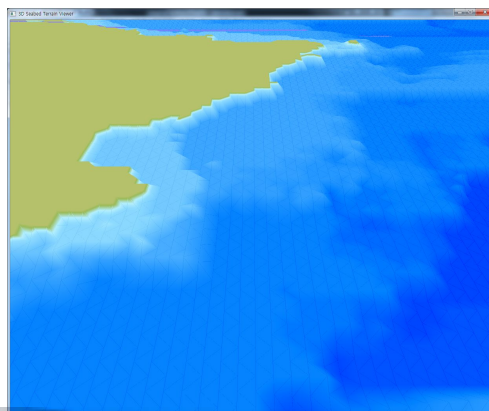
Triangle-Strip으로 구성되는 3차원 오브젝트는 기본적으로 Vertex List와 해당 Vertex의 인덱스로 표시된다. 모든 Vertex를 나열한다는 것은 사실 번거로울 뿐 아니라, 데이터 자료구조 면에서도 이득이 없다.

Vertex가 서로 중복되지 않는 Vertex List를 기준으로 정점 인덱스를 중복 호출함으로써 메모리 공간을 효율적으로 사용한다. 여기서 각 지도의 섹터는 모두 같은 간격으로 나열된 정점으로 구성되며, 각 섹터의 고도 정보는 Vertex List에서 관리하면 되므로, 공통된 Face Index를 공유할 수 있게 되는 것이다.

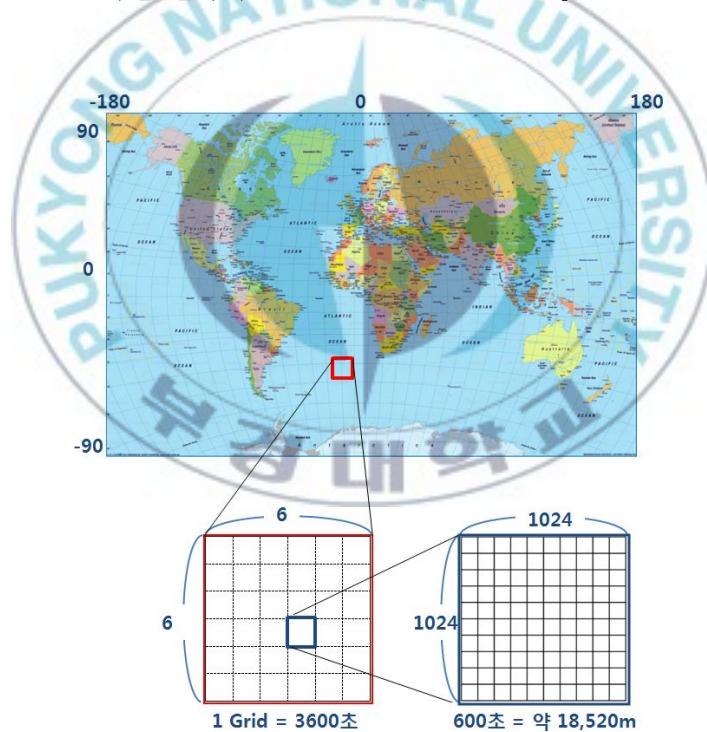
해당 Face Index로 구성된 헤저지형의 3차원 형상은 아래와 같다.



<그림 16> 2차원 전자해도



<그림 17> Simplified Grid Map (3D)



