

# 고밀도 점 측량 결과를 이용한 DEM 제작

오윤석 · 김병국

【인하대학교 지리정보공학과】

## 1. 서론

측량기술은 레벨, 데오돌라이트 등 광학 측량기를 이용한 방법에서 전파를 이용한 토탈스테이션, EDM, 위성을 이용한 GPS, 레이더를 이용한 SAR(Synthetic Aperture Radar), 레이저를 이용한 LIDAR(Light Detection And Ranging) 또는 ALS(Airborne Laser Scanner), 음파를 이용한 SSS(Side Scan Sonar), SBES/MBES(Single/Multi Beam Echo Sounder) 등 다양한 에너지원을 이용한 측량으로 발전되었다. 측량발전과 더불어 편의성이 매우 증대되었는데 그 특징 중 하나가 고밀도 점측량이 가능한 것이다. 본 발표에서는 ALS와 SSS, SBES를 이용한 수량계산시스템 개발의 일환으로 제작한 고밀도 점측량 결과를 이용하여 DEM을 제작한 방법에 대해 설명하였다.

## 2. DEM

DEM(Digital Elevation Model)은 단순하면서도 효과적인 3차원 지형 표현방법의 하나이다. 비록 자료의 크기가 거대하고 비생산적인 측면은 존재하지만 대부분의 사용프로그램에서 사용이 가능하며 다른 형태의 포맷으로 변환이 용이하여 가장 많이 사용한다.

본 연구에서는 USGS(United State Geological Survey)에서 표준으로 제안한 형태로 제작하였다. USGS DEM 데이터는 37종(Type A의 경우)의 Header 정보(표 1.)와 7종(행 번호, 열의 개수, 좌표정보, 고도정보 등)의 위치별 높이를 정리한 Data 정보로 나뉜다.

〈표 1〉 USGS DEM Header 정보

번호	내용	데이터 형식		구간	
		Type	Byte	Starting Byte	Ending Byte
1	파일 이름	문자	40	1	40
2	Free Format Text	문자	40	41	80
3	필터	공백	-	81	109
4	South East Geographic Corner	실수	26	100	135
5	프로세서 코드	정수	1	136	136
6	필터	공백	-	137	137
7	Sectional Indicator	문자	3	138	140
8	Origin code	문자	4	141	144

〈표 1 계속〉. USGS DEM Header 정보

번호	내용	데이터 형식		구간	
		Type	Byte	Starting Byte	Ending Byte
9	DEM 레벨 코드	정수	6	145	150
10	DEM 고도 패턴정의 코드	정수	6	151	156
11	지상평면좌표시스템 코드	정수	6	157	162
12	지상평면좌표시스템 Zone 코드	정수	6	163	168
13	지도투영 파라미터	실수	360	169	528
14	지상좌표시스템의 측정단위	정수	6	529	534
15	지상좌표시스템의 높이단위	정수	6	535	540
16	DEM의 폴리곤 변수	정수	6	541	546
17	DEM의 네 꼭지점 좌표	실수	192	547	738
18	최저, 최고 고도	실수	48	739	786
19	지상좌표와 DEM좌표축의 각도차	실수	24	787	810
20	고도에 대한 정확한 코드	정수	6	811	816
21	DEM의 공간해상도 (X,Y,Z방향)	실수	36	817	852
22	DEM의 행과 열의 수	정수	12	853	864
23	최대 등고선 간격	정수	5	865	869
24	등고선 간격 단위	정수	1	870	870
25	최소 등고선 간격	정수	5	871	875
26	등고선 간격 단위	정수	1	876	876
27	자료 취득 년도	정수	4	877	880
28	자료 점검 및 수정 년도	정수	4	881	884
29	Inspection flag	문자	1	885	885
30	Data Validation flag	정수	1	886	886
31	Suspect and void area flag	정수	2	887	888
32	수직 기준계	정수	2	889	890
33	수평 기준계	정수	2	891	892
34	Data Edition	정수	4	893	896
35	Percent void	정수	4	897	900
36	Edge Match flag	정수	8	901	908
37	수직 기준계 shift	실수	7	909	915

