

DEM 데이터에 의한 3차원 지형 모델링  
및 시뮬레이션에 관한 연구

중앙대학교 컴퓨터공학과  
교수 윤 경 현



DEM 데이터에 의한  
3차원 지형 모델링 및  
시물레이션에 관한 연구

'95 한국 지형공간정보학회  
학술 발표회 및 워크샵

95. 10. 18.

중앙대학교 컴퓨터공학과  
윤경현

Chung Ang Univ.



## 연구목적

- 2차원 지도의 3차원적 형상화 (Terrain Modeling)
  - 지형의 공간적, 기능적 분석 가능
  - 지형의 *preview* 기능
  - 지형의 정량적 분석을 위한 도구로 활용

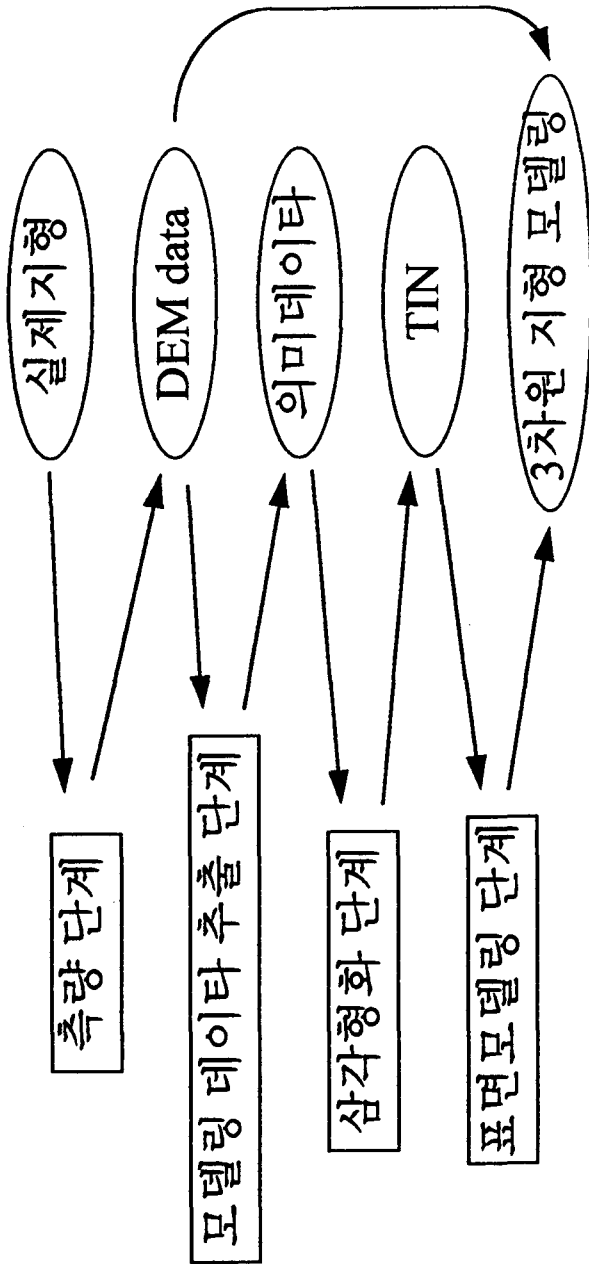


## 연구의 활용방안

- 군사분야
  - 무기 유도 체계, 비행사 모의 훈련, 군사적 야지 기동훈련 가능성 분석
- 환경분야
  - 경관모델링 시뮬레이션, 인구, 오염분포, 지하수 분포 등의 3차원 표현
- 국가기간산업분야
  - 도로의 위치 설계, 절토 및 성토 등의 엔지니어링 프로젝트
  - 기록도 등에 의한 침식 및 강우 유출량 등 계산



# 지형 모델링의 단계





# 지형 정보의 획득

## 지형 정보 획득 방법의 비교

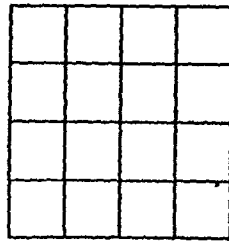
	원격탐사	지형도
획득 방법	인공위성	등고선 추출
정확도	비교적 높음	낮음
대상 영역	대규모 지역	소규모 또는 대규모
처리 비용 및 시간	많이 듬	적게 듬
응용 범위	댐, 저수지, 도로, 철도 건설을 위한 지형 분석	기초 설계, 정관 해석, 환경 평가



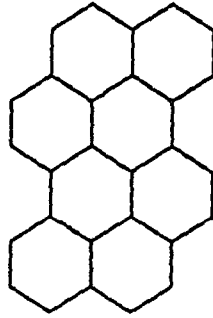
# 모델링 데이터 추출

## ■ 규칙적 표본 추출법 (Regular Sampling)

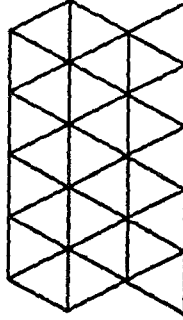
- 빠르고 간단하다.
- data의 양이 많아진다.
- 격자의 형태가 고정되어 지형의 특징을 정확히 표현할 수 없다.