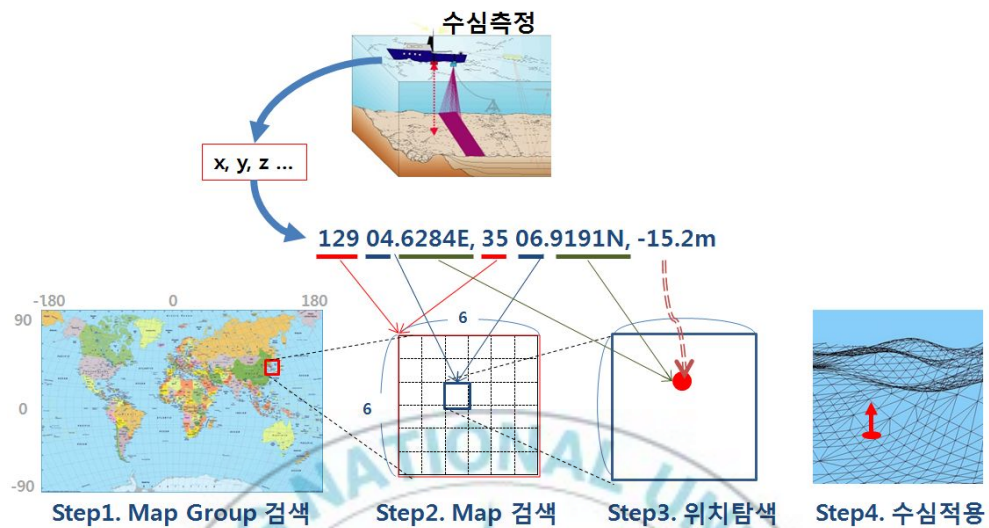
<그림 18> 규격화된 지도의 구성

위도 1도와 경도 1도로 구성되는 영역 Area-Do를 6*6으로 나누면 하나의

Area-Do 영역 내에 36개의 단위 섹터로 구성할 수 있고, 각 섹터는 위도 10분, 경도 10분으로 약 18,520m의 기준화된 스케일 표현이 가능하다. 하나의 섹터를 또 다시 1024*1024 단계로 Vertex를 생성시키면, 섹터 내에 총 1,048,576개의 Vertex로 구성된 기본 Grid Mesh를 만들 수 있다.

이 때 각 Vertex는 1024/600초 간격으로 구성이 되며, 모든 섹터는 Vertex당 약 18.08m의 해상도를 가지는 기준 데이터가 된다. 수심 측정을 통해 획득된 새로운 수심 값을 표시하기 위해서는 해당되는 섹터를 검색하고, 측정된 위경도 좌표와 가장 가까운 Vertex를 찾아 수심을 적용시킨다. 하나의 섹터 내 1,048,576개의 Vertex를 기준으로 기본 지형 Grid를 설정하고, 기존의 2D 해도의 이미 알려진 수심 값을 대응하여, 기초적인 3차원 해저지형 오브젝트를 생성시킬 수 있다. 18.08m의 해상도는 그리 높지 않은 해상도이며, 빠른 퍼포먼스를 위함이기 때문에 적용 가능하다. 만일 다시 데이터의 품질을 높이기 위해서는 Subdivision 기법을 적용시킬 수 있다[4].

4.3 해저지형 데이터의 분석



<그림 19> 수심 데이터 획득 및 지도 검색

규격화된 지도에서는 좌표를 기준으로 해당 지도를 찾기 쉬워진다. 표시할 지도의 영역이 정해져있다면, 해당 영역에서 지도를 찾는 방법은 아래 알고리즘을 통해 이루어진다.

```
//현재 도엽의 기준 좌표를 바탕으로 도엽의 Index를 구한다.
UINT GetMapIndex()
{
    //도단위 계산
    int nDPos = ((map_pos_B/10) - m_nAreaB) * m_nMapGridWidth +
                ((map_pos_L/10) - m_nAreaL);

    //분단위 계산
    int nMPos = (map_pos_B - ((int)(map_pos_B / 10) * 10)) * MAP_WIDTH_COUNT +
                (map_pos_L - ((int)(map_pos_L / 10) * 10));

    return nDPos * (MAP_WIDTH_COUNT*MAP_HEIGHT_COUNT) + nMPos;
}
```