### 3. 고밀도 점 측량 방법과 특징

고밀도 점 측량이란 좁은 간격으로 3차원 위치정보를 취득하는 측량방법으로서 측량기술과 원격탐사기술의 복합적인 형태라고 볼 수 있다. 레이저나 음파 등을 이용하여 매우 좁은 간격으로 장비로부터 지형까지의 거리 측정과 GPS와 INS 등을 이용하여 장비의 위치와 자세를 측정하여 지형의 절대위치를 측정할 수 있는 측량 방법이다. 대표적인 예로 ALS와 Echo Sounder 등이 있다.

#### 3.1 ALS의 특징 [김형태, 2001]

- 높은 수직정확도 제공 (10~20cm)
- 신속한 자료처리
- 능동적 센서를 이용한 높은 생산성 제공
- 항공사진, 위성영상, 수치지도 등 다양한 자료와 통합 가능
- 다양한 GIS포맷으로 변환 가능

#### 3.2 Echo Sounder의 특징 [(주)UST21 자료제공]

- 전해역 해저면에 대한 고해상도 정밀 3차원 해저 지형자료 제공
- 웹기반의 3차원 해저 지형·지질 영상 가시화 및 동영상화 가능
- 디지털 사이드스캔소나 영상자료의 정밀 처리 가능
- NMEA 포맷의 DGPS 측위자료 보정 및 병합 가능
- 육상 GIS 자료와 호환 가능한 자료 변환 가능

## 4. 프로그램 개요

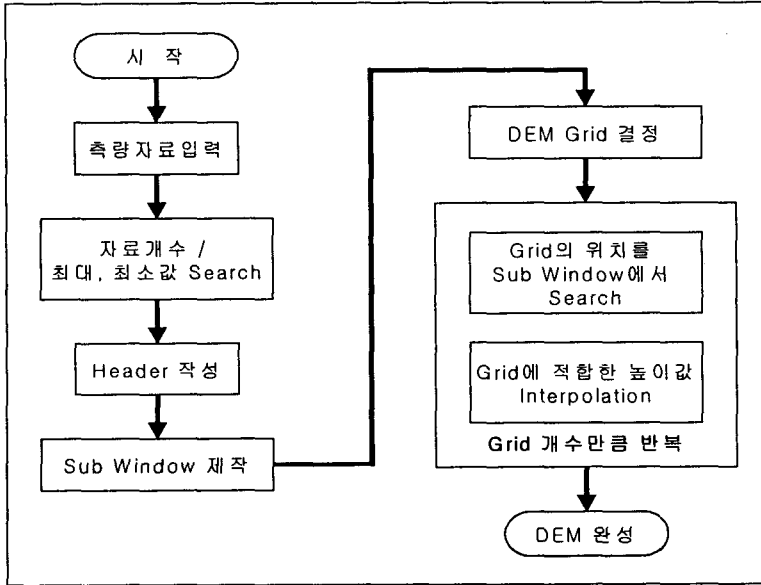
### 4.1 프로그램 개발환경

본 프로그램은 수량계산시스템의 모듈로서 체적을 계산하고 3차원 디스플레이를 할 수 있도록 하기 위해 ALS와 수심 측정자료(SSS, SBES)를 이용하여 DEM을 제작할 목적으로 개발하였다. 개발언어는 MS의 Visual C++를 이용하여 GUI환경에서 사용자가 처리과정을 모니터 할 수 있도록 개발하였다. 데이터는 프로그램에 호환이 가능하도록 Acro Software의 AcroEdit 매크로 기능을 이용하여 1차 편집을 하여 프로그램을 가볍게 하였다. 그러나 이 작업은 자동화에 걸림돌이 되므로 최종 포맷이 결정되면 각종 데이터에 편집작업 없이 호환이 가능하도록 제작할 계획이다.

