



저작자표시-동일조건변경허락 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.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

공학석사 학위논문

고정밀 스트리밍
DEM 데이터 기반
실시간 그리드분석 기법개발

지도교수 서 용 철

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2016년 12월

부경대학교 대학원

토목공학과

이 현 수

목 차

표목차	iv
그림목차	v
한글요약	vii
영문요약	viii
1. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 종전의 지형 그리드 분석	4
1.3 연구내용 및 방법	5
2. 연구방법	6
2.1 LOD 알고리즘을 적용한 DEM 분석	6
2.2 타일링 방식의 DEM데이터와 공간인덱스 분석	9
3. 구현방법	13
3.1 VWorld DEM 데이터의 구성	13
3.1.1 VWorld DEM 데이터 요청처리과정	16
3.1.2 DEM 데이터 공간검색 요청처리	18
3.1.3 공간 인덱싱 기반 데이터 취득처리	22
3.2 분석처리 절차	23
3.2.1 그리드 분석영역 입력 및 정밀도 설정	24
3.2.2 그리드 영역의 분할과 공간 인덱싱 검출	25

3.2.3 평면 투영 변환	28
3.2.4 평균표고 데이터 변환	35
3.2.5 그리드 분석 프로세싱	37
3.2.6 분석 결과 시각화	39
4. 결과도출	40
5. 결론 및 고찰	44
5.1 결론	44
5.2 고찰	46
참고문헌	48



표 목차

Table. 1-1. 2015년 기준 VWorld 3D 고정밀 지도 데이터 수준 및 용량 ...	2
Table. 1-2. 2013년 기준 국내공간데이터 서비스 현황	5
Table. 3-1. 2015년도 VWorld DEM 데이터 구축현황	13
Table. 3-2. 레벨별 DEM 데이터의 크기와 타일의 수, 용량에 대한 비교	15
Table. 3-3. 공간검색 요청 URL의 요청구문 형식과 인자해설	18
Table. 3-4. 공간검색 요청결과에 대한 데이터 구조 정의	19
Table. 3-5. 공간데이터 요청 URL의 요청구문 형식 및 인자해설	22
Table. 4-1. 부산시 해운대 장산 일대 방면 평균 경사도 분석 결과표	43

그림 목차

Fig. 1-1. 고정밀, 고화질의 3D 지도 서비스들	3
Fig. 1-2. 등고선 지형 모델을 레스터 표고 맵으로 변환과정	4
Fig. 2-1. 그리드 내에 정규화 표고점과 비정규화 표고점 예시	6
Fig. 2-2. Gaussian Pyramid 알고리즘을 적용 한 단계별 픽셀 변화	8
Fig. 2-3. World Wind Tile Map의 레벨별 Grid 예시	10
Fig. 2-4. World Wind Tile Map의 0레벨 타일 색인번호	11
Fig. 2-5. World Wind Tile Map의 데이터 적재 위치 설계	11
Fig. 2-6. World Wind Tile Map의 데이터 요청 예시	12
Fig. 3-1. VWorld DEM 데이터의 색인번호	14
Fig. 3-2. 한반도 전역 표현인 Level 4급 3D영상과 DEM 그리드	15
Fig. 3-3. VWorld 데이터 API 요청 처리도	16
Fig. 3-4. 부산시 해운대구 장산 방면 데이터 요청검색 결과조회	21
Fig. 3-5. 분석 처리에 대한 순서도	22
Fig. 3-6. N 레벨의 분석영역에 걸쳐지는 DEM 검출	24
Fig. 3-7. N+1 레벨의 분석영역에 걸쳐지는 DEM 검출	24
Fig. 3-8 N+2 레벨의 분석영역에 걸쳐지는 DEM 검출	25
Fig. 3-9. 단순 Quadtree의 공간검색 예시	25
Fig. 3-10. 유효한 그리드 데이터를 검출 하기 위한 분석영역을 타일에 전개	26
Fig. 3-11. 유효한 그리드 데이터를 검출하기 위한 한계분석 영역 검출 ..	26

그림 목차(계속)

Fig. 3-12. 유효한 그리드 데이터를 검출하기 위한 분석 영역에 포함된 공간색인 목록 수집	27
Fig. 3-13. 투영된 평면과 실제 타원체의 형상 비교	28
Fig. 3-14. 평면 투영을 위한 순서도	29
Fig. 3-15. WGS84 경위도 구면의 공간 인덱싱 생성	30
Fig. 3-16. 구면 타일을 Mercator Projection 통한 평면타일로 변환	30
Fig. 3-17. 그리드 격자에 DEM 표고점 변환 적용	30
Fig. 3-18. 표고기준점의 데이터가 각 지점단위의 높이 값을 보유상태	35
Fig. 3-19. 표고기준점을 지정한 격자의 간격단위로 영역을 생성하고 포함되는 표고점 수집	36
Fig. 3-20. 격자에 수집된 표고점을 기준으로 평균화 하여 영역 기준의 평균표고격자를 생성 ·	36
Fig. 3-21. 표고격자 e를 구하기 위한 인접한 8개의 표고격자	38
Fig. 3-22. 경사도분석 도안	38
Fig. 3-23. 평균경사도 분석 레스터 데이터 예시	39
Fig. 4-1. 경사도 분석을 할 대상지 위성영상과 DEM 그리드	40
Fig. 4-2. 경사도 분석 결과	41
Fig. 4-3. 셀간의 분석에 대한 영향력 예시	42
Fig. 5-1. 종전의 강수량에 따른 수심정보를 분석	47
Fig. 5-2. 종전의 산사태 위험도 분석	47

고정밀 스트리밍 DEM 데이터 기반 실시간 그리드분석 기법개발

이 현 수

부 경 대 학 교 대 학 원
토 목 공 학 과

요 약

최근 측량 및 기술의 발전을 통해서 공간정보의 취득 속도와 정밀도가 계속 향상되고 있다. 이에 따라 공간정보의 갱신 시간과 데이터의 크기가 기술의 발전 만큼 커지고 있기에 그에 따른 데이터의 표현을 실시간으로 처리하기 위해서 LOD(Level Of Detail) 알고리즘을 적용하여 공간정보를 단계별 정밀 수준을 나누어서 스트리밍 방식으로 사용하고 있다.

종전 그리드분석은 단일 수준의 DEM을 그대로 사용하여 분석영역 외 모든 데이터를 검토하고 이에 따른 분석을 하는 방법을 사용하기에 데이터 용량과 비례한 분석 시간 증가가 발생하게 되었다. 이에 따라 본 연구는 최근 대부분의 3차원 지형정보 서비스로 사용하고 있는 스트리밍 DEM 데이터를 이용한 분석에 필요한 영역과 정밀도 수준을 기준으로 그리드분석에 필요한 DEM 데이터만 취득하여 이를 실시간으로 분석함으로써 분석에 소요되는 시간과 데이터 사용량을 줄이는 방향을 제시하였다.

주요어 : LOD(Level Of Detail), 고정밀 스트리밍, DEM, 실시간 그리드 분석

Development of Realtime GRID Analysis Method based on the High Precision Streaming
Data

HyeonSoo Lee

Department of Civil Engineering., The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

With the recent advancement of surveying and technology, the spatial data acquisition rates and precision are improved continually. As the updates of spatial data are rapid and the size of data increases in line with the advancing technology, the Level of Detail (LOD) algorithm is adopted to process data expressions in real time in a streaming format with spatial data divided precisely into separate steps.

Existing GRID analysis utilizes the single DEM, as it is, in examining and analyzing all data outside the analysis area as well, which results in extending the analysis time in proportion to the quantity of data. Hence, this study suggests a method to reduce analysis time and data throughput by acquiring and analyzing DEM data necessary for GRID analysis in real time based on the area of analysis and the level of precision, specifically for streaming DEM data, which is utilized mostly for 3D geographic information service.

KEYWORDS : *Level of Detail (LOD), High precision streaming, DEM, Realtime grid analysis*

I. 서론

1.1 연구배경과 목적

21세기를 시작하면서 전 세계적으로 인터넷과 전자기기의 발달로 세계의 여러 정보들이 온라인화 되면서 그 정보의 수량과 질이 급격히 증대되고 있다. IT 및 스마트 기기들의 발전으로 인하여 종래는 정부, 공공기관, 기업, 학계에서 사용되는 공간정보가 점차 개인의 개인정보에 융합하여 개인의 공간정보 활용으로 바뀌고 있는 추세이며 이에 따른 추세에 개인 맞춤형 서비스를 제공하는 IT 기업들도 보다 고정밀 · 고속의 서비스를 할 수 있는 공간정보 기술을 개발하고 있다. 공간정보의 정보량이 시간이 지남에 따라서 축적되는 데이터양이 이를 수용하고 처리하는 장비와 통신 속도보다 더 빠르게 증가하지만 이용자 측면에서는 증강현실, 가상현실, IOT과 같은 신기술에서 고정밀 공간정보 활용으로 인해서 더욱 빠른 반응성을 원하고 있기에 대규모, 대용량의 공간정보를 보다 적은 전송량과 처리량으로 정확하게 전달하는 기술 개발을 추진 중에 있다.

이러한 기술을 바탕으로 개발된 실시간 가시화 및 서비스를 위한 공간 데이터 정의들이 연구되어 만들어지고 이를 서비스 하는 부분으로 전세계를 대상으로 서비스하는 Microsoft 사의 Bing Maps, Google 사의 Google Maps, 비영기구 OSM에서 서비스 중인 Open Street Map이 있다. 국내에서도 국토교통부가 서비스하는 공간정보 오픈플랫폼 VWorld가 있으며 모두 고정밀 공간 데이터를 인터넷을 통하여 공간정보의 요청이 가능하도록 Web API (Application Programming Interface)를 만들어서 인터넷이 가능한 모든 기기에서 URL로 요청만 하면 처리 할 수 있는 방식으로

사용 할 수 있도록 하였다.

이런 추세에 고정밀 공간정보 데이터를 Web API를 통한 높은 접근성과 실시간 서비스를 염두에 두어둔 스트리밍 방식으로 설계된 데이터 성질을 활용하여 본 연구에서는 지형 그리드 분석에 적용하여 빠르고 접근성 좋으며 실시간으로 처리가 가능한 분석 방법을 고안하게 되었다. 이를 통한 3가지 이점을 가지게 되는 것을 목표로 한다.

- (1) 실시간 가시화 기법을 위해 처리된 스트리밍 데이터를 사용 하는 것으로 지형 분석을 위해서 사전에 준비해야 될 데이터 처리 과정의 간소화로 분석 준비과정 단축
- (2) 분석 데이터를 모두 취득 후에 분석 하는 종전의 방식과 달리 필요한 부분만을 선택적으로 수집으로 저장소의 효율적인 사용과 LOD 데이터를 활용한 분석의 정밀도 조절로 분석의 정확도와 분석 소요 시간을 선택 가능
- (3) 실시간 분석을 통하여 단위 처리별 분석 결과를 즉시 확인 가능하여 실시간 분석 결과 확인 및 분석 처리의 응답성을 향상

이러한 목표로 지형 그리드 분석에서 효율성을 향상하고자 한다.

Table. 1-1. - 2015년 기준 VWorld 3D고정밀 지도 데이터 수준 및 용량
(출처 : VWorld홈페이지 데이터등록자료 조회공개)

원본 종류	원본 크기	원본 해상도	구축 면적	구축 크기
항공사진	167 GB	0.25 m	1071.5 km ²	1.4 TB
DEM	-	1 m	568.4 km ²	70.7 GB
3D 시설물	48.7 GB	0.25 m	1071.5 km ²	69.5 GB
POI	-	-	-	70 GB



Fig. 1-1. 고정밀, 고화질의 3D 지도를 서비스들.

Apple Map, Google Earth, Bing Map, VWorld로 3차원 형상정보와 고정밀 영상정보를 결합하여 고품질 3D 지도서비스를 하고 있다.