관측이 이루어지는 지점의 위경도를 기준으로 최소 위도(map_pos_B)와 최소 경도(map_pos_L)를 유추해낼 수 있고, 전체 영역의 폭(m_nMapGridWidth)을 기준으로 해당 영역의 지도 Index를 반환한다. 지도 Index를 찾았으면, 가장 가까운 정점의 위치를 찾아야 한다.

```
UINT GetCellIdx(double px, double py)
{
    int CellX = 0;
    int CellY = 0;
    double dx, dy;

    dx = (px - (int)(px)) * (m_nGridVtxCntX);
    dy = (py - (int)(py)) * (m_nGridVtxCntY);

    CellX = (int)(dx + 0.5f);
    CellY = (int)(dy + 0.5f);

    return (CellY * (m_nGridVtxCntX)) + CellX;
}
```

하나의 섹터 내에 존재하는 Vertex의 총 개수를 알고 있어야 한다. 위도, 경도 방향으로의 Vertex 개수와 좌표의 방정식에 의해 dx, dy가 구해지면, 정점 배열의 인덱스를 반환한다. 관측 지점의 위경도보다 큰 위치의 정점을 가깝다고 보고 있다. ($CellX = (int)(dx + 0.5f);$)

4.4 위도, 경도 좌표와 측정 수심 값의 이용

실제 지형 표현 기법으로 가장 많이 쓰이는 것은, 광활한 지형을 효과적으로 표현하기 위해 일정한 간격으로 지형의 높이 값을 저장한 Height Field 데이터이

다. Height Field 데이터는 지형의 높이를 일정한 간격으로 샘플링 한 2차원 형태의 데이터로 저장되어 있다. 지형의 모든 정점(vertex) 정보를 저장하는 방법보다 단순하면서도 메모리를 절약할 수 있는 방법이다.

실제 지형기준 데이터가 생성되고, 전자해도 표시시스템(ECDIS)에 탑재된 시스템으로 수심 데이터를 측정하는 단계에서 아래의 기본 데이터가 획득되어야 한다.

- (1) 위치 좌표 (Longitude, Latitude)
- (2) 수심 데이터 (Bathymetry / depth)
- (3) 측정 일자와 시간 (Date, Time)
- (4) 측정 경로와 날씨 정보 등 (Survey Condition)
- (5) 측정 선박의 등록정보 (Survey Ship ID)

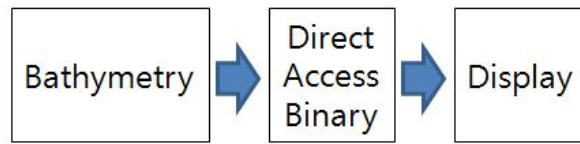
위의 기본 데이터 항목은 측량 시점에서 필요한 기본 정보들이다. 해당 내용으로 세계 표준으로 사용 중인 NMEA 0183을 적용시켜본다[19]. 많은 프로토콜이 있지만, 해양관측에 많이 사용되는 프로토콜만 본다면 \$SDDBK, \$SDDBS, \$SDDBT, \$SDDPT 이렇게 네 가지가 있다. 각 프로토콜에서 어떤 정보를 얻을 수 있는지 살펴보면 다음과 같다.

<표 7> 수심과 관련한 NMEA 0183 표준[20]

Protocol	Description	Field Number
\$SDDBK	DEPTH BELOW KEEL	1.Depth, feet 2.f = feet
\$SDDBS	DEPTH BELOW SURFACE	3.Depth, meters 4.M = meters
\$SDDBT	DEPTH BELOW Transducer	5.Depth, Fathoms 6.F = Fathoms 7.Checksum
\$SDDPT	Depth of Water	1.Depth, meters 2. Offset from transducer, positive means distance from transducer to water line negative means distance from transducer to keel 3.Checksum

위의 네 가지 NMEA 0183 표준 이외에 Recommended Minimum Navigation Information(\$GPRMA, \$GPRMB, \$GPRMC) 등으로 현재의 경도, 위도 위치, 이동 방향과 속도 등을 파악할 수 있다.