- 운영체제 : Windows 2000 Pro
- 개발언어 : MS Visual C++ 6.0
- 편집도구 : Acro Software AcroEdit Ver. 0.9

## 4.2 프로그램 설계

프로그램은 최종 시스템(수량계산시스템)에 적용이 용이하도록 Dialog base로 제작하였다.



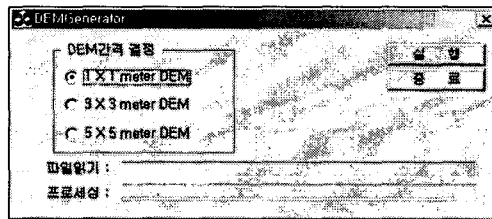
<그림 1> 프로그램 흐름도

- 측량자료 입력 : 점측량 자료를 X, Y, Z 순서로 입력받는다.
- 자료개수 / 최대, 최소값 Search : 전체 자료의 개수와 DEM의 경계를 결정할 수 있도록 X, Y좌표의 최대, 최소값을 찾는다.
- Header 작성 : 2. DEM에서 설명한 DEM Header정보를 입력한다.
- Sub Window 제작 : 점측량의 특징은 자료의 개수가 방대해진다. 따라서 DEM Grid에 맞는 높이값을 찾기 위해서는 연산의 개수가 많아진다. 이 경우 처리속도가 매우 느려지므로 처리속도를 향상시키기 위해서 전체 영역을 9등분으로 나누고 각 영역마다 30m의 버퍼를 만들어 경계값 처리가 가능하도록 한다.
- DEM Grid 결정 : Grid 크기를 결정하는 메뉴에서 받은 크기값과 전체 DEM영역의 크기를 비교하여 전체 Grid 개수를 결정한다.
- Grid의 위치를 Sub Window에서 Search : 특정 Grid 좌표에서 Interpolation을 할 거리 안의 값을 Sub Window에서 찾는다. 이때 거리 결정은 측정점의 분포와 DEM 크기에 따라 변화하도록 한다.

- Grid에 적합한 높이값 Interpolation : 각 Grid 마다 Sub Window에서 찾은 값을 이용하여 거리에 따라 무게를 부여한 거리 반비례평균값을 계산하여 그 위치의 높이값을 구한다.

$$\hat{z} = \frac{w_1 * z_1 + w_2 * z_2 + w_3 * z_3 + \dots}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots} \quad (\text{거리 반비례 평균 계산식})$$

단  $z_n$ 은 측정점의 값이며,  $w_n$ 은 무게이다. 이 때  $w_n$ 은 거리의 역수로 한다.