1.2 종전의 지형 그리드 분석

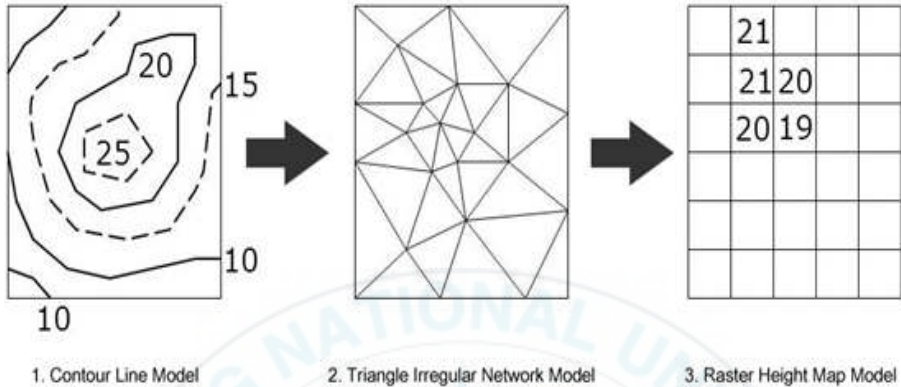


Fig. 1-2. 등고선 지형 모델을 레스터 표고 맵으로 변환 과정

종전에는 등고선 기반의 수치지형도를 그리드 단위의 분석을 위해서 1차적으로 지형표고를 통한 불규칙삼각망 (TIN, Triangle Irregular Network) 형태로 형성하고 2차적으로 Bspline 보간 기법을 이용하여 그리드 기반의 평균표고 Raster 지도를 생성한다. 표고지점이 같은 간격으로 나열된 Raster 데이터의 표고정보를 기반으로 수평면의 표고 정보 분석하여 지형의 경사도 및 경사향 등의 그리드 기반에 지형분석을 하였다. 1:1000 에서 그 이상 축척의 수치지형도를 사용하다가 측량장비의 발달로 LiDAR 같은 장비를 이용하여 현재는 표고간 간격이 1 m 이내의 고정밀화 된 그리드 기반의 DEM 데이터로 출력되면서 이에 따른 분석의 과정과 정확도가 크게 올랐다. 다만 이로 인한 고정밀 DEM 데이터를 제작된 원 데이터의 크기가 정밀도가 오를수록 DEM의 영역이 커질수록 매우 높은 용량이 되며 이를 불러와서 분석을 위한 정보를 사전 처리하는 과정 자체에서도 많은 시간이 소비하게 된다.

1.3 연구내용 및 범위

본 연구는 종전에 실시간 가시화를 위한 처리를 거친 공간데이터를 서비스하는 서버를 접근하여 필요한 공간데이터 구간에 대한 공간색인 연산을 하는 것으로 데이터를 수집하는 방법을 선행으로 처리하며 이에 따라서 분석에 필요한 작은 단위의 DEM 데이터들을 수집한다.

수집된 DEM 데이터에서 지형표고기준점을 활용하여 종전의 지형분석 알고리즘을 통한 DEM 단위별 분석을 수행한다. 이 단위별로 분석된 그리드 정보를 개별적으로 즉시 표현하는 것으로 실시간으로 처리를 보여주며 각 정보를 수집하여 통계적인 정보로 계산을 통해서 모든 분석이 끝나는 시점에서 즉시 완료되는 전체 통계정보를 처리하도록 한다.

특징적인 것은 DEM데이터의 수집 및 처리가 스트리밍을 위하여 매우 작은 단위의 데이터들이 오기 때문에 분석을 위한 경과 시간도 매우 짧으며 이에 대한 결과도 즉시 보여줄 수 있기 때문에 실시간적으로 분석되고 이를 가시화 하는 방법으로 지형과 공간에 대한 분석에 대한 제시하고자 한다.

본 연구에서 사용된 데이터는 국토부에서 제작 및 배포하고 있는 VWorld의 DEM 데이터를 활용하여 실시간 지형 분석을 수행 하였다.

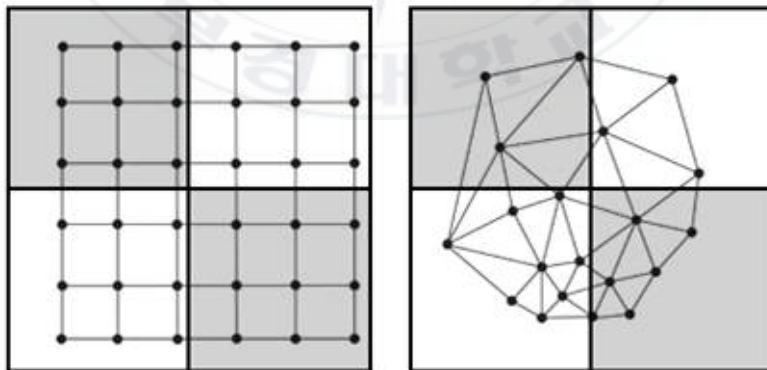
Table. 1-2. 2013년 기준 국내공간데이터 서비스 현황

구분	브이월드	다음	네이버	구글
위성 영상 해상도	0.5 m	300 m	300 m	1 m
3D 지형 세밀도 (DEM)	10 m	제공안함	제공안함	90 m
도로 정보	제공함	제공안함	제공안함	제공안함
행정 구역	제공함	제공안함	제공안함	제공안함
주요 지명 정보	30건	제공안함	제공안함	2건
위성영상 촬영일	2013년	없음	없음	2007년

2. 연구방법

그리드 분석을 위해서는 분석의 정규화, 정량화를 위해서 분석에 필요한 데이터의 추출이 필요한데 이 표본정보는 지형을 구성하는 지형모델의 종류에 따라서 Fig 2-1처럼 추출량이 달라진다. 등고선 또는 TIN과 같은 벡터방식의 구성으로 만들어진 지형 모델은 공간상 불규칙적인 표고 기준점을 가지고 있기 때문에 그리드의 단위 공간에 추출되는 표고 기준점 수에 변화 폭이 커지게 된다. 이런 방향에서 정규화된 지형표고점을 가진 레스터 형식의 DEM 데이터로 보간 후에 그리드 분석을 하는 것이 일반적인 추세이다.

2.1 LOD 알고리즘을 적용한 DEM 분석

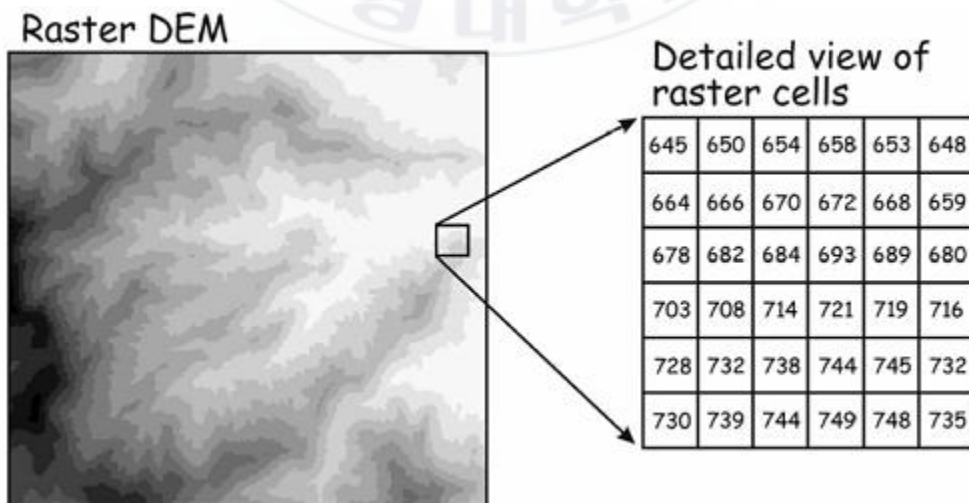


Height value detected in the terrain model

Fig. 2-1. 그리드 내에 정규화 표고점과 비정규화 표고점 예시

DEM은 격자의 간격과 표고 값의 정밀도 및 공간의 크기에 비례해서 그 데이터 크기가 결정되는데 고정밀, 대단위 DEM인 경우는 한 번에 모든 DEM 데이터를 불러와서 시각화하는 부분에서 표현의 범위와 표현의 품질을 결정해야 하기에 LOD(Level of Detail) 알고리즘을 적용하여 단계별 표현수준을 만든다. 그리고 각 단계별 수준에 데이터들을 스트리밍으로 처리하기 위해서 정규 식을 적용하여 동일한 밀도를 가진 단위 데이터를 만들고 이를 공간 인덱싱을 통해서 필요한 정보만을 찾아 갈 수 있는 구성으로 데이터를 구축한다.

DEM 데이터가 Raster 형식이기 때문에 이러한 특성을 이용하여 고속화 이미지 가시화를 위한 이미지 프로세싱에서 사용하는 Gaussian Pyramid 알고리즘을 적용하여 단계별 정밀도를 줄이는 과정을 반복하여 단계가 거듭될수록 점차적으로 데이터의 범위는 늘어나고 밀도는 낮아지는 형태로 단계별 정밀도를 가진 피라미드 방식의 DEM 데이터로 구성한다. 이에 따라 사용하고자 하는 지역의 DEM을 낮은 정밀도에서 순차적으로 높은 정밀도의 단계로 전환하면서 데이터의 일관성을 유지한다.



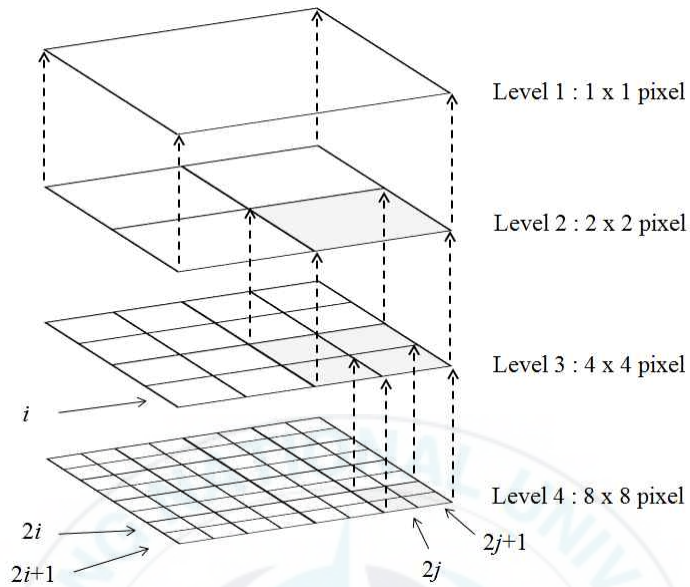


Fig. 2-2. Gaussian Pyramid 알고리즘을 적용 한 단계별 픽셀 변화

상위 단계로 올라갈 때 상위의 표 값을 계산하기 위해서는 Gaussian Pyramid 알고리즘에서 아래와 같은 (1)을 사용하여 상위 단계의 DEM 지형표고의 보간 값을 갖는다.

$$g_l(i,j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m,n) g_{l-1}(2i+m, 2j+n) \quad (1)$$

지형의 영상은 Gaussian Pyramid 방식을 사용하거나 또는 Wavelet-based image compression을 활용한 방식으로 영상을 압축 및 표현처리를 할 수 있기 때문에 분석에 사용하기 위해서는 데이터의 LOD 기법에 대한 적용 방식에 차이를 이해하고 있어야 된다.

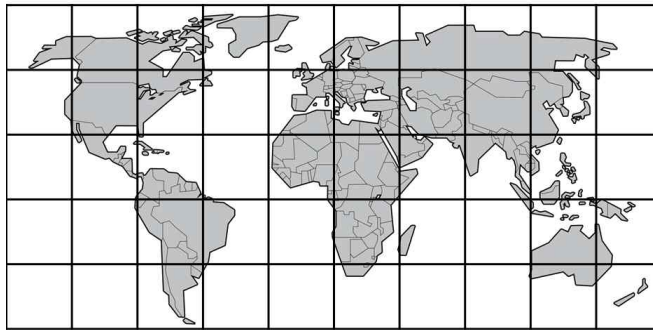
2.2 타일링 방식의 DEM데이터와 공간인덱스 분석

하나의 거대한 데이터 형태로 만들어진 고정밀 DEM 데이터는 이를 불러오는 과정에서부터 많은 시간이 필요로 하며 이를 이용한 실제 사용할 데이터의 선별이나 처리과정에서도 모든 데이터를 가지고 있어야 하기에 저장 매체 및 시스템의 메모리 사용률이 매우 높아진다. 이 문제를 해결하고자 필요한 영역의 작은 데이터만을 빠르게 수집하여 처리할 필요가 있어지는데 단순히 데이터의 조각으로 분할이 아닌 빠른 공간의 인덱싱을 계산할 수 하도록 DEM 데이터도 공간의 단계별 분할과 타일기반의 분류 방식으로 나누어서 이를 단위 데이터로 적재하여 명명된 고유 식별 번호를 통한 빠른 속도로 공간의 인덱싱을 구현한다.