Regular Grid Method에 의해 그림 19에서와 같이 측정된 수심의 위치를 Binary 데이터 상에서 바로 찾을 수 있다. 수심의 위치를 찾는 방법을 C++로 구현한 소스를 참고하여, Binary 데이터에 접근한다는 아이디어이다. 해당 지점의 바이너리 데이터가 업데이트 되면, 새로운 Vertex가 추가되는 것이 아니므로, Triangle-Strip을 다시 만드는 작업 없이 바로 Rendering 가능하다. 이것이 실시간 3차원 디스플레이가 가능한 이유이다. 그림 20에서처럼 측정과 디스플레이의 프로세스 사이에서 Binary 데이터를 직접 Access하는 것이다.



<그림 20> 실시간 3차원 디스플레이 프로세스

하지만, 새로 측정된 데이터를 무조건 적용시킬 수 있는 것만은 아니다. 수심 측정이라는 것은 어디까지나 절대치가 아닌 상대 치이기 때문이며, 조류나 풍속 등, 측정 과정에서의 오차도 있기 때문이다. 또한 기존에 저장된 데이터와 새로 측정된 데이터의 차이를 적절히 유지해야 할 것이다. 평균값 혹은 표준편차를 적용한 수심 값이 적용되어야 할 것이다. 마지막으로 고려해야 할 사항은, 위도, 경도에 의해 처리될 수심 점의 수심 값과 그 주변 지형의 수심치의 조합이 자연스러워야 한다는 것이다. 일부 수심의 계산과정에서 주변 지형보다 튀어나오거나 꺼져 보이는 현상이 발생할 수도 있기 때문이다[5].

지금까지는 해저지형의 형상을 결정지을 수 있는 좌표, 수심에 대해 논하였다. 사실적인 3차원 디스플레이 효과를 위해서는 Texturing, Coloring 등의 기법이 적용되어야 한다. 해저 수심을 표현할 때는 음영기복도를 사용할 수 있는데, 수심이 변경되었을 경우에는 해당 영역의 음영기복도도 업데이트시켜줄 수 있어야 한다. 해당 영역의 Normal값을 계산하여 새로운 경사도에 따른 그림자를 산출하는 과정으로 음영기복도를 갱신시킨다[6].[8].

5. 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용한 탐사 데이터의 관리 및 제공

해양탐사를 통해 획득된 데이터는 여러 경로를 통해 전달, 보관, 가공, 관리된다. 미국 NODC (National Oceanographic Data Center)는 국립해양대기관리국 (NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 운영하고 있는 데이터 센터 중 하나이다. NODC는 바다의 표면 온도, 해류, 해변지도, buoy, 지온온도 등의 각종 해양데이터를 수집하고 보관하며 처리와 검색이 가능한 데이터베이스를 구축하고 유지, 관리하여 연방정부와 학계 및 해양연구기관에 다양한 경로를 통해 데이터를 제공한다[16]. 일본 JODC (Japan Oceanographic Data Center)는 일본의 해양데이터에 대한 데이터센터로 일본의 정부기관, 대학, 해양데이터센터 등에 의해 생산된 데이터와 다양한 처리 및 분석을 통해 생산된 데이터를 수집, 관리하고 제공하는 기능을 한다[15]. 체계적인 데이터 관리를 위해 각국에서 데이터 센터를 운영하는 것으로 조사되었다. 시스템적인 효율성과 데이터의 빠른 전달과 처리를 위해 클라우드 컴퓨팅 기술 도입이 필요하다. 또한 실시간 3차원 디스플레이를 위해 제한적인 구조로 바이너리 데이터를 구성한 약점을 보완하기 위해, IaaS 레벨에서 보다 상세한 1/1000초 단위의 데이터를 보관, 처리, 탐색, 관리할 수 있다. 클라우드 데이터 센터에 저장, 관리되는 전자해도 데이터의 해상도는 약 3.08cm/vertex로, 각 단말에 보급되는 실시간 3차원 디스플레이용 데이터의 해상도(1024/600초 단위로 약 18.08m/vertex)보다 약 590배율의 상세한 데이터를 관리한다.