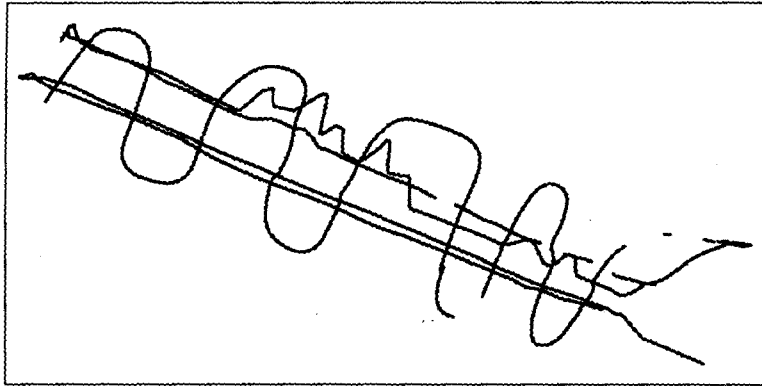
<그림 2> DEM 생성기

## 5. 결과

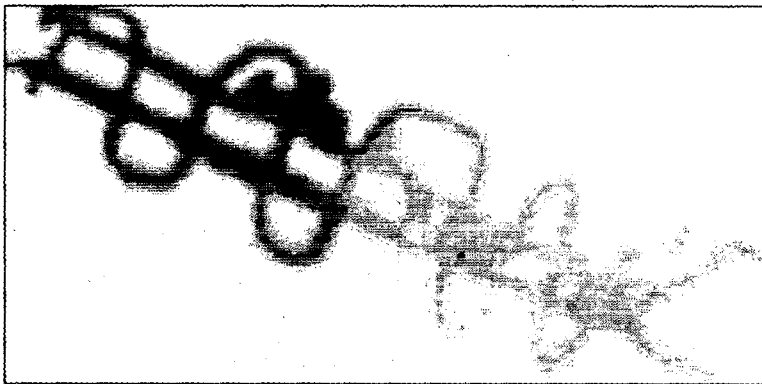
아래의 그림은 Echo Sounder를 이용하여 얻은 측정점 측량결과(그림 3.)와 그 데이터를 이용하여 제작한 DEM(그림 4.), 그리고 ArcView를 이용하여 TIN제작 후 만든 DEM(그림 5.)이다.

본 연구에서 사용한 방법으로 DEM을 제작할 경우 일반적으로 사용하는 TIN을 제작한 후 DEM을 제작하는 방법이 아닌 거리 가중 평균법을 이용하여 DEM을 얻을 수 있었다. 이 방법을 이용할 경우 TIN을 제작하는데 소요되는 시간과 시스템의 크기를 대폭 축소할 수 있다. 또한 정확한 하천 수량을 계산하기 위해서는 측정 부근에서는 측량한 패턴과 유사하게 결과가 나와야 하는데 TIN을 이용하여 만든 DEM의 경우 대부분의 지역에서 유사한 패턴을 찾을 수 없었다.

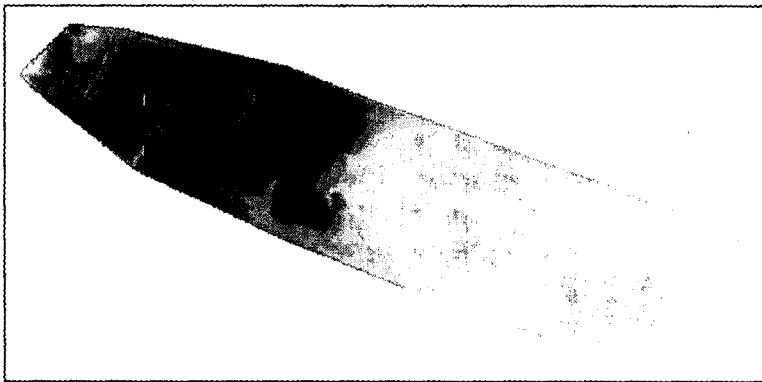
본 발표를 위해 제작한 DEM의 경우 데이터를 고밀도로 취득하지 못한 부분이 많이 존재하여 전체 지역에 대해 DEM이 생성되지 않았으나 측정 주위의 값은 매우 뚜렷하게 잘 나타나는 것으로 보아 측정밀도를 증가시키면 DEM을 만드는데 효과적일 사용될 수 있을 것이다.



<그림 3> Echo Sounder 원시 데이터



<그림 4> SBES 자료를 이용한 DEM 제작



<그림 5> TIN을 이용하여 만든 DEM

## 6. 향후 연구방향

DEM 제작에 있어 중요한 것은 Interpolation 이다. 본 프로그램은 데이터의 개수가 방대하며 연산량이 많아 DEM 제작 시간이 매우 많이 소요된다. 따라서 가장 빠르고 정확한 Interpolation 방법을 적용하여 DEM제작 속도를 향상시켜야 한다.

## 참고문헌

1. 김형태, "GIS 건물레이어 자동구축을 위한 Lidar 데이터와 항공사진의 융합", 서울대학교, 박사학위 논문, 2001
2. <http://www.usgs.org>, USGS 홈페이지