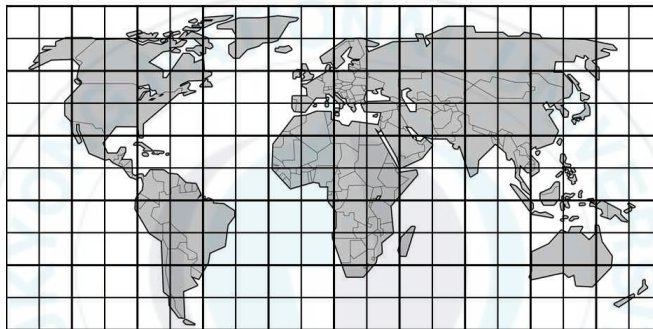
본 연구에서 사용되는 데이터는 공간정보 오픈플랫폼의 VWorld DEM 데이터이며 이를 선정한 기준은 스트리밍을 위한 타일링된 고정밀 DEM 데이터를 서비스하는 조건에서 한반도 기준으로 가장 정밀한 5 m의 격자 간격을 가진 DEM(전 세계는 90m, 해저 1km)를 가지고 있으며 누구나 사용가능 한 플랫폼이기 때문에 접근성이 좋다. VWorld는 NASA에서 개발한 World Wind Map Tile System을 사용하여 스트리밍을 위한 타일링을 구현하고 있다.

Map Tile System은 주로 2가지로 분류되는데 MS Bing Map, Google Map, Open Street Map등의 Mercator Projection 을 통한 Quadtree Tile System으로 지구전체를 4분할로 하위 타일로 만들어가는 방식이며 주로 2차원 지도에서 많이 사용한다. 그리고 NASA World Wind에서는 지구구면체를 Plate carrée Projection 하여 경도, 위도 각각 36도씩 나누어 경도 10개 구역, 위도 5개의 타일 구역으로 나눈다. 주로 3차원 지도에서 많이 사용하며 이 타일 구역을 다시 경도, 위도로 각각 2분할로 나누면서 하위

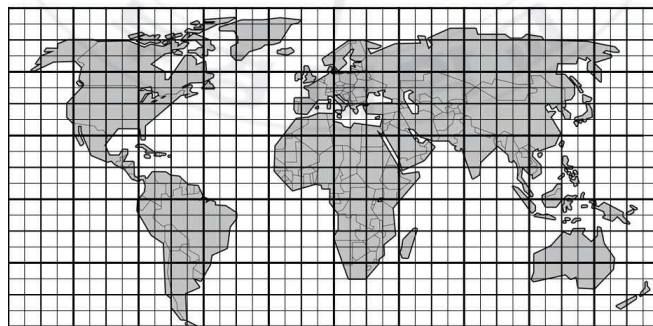
타일 단계를 만들어 가는 구성이다.



Level 0



Level 1



Level 2

Fig. 2-3. World Wind Tile Map의 레벨별 Grid 예시

이러한 구성으로 공간 색인은 타일의 좌측 최하 단을 기준으로 우상단 방

향으로 x축과 y축이 진행되어 간다.

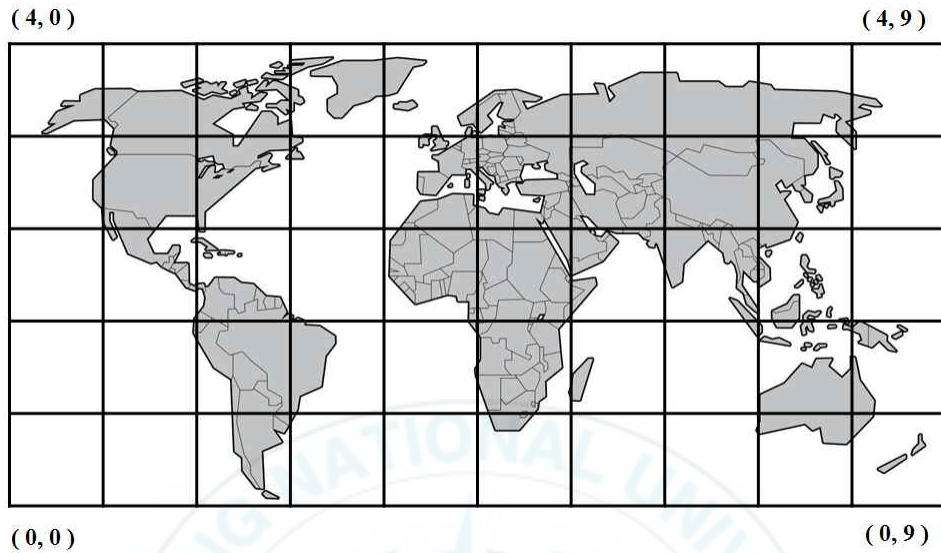


Fig. 2-4. World Wind Tile Map의 0 레벨 타일 색인번호

이러한 공간 색인을 기준으로 각 타일단위의 데이터가 모두 파일로 나누어져서 데이터를 적제 하게 된다.

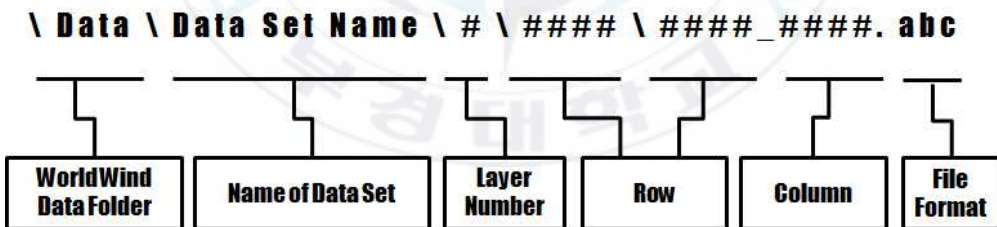


Fig. 2-5. World Wind Tile Map의 데이터의 적제 위치 설계

이를 통해서 색인에 대한 수식만 적용하면 별도의 공간 색인을 위한 데이터 요청과 해석과정이 없이 직접적으로 필요한 공간데이터를 찾을 수 있다. 데이터의 유효성은 해당지역에서 데이터가 존재하는지 여부에 대한 부분으로 유효성이 확인된다.

이를 통해서 공간적인 색인의 단순화와 데이터의 구조적인 적제를 통해서 공간 색인의 과정을 단순화 하여 빠른 색인과 응답성을 가지게 된다.

C:\Program Files\NASA\World Wind 1.3\
Data\Earth\BludeMarbleTextures\0\0002\0002_007.dds

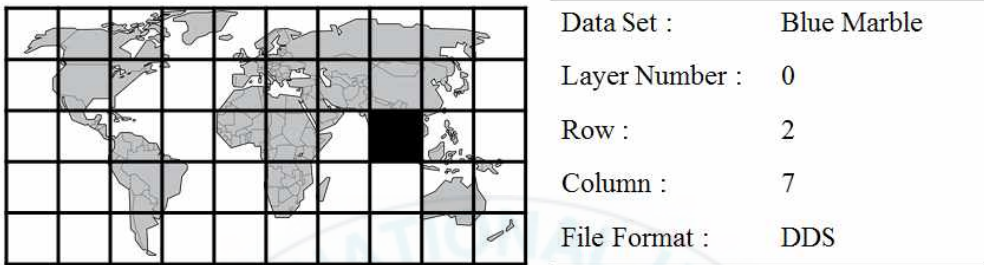


Fig. 2-6. World Wind Tile Map의 데이터 요청 예시

타일의 고유 색인번호는 다음의 수식에 의해서 계산된다.

$$TileID = 2^n \times 10 \times y + x$$

n = Tile의 Level, y = Row, x = Col

사용 예로 Level 2, row 1, col 8 이면 $2^2 \times 10 \times 1 + 8 = 48$ 로 타일 고유 번호는 48번이 된다.

타일의 고유 색인번호를 이용하여 해당 타일의 위치와 주변 타일의 관계를 계산할 수 있다.

3. 구현 방법

3.1 VWorld DEM 데이터의 스펙

VWorld의 DEM 데이터 구축정보는 다음과 같다.

Table. 3-1. 2015년도 VWorld DEM 데이터 구축현황
(출처 : VWorld 홈페이지 등록자료조회 중 지형정보)

원본데이터 정보		데이터 제공 정보	
데이터 종류	DEM	데이터 구축기관	국토교통부 (공간정보기획과)
데이터 포맷	E r d a s img	데이터 제공기관	국토교통부 (공간정보기획과)
해상도	1 m	대외 제공 가능 여부	가능

데이터 구축 정보		서비스 데이터 정보	
구축년도	2009 ~ 2013	서비스 포맷	bil (타일, EGIS 3D 엔진)
구축지역	3D 구축 지역	서비스 데이터 크기	70.7 GB
구축면적	5 6 8 . 4 km ²	최초 서비스 제공 시 기	2013-03-08
구축방식	항공라이다 자료 처리		

DEM 데이터는 각 타일의 가로와 세로 크기는 0레벨에서 경위도 도각 (degree)로 36도씩 구성되며 1레벨은 그의 절반인 18도, 2레벨은 9도식으로 원하는 레벨까지 계속 절반의 각도로 줄어든다. 그리고 하나의 타일에

는 가로, 세로 각각 65개의 표고기준점을 가지고 있어서 가로, 세로 각각 64개의 격자를 형성한다.

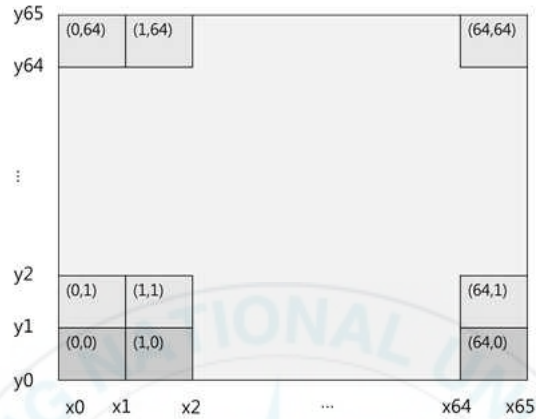


Fig. 3-1. VWorld DEM 데이터의 색인번호

좌표의 최소점인 좌하단 부터 최대점인 우상단으로 x, y 색인번호가 전개된다.

n 레벨에서 각 격자의 가로 및 세로 간격은 수식 (2)으로 구성되며 DEM 격자는 4096개를 가진다.

$$x^{\circ} = \frac{36^{\circ}}{2^n \times 64} \quad (2)$$

VWorld의 DEM의 표고기준점은 32 bit 단정도 (single-precision)의 부동소수점으로 구성되며 23 bit의 가수를 가진다. 표고기준점은 모든 타일에 동일한 수를 가지고 있기 때문에 아래와 같은 값을 가진다.

$$16900 \text{ byte} = 65 \times 65 \times 4 \text{ byte}$$

각 격자의 표고는 격자를 둘러싼 4 개의 표고기준점에 평균으로 표고의 높이를 산정한다.

Table. 3-2. 레벨별 DEM 데이터의 크기와 타일의 수, 용량에 대한 비교

레벨	타일크기(Degree)	타일 총 수	총 용량
0	36	50	825 kb
1	18	200	3,300 kb
2	9	800	13,200 kb
3	4.5	3,200	52,812 kb
4	2.25	12,800	845,000 kb
5	1.125	51,200	3,380,000 kb
n	36^{-n}	50×4^n	$50 \times 4^n \times 16900$

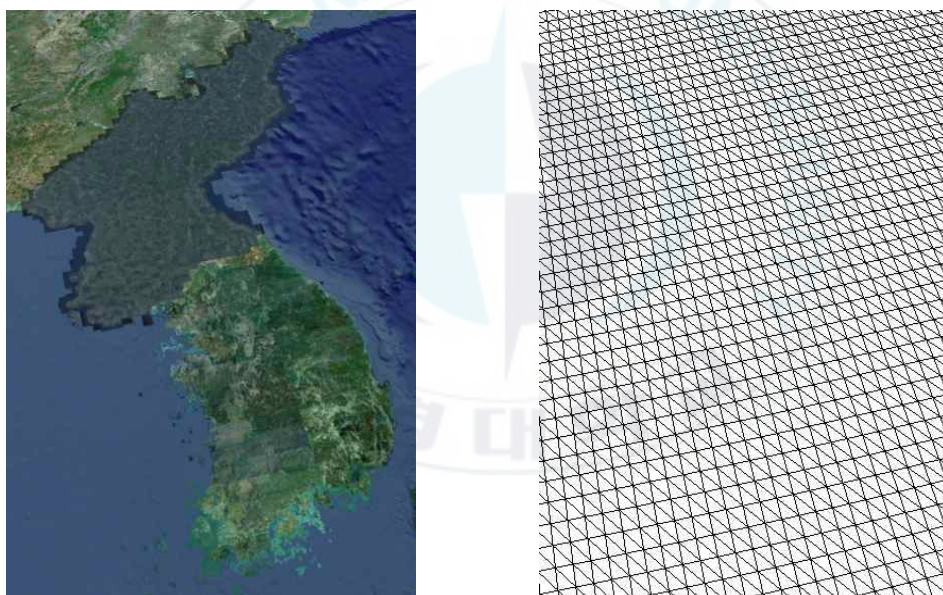


Fig. 3-2. 한반도전역 표현인 Level 4 급 3D 영상과 DEM 그리드

3.1.1 VWorld DEM 데이터 네트워크 요청처리과정

데이터를 취득하는 방법은 사용이 인증된 Key를 발급 받은 후에 HTTP 통신을 통한 URL로 요청하게 되면 VWorld의 데이터 서버에서는 해당 URL 정보를 기준으로 요청한 결과를 받는 WAS (Web Application Server) 방식을 통해서 전달받는 방식으로 이용하는 단말기의 기기종류 및 O/S에 관계없이 Web이 사용가능한 모든 장비에서 활용 가능하다.