5.1 클라우드 데이터 센터에서의 측정데이터 기록 및 관리

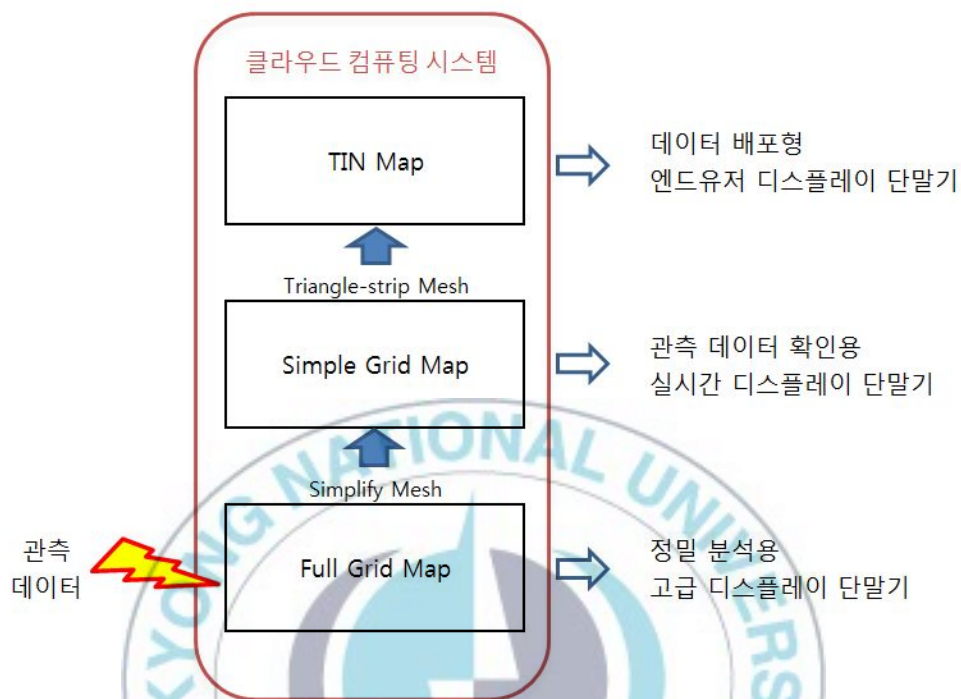
측정된 수심데이터는 로그 형태로 파일에 기록된다. 측정된 시간과 날짜, 위도, 경도, 측정된 수심을 기록해두고, 해당 로그파일명은 측정이 시작되는 시점으로 생성하게 한다. NMEA 0183 국제표준을 따르지 않는 이유는, 데이터의 사이즈 때문이다. 측정 당시의 NMEA 표준의 날짜, 시간, 경도, 위도, 수심을 아래 형식의 로그파일로 저장한다.

• 형식:[날짜],[시간],[경도],[위도],[수심]

(예)20130422,1053,36.292510000,129.357550000,13.9

로그파일 형식에 따르면, 한 지점에서 측정한 로그는 총 45Byte의 데이터를 가진다. 수심의 측정은 1초에 한 번씩 수행한다고 가정했을 때, 1일 평균 조업시간 5시간을 기준으로 측정한 로그 파일의 크기는 약 800KB (5시간*3600초*45Byte= 810,000Byte = 791.02KB)가 된다.

실시간 3차원 디스플레이를 위해 제한적인 구조로 바이너리 데이터를 구성한 약점을 보완하기 위해, IaaS 레벨에서 보다 상세한 1/1000초 단위의 데이터를 보관, 처리, 탐색, 관리할 수 있다고 하였다. 클라우드 데이터 센터에 저장, 관리되는 전자해도 데이터의 해상도는 약 3.08cm/vertex로, 각 단말에 보급되는 실시간 3차원 디스플레이용 데이터의 해상도(1024/600초 단위로 약 18.08m/vertex)보다 약 590배율의 상세한 데이터를 관리한다. 이는 클라우드 컴퓨터 데이터 센터와 실시간 디스플레이 단말기 사이에서 데이터의 변환 및 적용 과정에 일정한 전환 규칙이 필요한 이유이다.