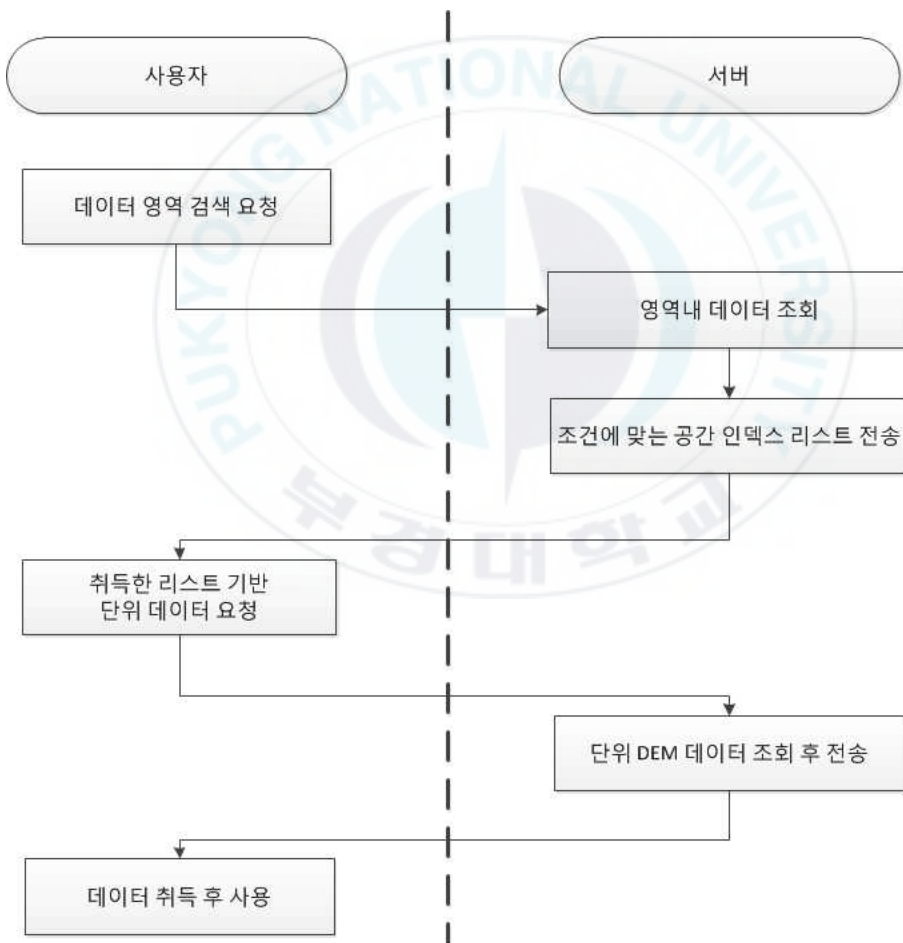


Fig. 3-3 VWorld 데이터 API 요청 처리도

데이터 습득과정은 2개의 단계로 거치게 되는데 첫 번째는 서비스 중인 데이터의 공간 인덱싱 정보를 조회하는 것으로 검색하고자 하는 지역에서 현재 취득 가능한 공간 인덱싱 리스트 정보를 얻을 수 있다. 이후 받은 공간 인덱싱 리스트 정보를 기반으로 실제 데이터를 요청하는 것으로 처리하고자하는 그리드 전체를 요청 후 가능한 데이터를 수집하는 것 보다 효과적으로 데이터 취득을 가능하게 해준다.

데이터의 요청형식은 클라이언트 사용자 장비에서 Web을 통한 URL 요청을 통해서 공간데이터를 서비스하는 서버에 요청하게 되며 요청에 대한 세부적인 인자에 의해서 서버는 내부적으로 관리하는 공간데이터를 조회하고 그에 대한 결과를 다시 HTTP 요청의 응답으로 반환하게 된다. 반환은 Web 표준정의에 의한 HTTP의 패킷정보, XML를 통한 문자정보, JSON을 통한 서버의 동적처리를 구조체형 자료 형으로 보내주는 결과 반환법과 실제 사용을 위한 스트리밍 공간 데이터를 받을 수 있는 구조로 설계되어 있다.

본 방식을 통해서 서버와 클라이언트 간에 다량의 네트워크 흐름이 흐르지만 타일의 단위로 데이터의 요청과 취득이 있기 때문에 데이터 요청 및 분석 처리 중에 발생하는 장애요인에 대해서 빠르게 처리를 중지 및 재개할 수 있다. 또한 장비의 특성을 타지 않는 방식이기 때문에 다양한 스펙의 클라이언트 장비들을 클러스터화 하여 다량의 분업화된 방식으로 더욱 빠르게 처리가 가능한 것이 Web을 통한 서비스로 데이터를 전송 받을 수 있게 된다.

3.1.2 DEM 데이터 공간검색 요청처리

분석하고자 하는 대상 영역에서 DEM을 취득하기 위한 과정에서 볼 때 서버의 서비스 데이터가 실제 해당 지역에 존재하고 있는지 여부와 영역 전체에 몇 개의 DEM이 있으며 각 DEM들의 공간인덱스 정보가 어떻게 되는지 조회를 해야 취득 가능한 목록을 작성 할 수 있다.

아래는 공간검색 요청처리에 대한 사용법 분석 및 그 예시이다.

요청구분 URL

```
http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestSearchRect?APIKey=인증키
&Layer=LayerName&Level=Level&Bound=minLon,minLat,maxLon,maxLat
&CheckFlag=Flag
```

Table. 3-3. 공간검색 요청 URL의 요청구분 형식과 인자 해설

항목명	인자형식	설명	선택요소 / 필수
인증키	String	사용자용으로 발급된 API Key	필수
Layer	String	검색 대상 레이어 명 예) hybrid_road, poi_bound 등	필수
Level	Decimal	검색 요청 레벨	필수
Bound	Decimal	검색할 최소최대 경위도 영역 좌표계 : WGS84 경위도 (EPSG:4326, 10진법 표기)	필수
CheckkFlag	BOOL	검색 항목에 Flag Node 추가여부 True = 추가 False = 제외	선택 (기본 값 : False)

Table. 3-4. 공간검색 요청결과에 대한 데이터 구조 정의
출력결과

```
<SearchResult ...>
  <Layer ...>
    <Nodes ...>
      <Node ... />
    </Nodes>
  </Layer>
</SearchResult>
```

결과 내용에 대한 XML 스키마 정의

항목명	설명
SearchResult	영역검색에 대한 결과 내용을 지시하는 요소
Layers	검색에 포함된 레이어를 지시하는 요소
Nodes	검색에 포함된 노드들의 묶음을 지시하는 요소
Node	검색된 노드를 지시하는 요소

Layer

특성	설명	선택/필수
Name	검색된 레이어의 명칭	필수

Nodes

특성	설명	선택/필수
Level	검색된 Nodes의 레벨	필수
NodeCount	검색된 Node의 개수	필수

Node

특성	설명	선택/필수
IDX	노드의 IDX 값	필수
IDY	노드의 IDY 값	필수
Flag	현재 노드가 Flag 노드인지 판별 True - Flag Node False - 일반 데이터 노드	필수

사용예시

부산시 해운대구 장산 방면지역 (최소 경도 129.146132, 최소 위도 35.1660635, 최대 경도 129.1516948, 최대 위도 35.167859)

DEM 정밀도 15레벨 단계의 데이터 노드 검색

요청구문

```
http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestSearchRect?APIKey=46CE3E7C-577E-379E-89D0-B3B8E4FBD215&Layer=dem&Level=15&Bound=129.1461321,35.1660635,129.1516948,35.167859&CheckFlag=False
```

```

▼<SearchResult>
  <Version>1.0</Version>
  ▼<Layer Name="dem">
    ▼<Nodes Level="15" NodeCount="18">
      <Node IDX="281392" IDY="113929" Flag="false"/>
      <Node IDX="281393" IDY="113929" Flag="false"/>
      <Node IDX="281394" IDY="113929" Flag="false"/>
      <Node IDX="281395" IDY="113929" Flag="false"/>
      <Node IDX="281396" IDY="113929" Flag="false"/>
      <Node IDX="281397" IDY="113929" Flag="false"/>
      <Node IDX="281392" IDY="113930" Flag="false"/>
      <Node IDX="281393" IDY="113930" Flag="false"/>
      <Node IDX="281394" IDY="113930" Flag="false"/>
      <Node IDX="281395" IDY="113930" Flag="false"/>
      <Node IDX="281396" IDY="113930" Flag="false"/>
      <Node IDX="281397" IDY="113930" Flag="false"/>
      <Node IDX="281392" IDY="113931" Flag="false"/>
      <Node IDX="281393" IDY="113931" Flag="false"/>
      <Node IDX="281394" IDY="113931" Flag="false"/>
      <Node IDX="281395" IDY="113931" Flag="false"/>
      <Node IDX="281396" IDY="113931" Flag="false"/>
      <Node IDX="281397" IDY="113931" Flag="false"/>
    </Nodes>
  </Layer>
</SearchResult>

```

Fig. 3-4. 부산시 해운대구 장산 반면 데이터 요청검색 결과 조회

3.1.3 공간 인덱싱 기반 데이터 취득처리

Fig 3.3에서 도출된 검색된 노드(지도타일) 목록을 가져와서 각 개별적으로 실제 단위 DEM 데이터를 요청한다.

검색요청과 동일한 URL 주소를 통한 데이터 요청을 하며 검색요청과 다른 점은 성공적인 요청인 경우에는 직접적인 데이터를 전송받게 된다.

Table. 3-5. 공간데이터 요청 URL의 요청구문 형식 및 인자해설

<pre>http://xdworld.vworld.kr:8080/XDServer/requestLayerNode?APIKey=인증키 &Layer=LayerName&Level=NodeLevel&IDX=NodeIDX&IDY=NodeIDY</pre>
--

요청변수

항목명	인자형식	설명	선택요소 / 필수
인증키	String	사용자용으로 발급된 API Key	필수
LayerName	String	필요한 자료를 찾을 대상 레이어명	필수
NodeLevel	Decimal	노드의 레벨	필수
NodeIDX	Decimal	노드의 IDX 값	필수
NodeIDY	Decimal	노드의 IDY 값	필수

데이터 요청이 정상적으로 이루어지면 대상 타일의 스트리밍 DEM 데이터를 Web을 통해서 전송받게 된다. 천 번 이상의 데이터 요청에서 하나의 DEM 데이터를 전송받는데 걸리는 시간은 0.15~0.24초가량 소비되었다.

3.2 분석처리 절차

본 연구의 절차는 아래의 절차를 가지고 개발하였다. 주요 처리는 지형 그리드를 분석하고자 하는 분석 영역을 입력하고 해당 영역이 공간인덱싱을 통한 필요한 단위 DEM의 목록을 추출하며, 이 단위 DEM을 기준으로 그리드 분석 알고리즘을 적용하여 공간을 분석하는 것으로 구현하였다. 이렇게 분석되어진 결과를 시각화 표출을 하는 것과 동시에 종합분석DB에 적재하여 통계적 결과를 표출할 수 있도록 적재방식을 개발하였다.

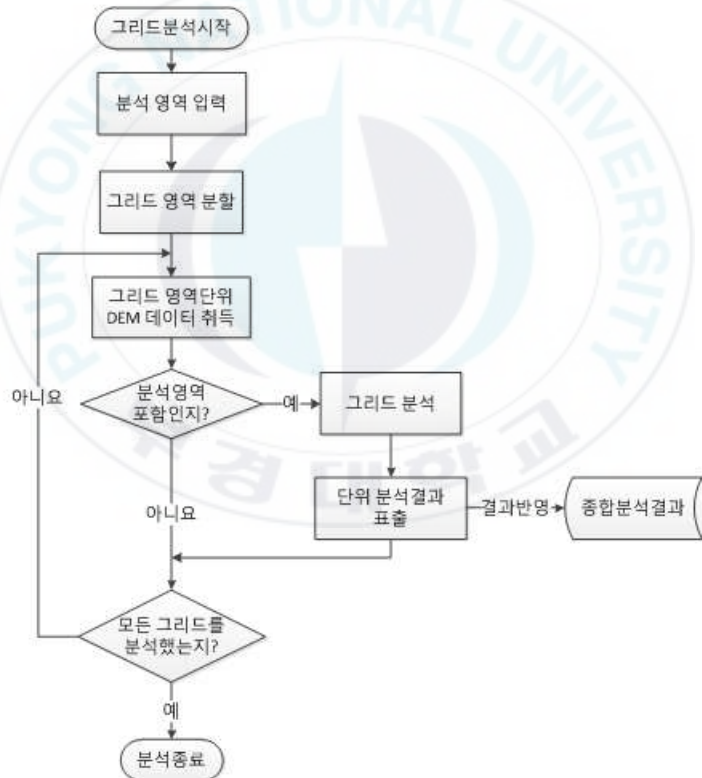


Fig. 3-5. 분석 처리에 대한 순서도

3.2.1 그리드 분석영역 입력 및 정밀도 설정

그리드 분석 수행을 위해서 분석 대상이 되는 분석 영역을 입력받게 되고 이에 따른 한계 분석 영역을 설정과 분석 정밀도를 설정한다. 한계 분석 영역은 분석 영역에 가진 MBR(Map Bound Rect)를 구성하는 한계 분석 영역을 계산하고 이 계산영역 내에서 DEM 데이터의 제한 범위를 두는 것으로 개발하였다. 또한 본 연구에 사용되는 DEM은 LOD가 적용된 DEM이기 때문에 분석의 시간과 결과의 정확도를 조절 할 수 있는 정밀도를 선택 할 수 있는 부분을 반영하여 개발하였다. 본 연구에서 정밀도 산정은 LOD 레벨의 계수로 산정한다. 이는 레벨 계수가 높을수록 같은 영역에 필요한 단위 DEM의 총수가 증가하기 때문에 분석에 대한 시간이 증가하며 DEM의 표고기준점 간격이 좁아지기 때문에 LOD 보간 횟수가 적은 정밀한 표고기준점의 취득을 가능하게 해준다.



Fig. 3-6. N 레벨의 분석영역에 걸쳐 지는 DEM 검출

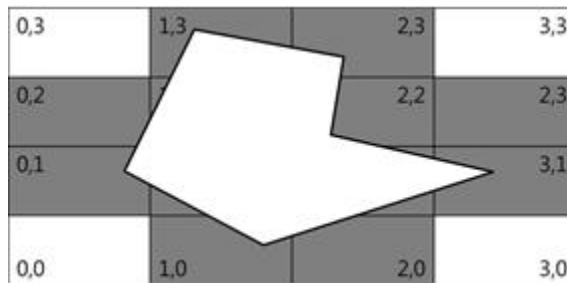


Fig. 3-7. N+1 레벨의 분석영역에 걸쳐 지는 DEM 검출

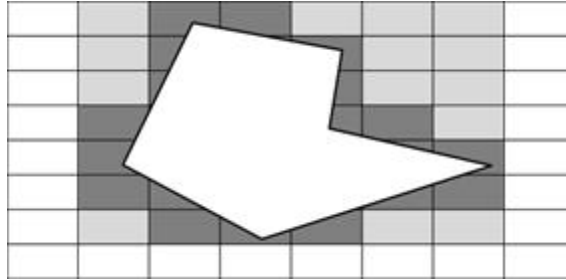


Fig. 3-8. N+2 레벨의 분석영역에 걸쳐지는 DEM 검출

3.2.2 그리드 영역의 분할과 공간 인덱싱 검출

분석 영역 및 정밀도를 산정하면 해당 DEM 데이터를 수집하기 위한 공간적 인덱싱 계산이 필요하다.

공간색인 검색은 Quadtree 공간 검색기법에 방식을 사용하여 검출해 간다. 가장 상위 50개의 타일을 기준으로 분석영역의 한계 분석 영역이 타일의 영역에 교차 또는 포함이 있는지 여부를 직사각형 교차검출에 의해서 검출 되는 경우에 하위 타일에 접근하여 분석의 기준이 되는 정밀도 단계에 도달하기까지 지속적으로 검색한다.

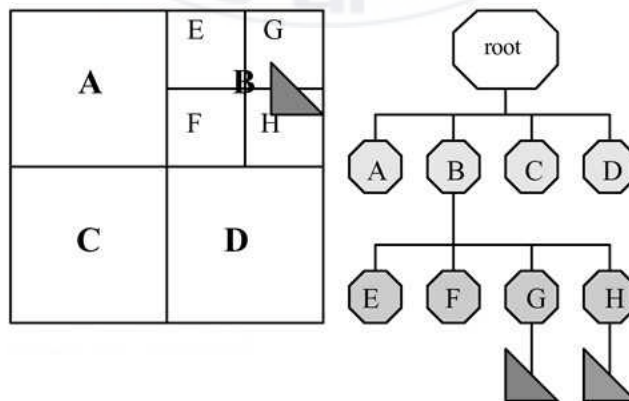


Fig. 3-9. 단순 Quadtree의 공간검색 예시

위 방법을 통하여 해당 영역에 포함되는 x축 색인(column)과 y축 색인(row)을 계산하도록 만들었다.

경도는 0도 기준으로 360도까지 전개되는 x축에 입력된 경도를 격자 간격으로 나눈 몫이 x축 인덱스 번호 column ID가 되며 위도는 -90도부터 시작하여 90도까지 전개되는 y축에 입력된 위도를 격자 간격으로 나눈 몫이 y축 인덱스 번호 row ID가 된다.

한계 분석 영역은 최대, 최소의 column ID와 row ID 범위를 지칭하며 이 ID 범위 속에 포함된 DEM을 우선 선별한다. 선별된 영역에서 분석 영역 다각형과 단위 그리드에 영향을 주는 여부를 확인하여 분석대상 영역을 선별하도록 처리과정을 만들었다.

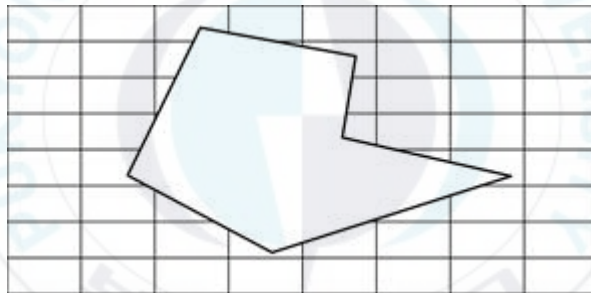


Fig. 3-10. 유효한 그리드 데이터를 검출하기 위한 분석영역을 타일에 전개

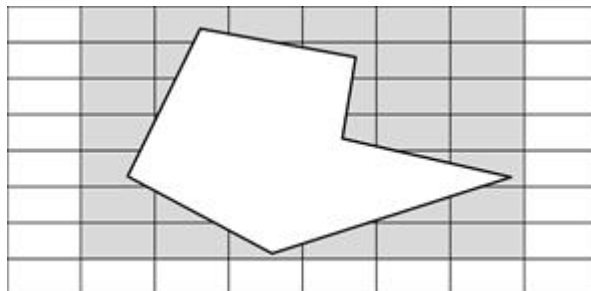


Fig. 3-11. 유효한 그리드 데이터를 검출하기 위한 한계 분석 영역 검출

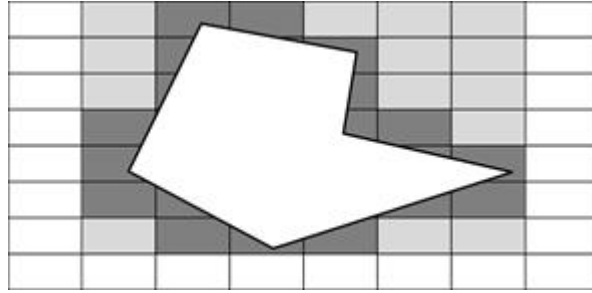


Fig. 3-12. 유효한 그리드 데이터를 검출하기 위한 분석 영역에 포함된 공간색인 목록 수집

공간 색인목록이 완성되면 이를 통하여 그리드 데이터를 목록의 순서대로 처리과정을 거치게 된다. 본 연구에서는 공간색의 방식을 서버를 통한 외부에서 검색 정보를 통하여 구축하지 않고 내부적으로 사전에 먼저 공간그리드 구성 및 해당 그리드들의 공간인덱싱을 구성하고 공간색인목록의 수집이 끝나면 그에 맞추어서 필요한 DEM 데이터를 취득하는 방식으로 하였다.

이는 분석 처리과정에서 언제든지 정지하고 재설정 또는 분석을 재개 할 수 있도록 하기 위해서 공간인덱싱 처리를 내부에서 진행하는 것을 방침으로 하였다.

WGS84 경위도를 이용한 타일의 공간색인 검색

n은 타일의 레벨, Latitude, Longitude는 Radian

$$TileSize = 36^{-n} \times \frac{\pi}{180}$$

$$IDY = \left\lceil \frac{\left| -\frac{\pi}{2} - Latitude \right|}{TileSize} \right\rceil \quad IDX = \left\lceil \frac{\left| -\pi - Longitude \right|}{TileSize} \right\rceil$$

3.2.3 평면 투영 변환

본 연구에서 사용되는 DEM 높이값 단위는 m 이지만 DEM 그리드의 간격은 경위도 degree이다. WGS84 지구타원체 기반의 경위도 좌표계를 사용하기 때문에 적도에 가까울수록 경도 1도간의 물리적인 지표면의 길이가 길어진다. 이로 인하여 표고기준점의 높이기준이 m이이기에 그리드의 간격이 논리적으로는 1같은 1도이지만 높이기준 m법으로 환산하면 위도에 따른 경도 1도의 간격이 다르기 때문에 이를 같은 간격기준으로 공간정보의 좌표계 변환이 필요해진다.

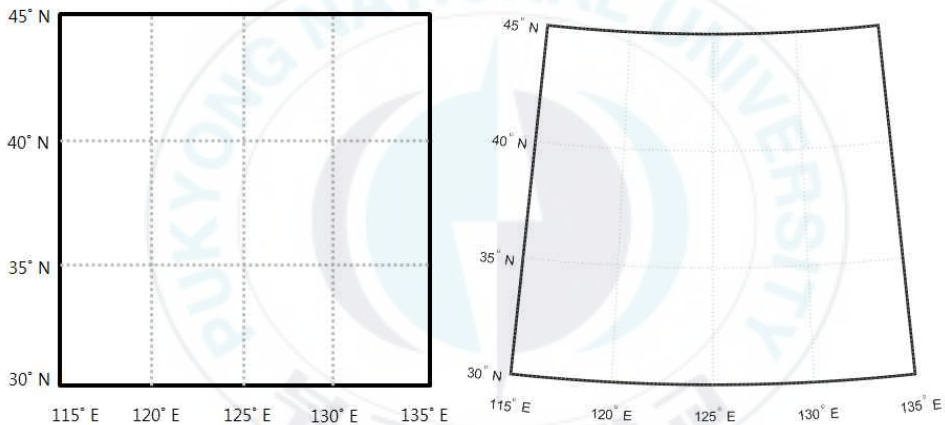


Fig. 3-13. 투영된 평면과 실제 타원체형상 비교

DEM의 간격으로 구성된 같은 도각으로 나눈 정보(좌)와 이를 실제 지구타원체에 투영한 결과(우)로 비교되는 굴곡과 간격의 변화

이런 문제로 인해서 표고의 기준으로 사용되는 m 단위로 수치로 환산하기 위해서 Mercator projection을 사용하여 WGS84 degree로 구성된 DEM 표고기준점 배치를 meter 기준으로 변환한다. Mercator projection을 거친 공간정보는 x축과 y축의 1의 간격이 1미터 간격으로 구성되며 이를 활용하여 공간분석에서 거리, 면적, 부피 등의 정량 분석을 할 수 있다. 단 Mercator projection 평면 투영방식은 위도 85도 이상부터 극지방

까지 투영에 대한 곡률이 높기 때문에 85도 미만의 지역에서 많이 사용한다.