<그림 21> 클라우드 시스템 내부의 데이터 처리

지역별 가장 가까운 클라우드 데이터 센터에 저장되며, 클라우드 컴퓨팅 기술을 통해 해당 지점의 수심 변화량, 조석/조류에 의한 특성 분석, 평균 수심을 계산할 수 있다. 분석된 수심 데이터를 기반으로 항상 최신의 해저지형 수치지도를 확보할 수 있으며, 클라우드 데이터 센터별로 저장, 관리가 가능하다.

클라우드 데이터 센터에 모인 수심 데이터는 단순히 대용량 저장을 목적으로 하지는 않는다. 대용량의 수심 데이터가 매일 업데이트 되고, 기존의 데이터와 유기적으로 처리되어 항상 최신의 수심 데이터가 유지되도록 한다. 그리고 분기별, 연도별 History를 검색하거나 수심 변화량을 체크할 수도 있다. 지리정보 데이터는 대용량 데이터를 기반으로 구성되며, 이를 처리하기 위해서는 고성능

의 컴퓨터나 서버급 장비가 필요하기 때문에, 최근 급부상하고 있는 클라우드 컴퓨팅 분야로 이전되고 있는 추세다. GISCloud (<http://www.giscloud.com>), SpatialStream (www.spatialstream.com), ESRI 같은 지리정보를 다루는 몇몇 기업들은 클라우드 컴퓨팅을 통해 서비스를 제공하고 있다. Schüffer는 Amazon Web Services (AWS)와 Google Apps Engine (GAE)의 비교를 통해, Google cloud는 사용하기에 편하고 애플리케이션 개발이 가볍다고 평가했고, Amazon cloud는 조금 더 복잡한 구조를 가지지만, 가용성이 뛰어나다고 평가했다[3]. 또한 분산 데이터 저장 및 분산 병렬 데이터 처리 기법을 기반으로 Hadoop 기반 클러스터를 구축하고 성능평가를 수행한 결과, 데이터 저장 측면 6%, 정렬 측면 16%, 검색 측면 38%의 처리 시간 향상 등의 효과를 얻을 수 있다[2][7].



6. 결론

본 연구에서는 해양조사선과 원격탐사를 통한 해저지형 측량과 함께 실시간 3차원 디스플레이 시스템을 제안하였다. 평균 해수면(수심 0m)에서 해저지형까지의 공간을 확보한 후, 수면을 포함한 해당 공간에 많은 관측 데이터를 거의 실시간으로 표시할 수 있는 시스템이 가능해진다. 원격탐사를 통해 수집된 측량 데이터를 기반으로 해양의 변화를 분석하고, 변화가 빈번히 발생되거나 집중적으로 발생하는 지점을 파악하여 해양조사선을 현지 파견하는 등의 부수적인 효과를 얻을 수 있으며, 해양조사선의 탐사 스케줄 관리와 탐사 활동에서 발생하는 시간 및 에너지 소모 등의 비용을 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 해수면 온도는 수심 0m를 적용하여 표현하고, Argo Float 등으로 관측되는 중층 해류 등은 해당 수심을 적용해 3차원으로 표현이 가능하다.

또한 클라우드 컴퓨팅 기술로, 복합적으로 발생하는 원격 관측 데이터를 효과적으로 관리 분석하고, 1000분의 1초 단위의 상세한 해양 지오메트리를 Full Grid Map 형태로 상시 보유하고, 이를 수심/고도 변화량을 고려하여 주기적으로 TIN 데이터 메시로 변환시킴으로써 최신의 3차원 해양 수심지도를 제공할 수 있도록 한다. 클라우드 데이터 센터에 기록되는 1/1000초 해상도 (Vertex 당 약 3cm)의 Grid Map은 자세하고 체계적인 지형이 나올 수 있는 장점이 있지만, 데이터 사이즈로 인한 메모리 공간이 낭비되고, 그만큼 처리속도가 느리다는 단점이 존재한다. 이러한 단점을 극복할 대안으로 수심 변화량을 파악한 후, 수심 변화량이 적을 경우, 해당 면적을 하나의 Face로 묶고, TIN으로 다시 변환한다면, 상세 데이터를 기준으로 데이터 사이즈를 줄일 수 있고, Drawing 속도 또한 확보할 수 있다. 서비스 측면에서 재해석하면, 고객의 요구사항에 따라 퍼포

면스를 위한 라이트 버전(최소화된 그리드 메시, Simplified Grid Mesh), 배포관
엔드유저를 위한 스탠더드 버전(Triangle-Striped Mesh), 정밀도를 위한 풀 버
전(풀 버전 그리드 메시, Full Grid Mesh) 등 다양한 버전으로 해당 서비스를
제공할 수 있을 것으로 예상된다. 스탠더드 버전은 연안해를 운항하는 어선 및
선박의 안전사고를 효과적으로 예방하고, 해양 레저 산업의 발달을 촉진시킬 수
있을 것으로 예상된다.



참 고 문 헌

- [1] Bae, M. K., H. I. Shin, D. J. Lee, I. K. Kang, Y. W. Lee, K. S. Kim, "Three Dimensional visualization of seafloor topography for the application of integrated navigation system," *Journal of Korea Society of Fisheries Technology*, Vol.42, No.2: pp.104-110, 2006
- [2] Bhat, M. A., R. M. Shah, and B. Ahmad, "Cloud Computing: A solution to Geographical Information Systems (GIS)", *International Journal on Computer Science and Engineering*, Vol.3, pp.594-600, 2011
- [3] Hong, S. T., Y. S. Shin, J. W. Chang, "Optimization and Performance Analysis of Cloud Computing Platform for Distributed Processing of Big Data", *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol. 19, No. 4, pp.55-71, 2011
- [4] Norbert Pfeifer., "A subdivision algorithm for smooth 3D terrain models", *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 59, pp.115 - 127, 2005
- [5] Bernik, A., Z. Sabati, "Generating Terrain and HI Details using Texture Maps", *Tiskarstvo and Dizajn*., 2013
- [6] Kim, D. I, K. H. Kim, S. J. Lee, Y. H. Park, "Development of 3-D GIS based Expression System for Utilization of Submarine Mineral Resource Exploration Data", *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol.21, No.3: pp.21-30, 2013
- [7] Marston, S., Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, and A. Ghalsasi, "Cloud computing-The business perspective", *Decision Support Systems*, Vol.51, pp.176-189, 2011

- [8] Schuffer, B., "Behind the buzz of Cloud Computing - 52°North Open Source Geo- processing Software in the Clouds" *presented materials, FOSS4G Conference, 2009*
- [9] Argo (oceanography),
Retrieved on 9 October, 2013 from
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/2013-09-countries.jpg>
- [10] "Argo Project", of doopedia.
Retrieved on 10 October, 2013 from
http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000798767
- [11] APEX brochure, <http://www.webbresearch.com/apex.aspx>
- [12] ARGO 관측현황,
Retrieved on 9 October, 2013 from
<http://argo.jcommops.org/>
- [13] ARGO 자료처리시스템,
Retrieved on 18 November, 2013 from
<http://www.kordi.re.kr>
- [14] "Introducing ARGO float" of Korea Oceanographic Data Center.
Retrieved on 3 October, 2013 from
http://kodc.nfrdi.re.kr/page?id=argo_01
- [15] Japan Oceanographic Data Center.
Retrieved on 10 October, 2013 from
<http://jodc.go.jp>
- [16] National Oceanographic Data Committee of the Netherlands (NODC).
Retrieved on 10 October, 2013 from
<http://www.nodc.nl>