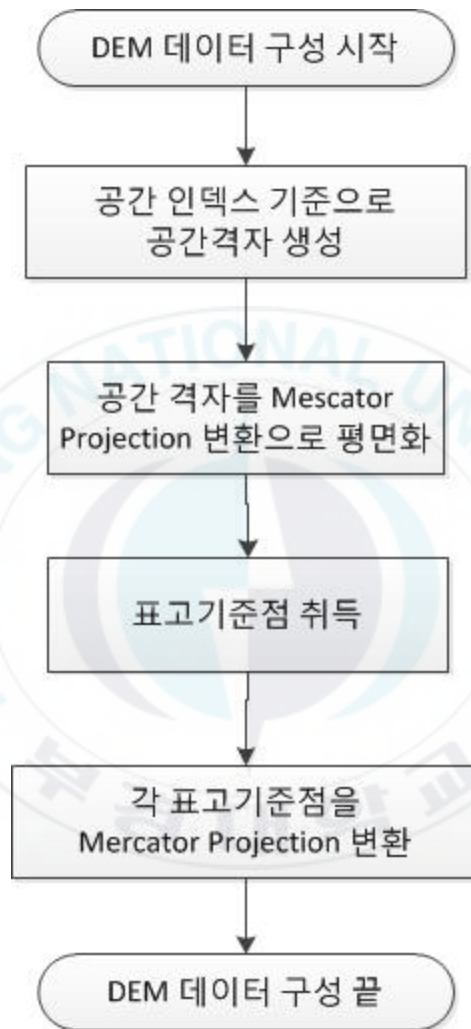


Fig. 3-14. 평면 투영을 위한 순서도

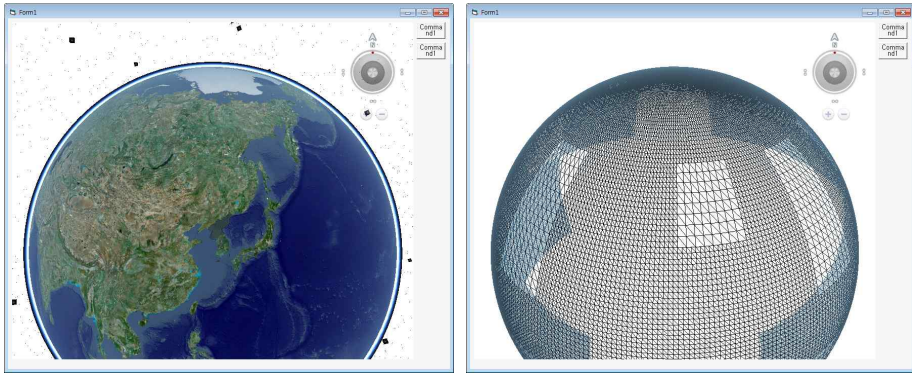


Fig. 3-15. WGS84 경위도 구면의 공간 인테싱 생성

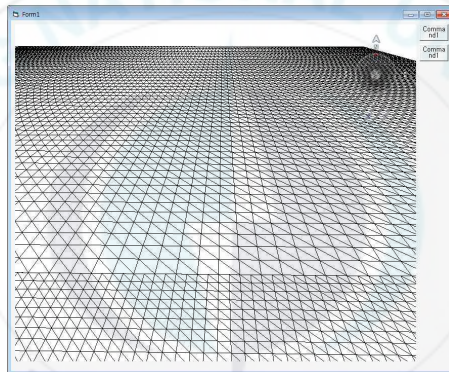


Fig. 3-16. 구면 타일을 Mercator Projection 통한 평면타일로 변환

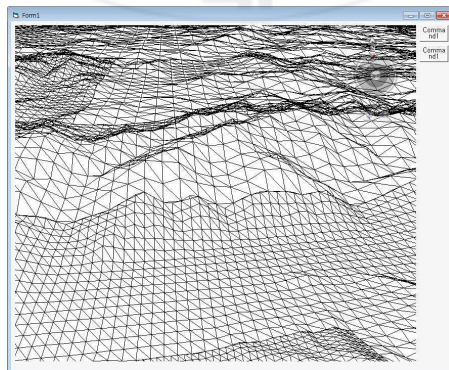


Fig. 3-17. 그리드 격자에 DEM 표고점 변환 적용

횡 메르카토르 변환식

투영식 기호

a	Semi-major axis of reference ellipsoid
f	Ellipsoidal flattening
ϕ_a	Origin latitude
λ_a	Origin longitude
N_a	False Northing
E_a	False Easting
κ_a	Central meridian scale factor
ϕ	Latitude of computation point
λ	Longitude of computation point
N	Northing of computation point
E	Easting of computation point

기본 상수 정의

$$A_0 = 1 - \left(\frac{e^2}{4}\right) - \left(\frac{3e^4}{64}\right) - \left(\frac{5e^6}{256}\right)$$

$$A_2 = \frac{3}{8} \left(e^2 + \frac{e^4}{4} + \frac{15e^6}{128} \right)$$

$$A_4 = \frac{15}{256} \left(e^4 + \frac{3e^6}{4} \right)$$

$$A_6 = \frac{35e^6}{3072}$$

$$b = a(1 - f)$$

$$e^2 = 2f - f^2$$

$$m = a(A_0\phi - A_2\sin 2\phi + A_4\sin 4\phi - A_6\sin 6\phi)$$

지리 점에서 횡 메르카토르 투영 변환

$$\rho = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\phi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\nu = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\phi}}$$

$$\psi = \frac{\nu}{\rho}$$

$$t = \tan\phi$$

$$\omega = \lambda - \lambda_0$$

$$Term\ 1 = \frac{\omega^2}{2} \nu \sin\phi \cos\phi$$

$$Term\ 2 = \frac{\omega^4}{24} \nu \sin\phi \cos^3\phi (4\psi + \psi - t^2)$$

$$Term\ 3 = \frac{\omega^6}{720} \nu \sin\phi \cos^5\phi [8\psi^4(11 - 24t^2) - 28\psi^3(1 - 6t^2) + \psi^2(1 - 32t^2) - \psi(2t^2) + t^4]$$

$$Term\ 4 = \frac{\omega^8}{40320} \nu \sin\phi \cos^7\phi (1385 - 3111t^2 + 543t^4 - t^6)$$

$$N = N_0 + \kappa_0(m - m_0 + Term\ 1 + Term\ 2 + Term\ 3 + Term\ 4)$$

$$Term\ 1 = \frac{\omega^2}{6} \cos^2\phi (\psi - t^2)$$

$$Term\ 2 = \frac{\omega^4}{120} \cos^4\phi [4\psi^3(1 - 6t^2) + \psi^2(1 + 8t^2) - \psi 2t^2 + t^4]$$

$$Term\ 3 = \frac{\omega^6}{5040} \cos^6\phi (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6)$$

$$E = E_0 k_0 \nu \omega \cos\phi (1 + Term\ 1 + Term\ 2 + Term\ 3)$$

형 메르카토르를 지리적으로 투영

$$N' = N - N_0$$

$$m' = m_0 + \frac{N'}{\kappa_0}$$

$$n = \frac{a-b}{a+b}$$

$$G = a(1-n)(1-n^2)\left(1 + \frac{9n^2}{4} + \frac{255n^4}{64}\right)\left(\frac{\pi}{180}\right)$$

$$\sigma = \frac{m' \pi}{180 G}$$

$$\phi' = \sigma + \left(\frac{3n}{2} - \frac{27n^3}{8}\right)\sin 2\sigma + \left(\frac{21n^2}{16} - \frac{55n^4}{32}\right)\sin 4\sigma + \left(\frac{151n^3}{96}\right)\sin 6\sigma + \left(\frac{1097n^4}{512}\right)\sin 8\sigma$$

$$\rho' = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\phi')^{\frac{3}{2}}}$$

$$\nu' = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\phi'}}$$

$$\psi' = \frac{\nu'}{\rho'}$$

$$t' = \tan \phi'$$

$$E' = E - E_0$$

$$x = \frac{E'}{\kappa_0 \nu}$$

$$Term1 = \frac{t'}{\kappa_0 \rho'} \frac{E' x}{2}$$

$$Term2 = \frac{t'}{\kappa_0 \rho'} \frac{E' x^3}{24} [-4\psi^2 + 9\psi(1 - t^2) + 12t^2]$$

$$Term3 = \frac{t'}{\kappa_0 \rho'} \frac{E' x^5}{720} \left[8\psi^4(11 - 24t^2) - 12\psi^3(21 - 71t^2) \right. \\ \left. + 15\psi^2(15 - 98t^2 + 15t^4) + 180\psi(5t^2 - 3t^4) + 360t^4 \right]$$

$$Term4 = \frac{t'}{\kappa_0 \rho'} \frac{E' x^7}{40320} [1385 + 3633t^2 + 4095t^4 + 1575t^6]$$

$$\phi = \phi' - Term1 + Term2 - Term3 + Term4$$

$$Term1 = x \sec \phi'$$

$$Term2 = \frac{x^3 \sec \phi'}{6} (\psi + 2t^2)$$

$$Term3 = \frac{x^5 \sec \phi'}{120} [-4\psi^3(1 - 6t'^2) + \psi^2(9 - 68t'^2) + 72\psi t'^2 + 24t'^4]$$

$$Term4 = \frac{x^7 \sec \phi}{5040} (61 + 662t^2 + 1320t^4 + 720t^6)$$

$$\lambda = \lambda_0 + Term1 - Term2 + Term3 - Term4$$

3.2.4 평균표고 데이터 변환

단위 DEM의 표고지점은 각 지점에 대한 4225개의 지점에 높이값을 지니고 있다. 그리드 분석은 각 그리드 분석격자의 정보가 영역단위가 되기 때문에 지점 단위의 정보를 영역단위로 변환이 필요하다. 표고정보가 비정규화 된 지형모델인 경우는 정규화 과정을 위해서 단위격자영역에 포함되는지를 확인하기 위한 공간검색이 포함되어야 되며 각 격자 단위로 표고점의 분포양이 달라지기 때문에 평균화에서 각 격자의 신뢰 수준이 달라진다. 본 연구에서는 DEM의 표고점이 정규화된 데이터를 사용하기 때문에 공간검색이 필요 없으며 평균표고를 계산하기 위한 표고점수도 모두 동일한 수를 가지고 있어서 모든 격자의 신뢰수준이 동일하다.

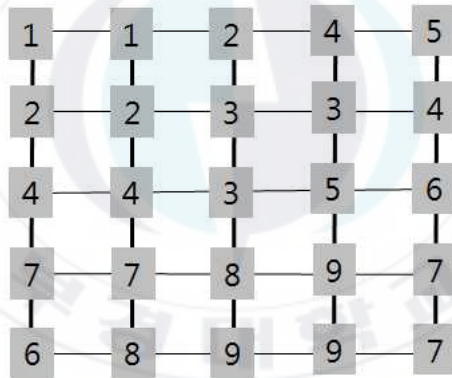


Fig. 3-18. 표고기준점의 데이터가 각 지점단위의 높이 값을 가지고 있다.

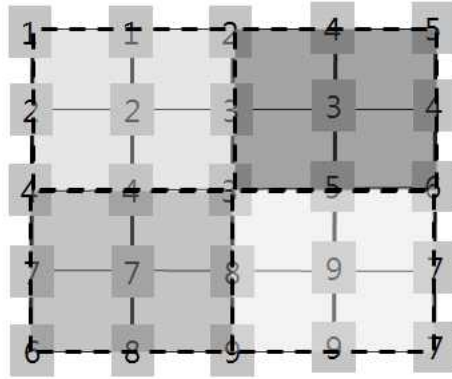


Fig. 3-19. 표고기준점을 지정한 격자의 간격단위로 영역을 생성하고 안에 포함되는 모든 표고점을 수집한다.



Fig. 3-20. 격자에 수집된 표고점을 기준으로 평균화 하여 영역 기준의 평균표고 격자를 생성한다.