- [17] "Mariana Trench", of WIKIPEDIA.
Retrieved on 20 November, 2013 from
http://en.wikipedia.org/wiki/Mariana_Trench
- [18] "Ocean Surveyor" of doopedia.
Retrieved on 30 September, 2013 from
http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000919032
- [19] Standards of NMEA 0183,
Retrieved on 20 October, 2013 from
<http://www.nmea.org>
- [20] Standards (NMEA 0183).
Retrieved on 20 October, 2013 from
http://cath.org/gpsd/NMEA.html#_nmea_0183_physical_protocol_layer
- [21] "국가해양 정보시스템", Korea Ocean Observing And Forecasting System.
Retrieved on 6 October, 2013 from
http://www.khoa.go.kr/koofs/kor/observation/obs_real_map.asp
- [22] "국가해양기본도 조사현황", 국립해양조사원 KHOA
Retrieved on 21 September, 2013 from
<http://www.khoa.go.kr/basic/content/content.asp?sgrp=A01&siteCmsCd=CM0892&topCmsCd=CM0938&cmsCd=CM0955&pnum=4&cnum=12>
- [23] "연안정지관측", 해양수산연구정보.
Retrieved on 19 October, 2013 from
http://portal.nfrdi.re.kr/page?id=aq_env_coss_03_01
- [24] "위성영상과 원격탐사", 해양수산부
Retrieved on 20 October, 2013 from
<http://www.coast.kr/CoastKnowledge/Satellite/RemoteExploration.aspx>

[25] “최초탐사, 남태평양 심해를 가다”, KBS스페셜 (2011.06.05).

[26] “천리안 위성”, of WIKIPEDIA.

Retrieved on 20 November, 2013 from

[http://ko.wikipedia.org/wiki/천리안_\(위성\)](http://ko.wikipedia.org/wiki/천리안_(위성))

[27] “해양원격탐사”, 국립수산물과학원 위성해양정보시스템

Retrieved on 19 October, 2013 from

<http://portal.nfrdi.re.kr/sois/study/satellite02.jsp>



감사의 글

정보통신을 전공하고 소프트웨어분야 업계에서 10여년 근무하면서 소프트웨어 공학에 대한 학업의 필요성을 절실히 느껴 대학원에 지원하였습니다. 대학원 생활에 부족함이 많은 저를 흔쾌히 제자로 받아주신 박만곤 교수님께 깊은 감사의 말씀을 전합니다. 교수님의 관심과 열정으로 인해, 단순한 아이디어가 연구 논문으로 빛을 발하게 되었습니다. 감사드립니다.

컴퓨터 알고리즘과 지리정보시스템에 대해 깊이 있는 강의를 해주신 김수도 교수님께 감사의 말씀을 전합니다. 직장 생활과 병행하는 대학원 생활에 적응을 잘 할 수 있게 애정 넘치도록 도와주셨으며, 강의를 받으면서 업무와 관련되는 새로운 감각을 얻는데 많은 도움을 주셨습니다. 컴퓨터 자료구조와 컴퓨터 그래픽스 분야에서 열정으로 많은 것을 가르쳐주신 김영봉 교수님께 감사의 말씀을 전합니다.

특히 원고를 작성하는 동안 장난과 방해공작을 펼쳐 책상에 앉아있을 시간을 줄여준 딸과 아들에게 감사드립니다. 그들이 없었다면, 힘들었던 학업을 웃음과 즐거움으로 이겨낼 수 없었을 것 입니다. 끝으로, 남편을 믿으면서, 묵묵히 많은 것을 배려해주고 기도로 염려해 준 사랑하는 아내에게 이 모든 것을 바칩니다. 사랑합니다.