평균 표고는 지정된 그리드 영역의 표고기준점을 모두 합산하여 산술 평균으로 그리드 영역의 평균표고 값으로 계산한다. 본 연구에서는 표고기준점 간격을 좌우 4개의 표고점으로 간격으로 진행하였으며 가로와 세로 16개로 총 256개의 평균표고 레스터 데이터를 생성하였다.

각 DEM을 평균 표고영역으로 변환은 4 byte 부동소수점의 256픽셀 정보로 기록되며 용량은 1kb로 기록된다.

3.2.5 그리드 분석 프로세싱

필요한 단위 DEM 데이터의 공간적 색인 검출이 모두 완료되면 순차적으로 단위 DEM 데이터를 호출하여 지형모델의 표고정보를 바탕으로 그리드 분석을 시작한다. 본 연구에서는 지형분석 중 지형경사도 분석을 수행하였다.

지형 경사도 분석 알고리즘은 연속된 레스터 데이터의 분석법에 기반하여 임의 표고지점과 그와 인접한 표고지점간의 표고차이를 기준으로 경사도 분석을 하였다. 경사도 분석은 현재 지형분석으로 가장 많이 사용하는 ArcMap사에 제시하여 수행하는 연속 Raster 기반의 인접한 표고지점들과 경사도를 분석하는 알고리즘을 채택하여 개발하였다.

임의 표고지점에서 주변에 인접한 8개의 표고지점의 수평거리, 수직거리를 계산하고 이를 직각삼각형의 기울기를 산출하는 방식으로 경사도를 구한다.

$$slope\ degree = ATAN(\sqrt{([\frac{dz}{dx}]^2 + [\frac{dz}{dy}]^2)}) \times 57.29578 \quad (3)$$

여기서 지형 표면의 $[\frac{dz}{dx}]$ 는 수평변화량 식(4), $[\frac{dz}{dy}]$ 는 수직변화량 식(5)으로 임의 표고지점을 중심으로 주변의 8개 표고지점과 관계를 통해서 계산하게 되는데 이는 식(3) 같은 계산공식을 사용하였다. 57.29578은 radian을 degree로 변환하는 변환상수이다.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Fig. 3-21. 표고격자 e를 구하기 위한 인접한 8개의 표고격자

이와 같은 표고격자들이 있을 시에 X축 방향의 변화량은

$$\left[\frac{dz}{dx} \right] = \frac{(c + 2f + i) - (a + 2d + g)}{8 \times xcellsize} \quad (4)$$

Y축 방향의 변화량은

$$\left[\frac{dz}{dy} \right] = \frac{(g + 2h + i) - (a + 2b + c)}{8 \times ycellsize} \quad (5)$$

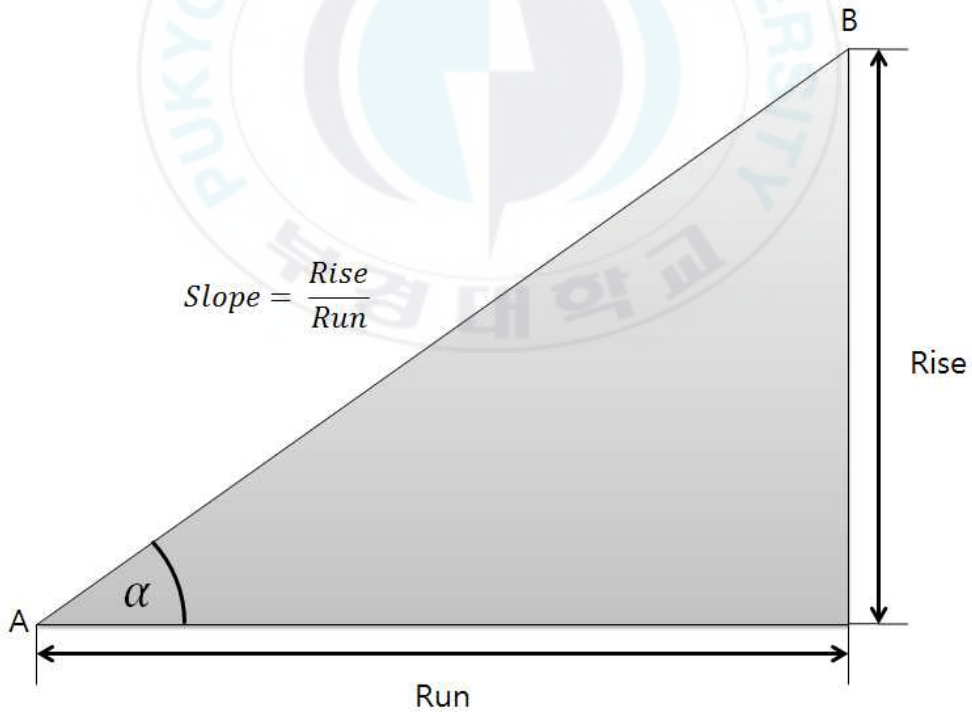


Fig. 3-22. 경사도분석 도안

3.2.6 분석 결과에 대한 시각화

그리드 분석의 진행에 따른 결과를 레스터 데이터로 만들어서 해당 결과 값을 기록한다. 분석 영역을 기준으로 산출한 한계 분석영역을 레스터 데이터의 공간 크기로 정하고 평균표고로 병합한 그리드를 분석 그리드의 단위 크기로 한 다음 분석결과의 수치를 저장한다. 시각화 저장을 위해서는 실수가 아닌 정수형의 통계 데이터로 산출하여 해당 값을 기록한다. 본 연구에서는 시각화를 이미지로 즉시 표출하기 위해서 ARBG 32bit 색상 범위로 선택했으며 이중 Alpha 값은 분석 지역의 판별 여부로 분석 제외지역은 0으로 투명을 분석 지역은 255로 불투명으로 지정하였다. 이는 분석정보를 2D, 3D 지도에서 Mashup 시에 분석지역 외에 정보를 투영하지 않게 하기 위해서다. 그 외에 RGB 24 bit 값으로 0 ~ 16581375 개의 값을 선택할 수 있다. 경사도 표현을 위해서 0부터 90도까지 5도별 범례 RGB 값을 만들어서 분석결과를 범례 값으로 대체하여 레스터 데이터로 저장한다.

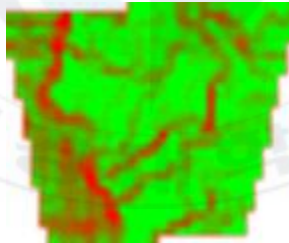


Fig. 3-23. 시각화된 경사도 분석 예시

색상은 간략한 범례 알고리즘을 적용하여 매칭 되는 색상으로 만들었다.

$$\begin{aligned} Red &= SlopeDegree \times 25 \\ Green &= 255 - (SlopeDegree \times 25) \\ Blue &= 0 \end{aligned}$$

단, Red는 255를 최대 한계 값으로 사용되며, Green은 0이 최소 한계 값으로 사용된다.

4. 결과 도출

분석의 대상지로 부산 해운대구 센텀시티 장산 일대를 기준으로 실험하였다. 분석 대상지의 총 크기는 가로 1,560 m, 세로 1,730 m의 격자 영역에서 임의의 다각형 분석 지역을 대상으로 분석하였다. 분석에 설정한 LOD 수준은 13레벨로 DEM간격이 약 10미터를 이루고 있다. 이를 Visual C++ 6.0 에서 프로그래밍 제작결과 아래와 같은 결과로 도출하였다.

분석에서 정량적인 평가를 위해서 DEM 데이터의 네트워크를 통한 전송 및 파일을 메모리에 적재하는 시간은 제외하였다. 이는 초당 인터넷 연결 상태와 물리적인 저장매체의 사용량에 따라서 분석시간에 주는 역량이 적지 않기 때문이다.

동일한 DEM 데이터를 요청이 0.04 초에서 0.32 초까지 변동이 있음을 확인 하였다.



Fig. 4-1. 경사도 분석을 할 대상지 위성영상과 DEM 그리드

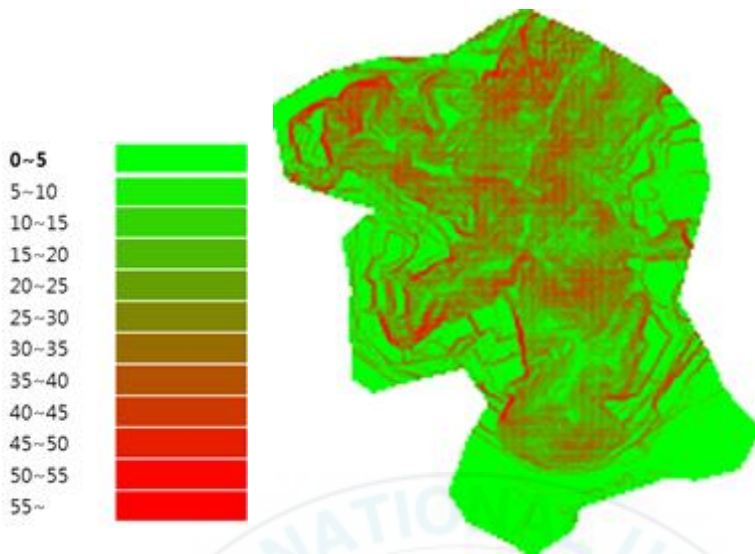


Fig. 4-2. 경사도 분석 결과

그리드 셀의 가로 및 세로 간격은 10 m 이며 가로, 세로 각각 16개의 그리드 셀이 단위 DEM 타일이 된다. 한계 분석 영역에 그리드 셀의 총수는 26,988개 이며 해당 영역에 검출되는 DEM 타일은 총 128개이다. 이중 분석 영역에 포함되는 유효한 그리드 셀의 총수는 16,059개가 되며 78개의 DEM 타일을 수집하였다. 이에 총 분석한 시간은 57초가량 되었다. 단 경사도 분석은 인근의 표고기준으로 분석하는 알고리즘 특성 때문에 분석 영역이 아닌 인접한 DEM을 추가적으로 불러왔기에 2,398개의 그리드 셀을 정보를 얻기 위해서 DEM 타일의 11개를 더 추출해야 되었다. 그렇게 하여 초당 약 282개의 그리드가 분석된다.

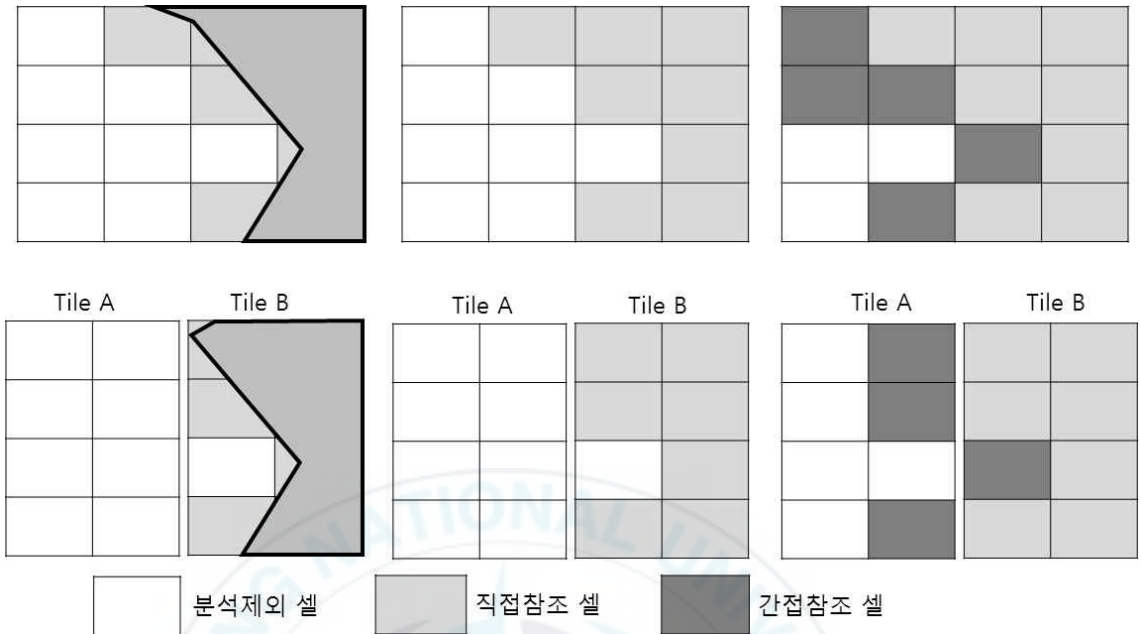


Fig. 4-3. 셀간의 분석에 대한 영향력 예시

인근 표고를 참조하는 경사도 분석 알고리즘 특성상 분석에 직접 계산되는 영역이 아닌 타일에 관해서도 분석의 정보에 필요한 요소로 추가적인 데이터 수집이 필요 하였고 이는 분석 영역의 기하모양에 따라 다르지만 본 분석에서는 유효한 그리드 셀의 약 15 % 가량에 인접한 주변 그리드 셀의 표고정보를 필요로 하였다. 이 중에 일부는 유효 그리드에 포함된 DEM 타일이 아니기 때문에 추가적인 추출이 필요 하였으며 그에 따른 시간적 소비도 존재하게 된다.

동일한 과정을 분리되지 않은 하나의 DEM으로 분석한 결과 완료시간은 약 59초가량 소요되어 초당 272개의 그리드 분석을 수행하였다. 분석의 결과는 양쪽

모두 동일한 데이터에 동일한 알고리즘이 적용되어 같은 결과 값으로 평

균경사도 17.023, 최소표고 3.21 m, 최대표고 61.68 m 로 분석되었다.

위수치는 이미 분석에 필요한 정규화된 격자형 그리드 기반의 DEM 데이터를 즉시 Raster 기반의 평균표고로 산출하여 분석하였지만 그렇지 않은 데이터로 분석하기 위해서는 선행적인 정규화된 Raster 기반의 표고 정보로 만들 필요가 있기에 보다 많은 시간이 필요로 하게 된다.

Table. 4-1. 부산시 해운대 장산 일대 방면 평균 경사도 분석 결과표

항목	수치
분석 DEM 레벨	13 레벨
분석 대상지 가로 길이	1560 m
분석 대상지 세로 길이	1730 m
그리드 셀의 간격	10 m
한계 분석 영역 그리드 셀의 총수	26,988 개
유효 그리드 셀의 총수	16,059 개
총 분석에 필요한 그리드 셀의 총수	29,386 개
불러온 DEM 타일 수	89 개
총 분석 시간	57 초
1초당 그리드 분석량	282 개
최소 표고	3.21 m
최대 표고	61.68 m
평균 경사도	17.023°

5.결론 및 고찰

5.1 결론

본 연구에서 단순한 지형 모델 또는 단일 기반의 DEM 데이터를 사용하는 것이 아니라 시각화를 위해서 미리 LOD로 보간 처리되고 스트리밍을 위해서 데이터를 공간 인덱싱으로 분할된 DEM 데이터를 사용해서 전 처리시간을 줄인 상태로 분석에 영향을 주는 필요한 DEM 데이터만 추출하여 이를 기반으로 지형 그리드를 분석하는 연구를 수행하였다. 본 연구를 통해 얻을 수 있는 큰 이점을 3가지로 요약하자면,

분석 데이터 준비과정 간소화

- 정규화된 그리드 데이터 사용
- 스트리밍 기법 데이터 특성 활용

분석 데이터 접근시간 및 사용량 감소

- 분석에 필요한 영역 선별 및 취득
- 공간 인덱싱을 사용한 빠른 데이터 검색

실시간 분석에 따른 응답성 향상

- 단일 데이터 단위로 분석 결과 갱신으로 시각화
- 분석 처리 중 정밀도 변경 및 종료 가능

1) DEM 그리드 분석을 위한 사전 데이터 가공 작업을 대폭 줄일 수 있었다. 등고선 기반의 수치지형도를 정량화된 그리드 데이터 변환데이터 추출 및 필요한 분석 수준에 맞춘 정밀도 보간 작업이 필요로 하지만 본 연구에서는 이런 과정을 거친 데이터를 사용하기 때문에 이러한 준비단계 절차가 줄게 되었다.

2) 필요한 데이터를 추출하여 사용하기 때문에 고정밀화 된 DEM 데이터의 무거운 용량을 분석하기 위한 장비의 부담과 처리의 부담을 줄이게 되었다. 단일 DEM 격자 분석은 단일 및 인접한 DEM으로 분석에 필요한 최소한의 데이터만 가져와서 실시간적 분석으로 처리 후 다음 DEM 데이터로 넘어가기 때문에 실시간 시각화에서 장점으로 부각되던 인터넷이나 네트워크 환경에서 서버 기반의 공간정보 서비스를 하는 구조에서도 무리 없이 적용이 가능함을 확인하였다.

3) 이러한 처리과정이 스트리밍 방식의 순차적으로 일어나기 때문에 수치 중심의 분석이 아닌 시각화 중심의 분석에서는 LOD 레벨의 단계별 분석으로 정보 취득의 반응성을 높일 수 있다. 또한 분석의 정밀도를 분석 도중에도 변경이 가능하여 원하는 정밀도에 따라서 분석의 결과에 대한 정확도와 분석 시간을 유동적으로 변경이 가능하다. 그리고 실시간 분석이기 때문에 필요시 분석을 중지하여도 현재까지 분석된 분석결과의 시각화 및 종합결과를 즉시 확인이 가능하다. 그리고 다시 다른 분석 지역으로 변경 후 분석이 가능하기 때문에 이에 따른 분석의 응답성이 종전에 비해서 매우 향상되었다.

5.2 고찰

본 연구에서 2가지 방향에서 발전방향을 보게 되는데

첫 번째는 분석의 데이터를 DEM 데이터 하나만이 아닌 종전의 다양한 공간 데이터들을 스트리밍 데이터로 준비해두면 종전에 사용되는 다양한 분석을 본 연구의 기법을 응용하면 대규모 또는 실시간 분석이 적용 가능하다고 판단된다.

특히 실시간 공간적 통계 분석 또는 재난 위험 분석처럼 실시간 정보와 공간 정보의 융합을 기반으로 하는 위험 예측에서 정밀한 분석 정보를 사용하는 목적보다 빠른 응답성을 기준으로 평가 및 예측하는데 도움을 준다고 볼 수 있다.

종전에는 분석 요소에 예상되는 패턴을 입력하여 분석을 하고 그 결과를 보존하다 필요시 분석된 정보를 기준으로 상황에 대한 평가 및 예측을 하는 지표로사용 하였지만 본 연구 결과를 활용 시에는 보다 가장 최신의 정보 또는 실시간 정보를 기반으로 패턴화 하지 않고도 필요시 가장 적합한 결과와 예측을 가져 올 수 있다.

예를 들어 가장 최신의 DEM 정보와 토질정보 및 강수량 정보를 융합하여 저지대 침수 피해 분석을 한다면 종전에는 DEM과 토질정보는 정적인 정보로 수집하고 강수량 정보를 입력하여 침수 피해 예상 분석 데이터를 만들어둔다. 이때 강수량 정보는 해당 지역에 발생 가능한 통계를 근거로 몇 단계로 강수량을 입력하는데 입력 횟수만큼 분석결과를 보유해 둔다. 이러한 방향에서 본 연구의 기법을 도입하면 실시간 강수량 정보를 취득 한다면 사전에 준비된 정보가 아닌 실시간적으로 갱신되는 정보를 기반으로 분석하여 위험 지역을 예측 할 수 있게 된다. 또한 산사태위험도 분석도 실시간 강수정보와 결합으로 강우에 따른 실시간 산사태위험 예측도

가능해진다.

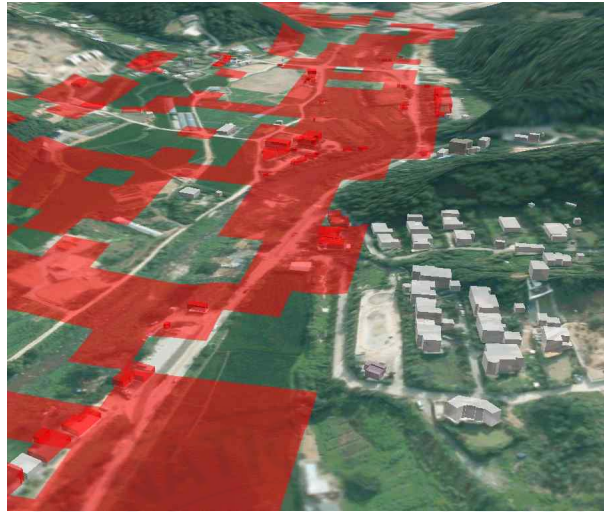


Fig. 5-1. 종전의 강수량에 따른 수심정보를 분석
침수 예상지역을 공간적으로 분석하고 예상지역 내에 포함되어 있는 시설
물에 대한 위험을 예측한다.

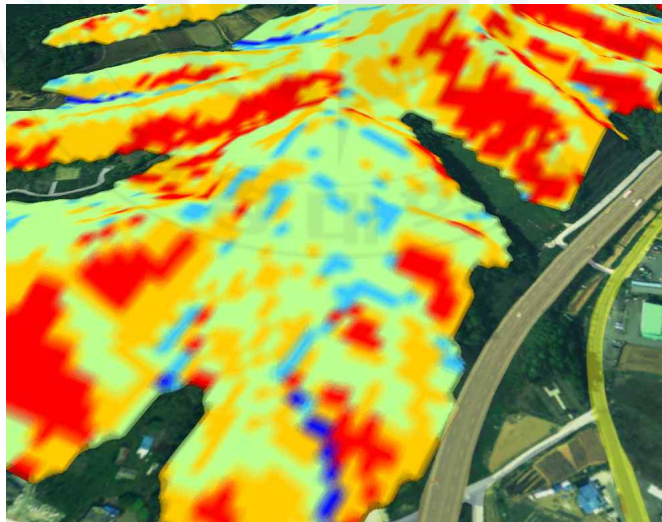


Fig. 5-2. 종전의 산사태 위험도 분석
지형정보를 기반으로 경사도와 토질 및 속성정보를 바탕으로 분석하는 산
사태 위험 빈도 분석

참고문헌

- 최정단, 윤경현. (1994.10). TIN에 의한 DEM 데이터의 지형 모델링. 한국 정보과학회 학술발표논문집, 21(2A), pp. 539-542.
- 윤철규. (1998.6). TIN과 GRID 기반의 수치지형모델을 이용한 지형분석에 관한 연구. 한국측량학회지, 16(1), pp.67-74.
- 박찬혁, "다양한 방법으로 취득된 산악지역 DEM의 비교 분석", 2012, 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문, 80p.
- 조영호, "수치지도를 이용한 수치표고모델 구축에 관한 연구", 1999, 경기대학교 대학원 박사학위논문, 141p.
- 이동하, 이영균, 서용철. (2009.12). 스트리밍 방식을 이용한 대용량 DEM 프로세싱 프로그램의 개발. 한국지형공간정보학회지, 17(4), 61-66.
- 이병수, "골프장 입지의 적합성 판정을 위한 지형분석 방법별 경사도 비율 변화 분석", 2012., 충주대학교 특수대학원 석사학위논문, 77p.
- 남은오, "수치표고모형을 이용한 3차원 지형 분석", 2002., 朝鮮大學校 産業大學院 석사학위논문, 52p
- 윤순철, "Lidar 측량을 이용한 산사태 분석", 2007., 강원대학교 석사학위논문, 53p.
- 양인태, 김연준. "수문해석을 위한 DEM 에 의한 지형의 경사도 분석에서 격자크기의 영향." 한국측지학회지 15.2 (1997): 221-230.
- Bryan Turner. (2000), Realtime Dynamic Level of Detail Terrain Rendering with ROAM , *Gamasutra* , San francisco, http://www.gamasutra.com/view/feature/131596/realtime_dynamic_level_of_detail.php (last date accessed, 17 Sep 2016)
- Garland Michael and Paul S. Heckbert. (1997), Surface simplification using quadric error metrics. *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 03-08 August, Los Angeles,

CA, USA, pp.209-216

Wilson, M. F., O'Connell, B., Brown, C., Guinan, J. C., & Grehan, A. J. (2007). Multiscale terrain analysis of multibeam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope, *Marine Geodesy*, Vol. 30, No. 1-2, pp. 3-35.

Burrough, P. and McDonell, R. (1998), *Principles of Geographical Information Systems* Oxford University Press, New York.

Stefan Röttger, Wolfgang Heidrich, Philipp Slusallek, Hans-Peter Seidel, (1998), Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields, *Proceedings of 6th International Conference in Central European Computer Graphics and Visualization*, Václav Skala, 9-13 February, Plzen - Bory. Czech Republic, Vol. 6, No. 1-3, pp. 315-322

Walker, James S. A primer on wavelets and their scientific applications. CRC press, 2008.

Snyder, John Parr. Map projections--A working manual. Vol. 1395. US Government Printing Office, 1987.

Vincenty, Thaddeus. "Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations." *Survey review* 23.176 (1975): 88-93.