(a)



(b)



(c)

격자의 여러 형태



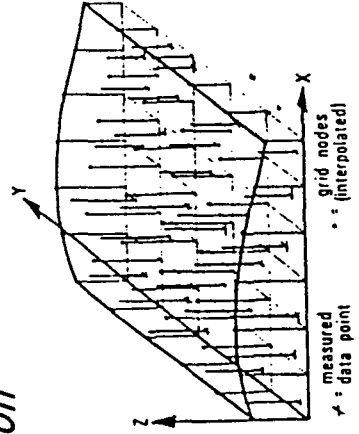


- 무작위 추출법 (Random Sampling)
  - 산꼭대기, 능선 등을 중심으로 무작위 추출.
  - 데이터의 양을 줄일 수 있다.
  - 특정 지역 선택의 어려움과 중요 지점의 data 손실 가능성
- 의미 데이터 추출법
  - 지형의 모습을 나타내는데 있어서 중요한 데이터만을 추출.
  - 데이터 양의 조절 가능.



## 표면 모델링

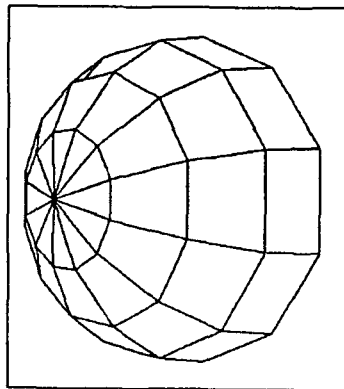
- 추출된 데이터에 보간법 적용, 3차원 표면을 구성하는 과정.
- 사각형에 의한 방법
  - 정규 격자형 데이터에 적용
  - 평지 모델링에 적합
  - 굴곡 지형의 정확한 모델링이 어려움
- *Global interpolation*
- *Patchwise interpolation*



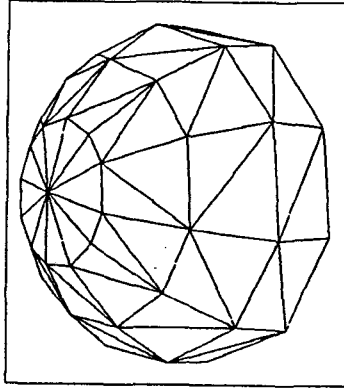


## ■ 삼각형에 의한 방법

- Random data 에 적용 가능
- 삼각 지형 등과 같은 불규 지형에 적합
- Break-line 또는 Fault line 을 처리할 수 있음.
- 사실적 렌더링 가능



사각형에 의한 구의 모델링



삼각형에 의한 구의 모델링



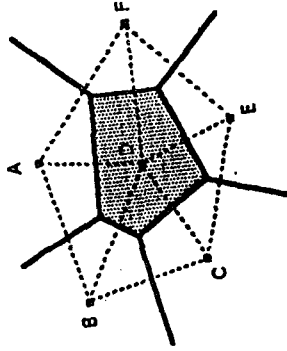
# 삼각형에 의한 지형 모델링

- 서로 겹치지 않는 TIN(Triangulated Irregular Network) 생성
- 삼각형으로 모델링하기 위한 최적 삼각형의 조건 설정
  - 삼각형화 알고리즘 계산의 복잡도
  - 삼각형화 결과의 질
    - 생성된 삼각형의 수
    - 예리한 각을 갖지 않는 삼각형
    - 구성된 삼각형의 총 선분 길이
  - 알고리즘 적용의 일반성
- Voronoi Diagram Algorithm
- Radial Sweep Algorithm



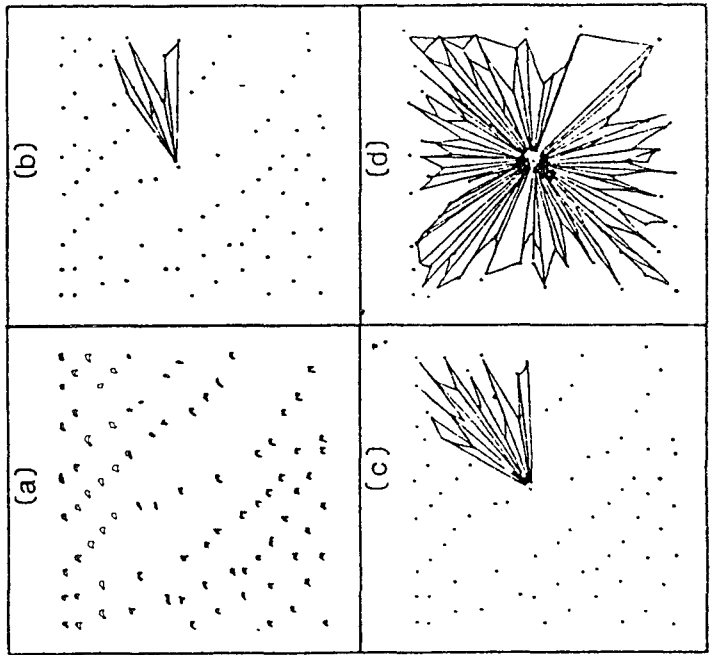
# Voronoi diagram Algorithm

- Dirichlet 영역, Thiessen 다각형
- 면적에 기초를 두고 특정점의 영역에 대한 기하학적 관계를 설정함.
- Voronoi diagram of dual graph  
= Thiessen 다각형



# Radial Sweep Algorithm

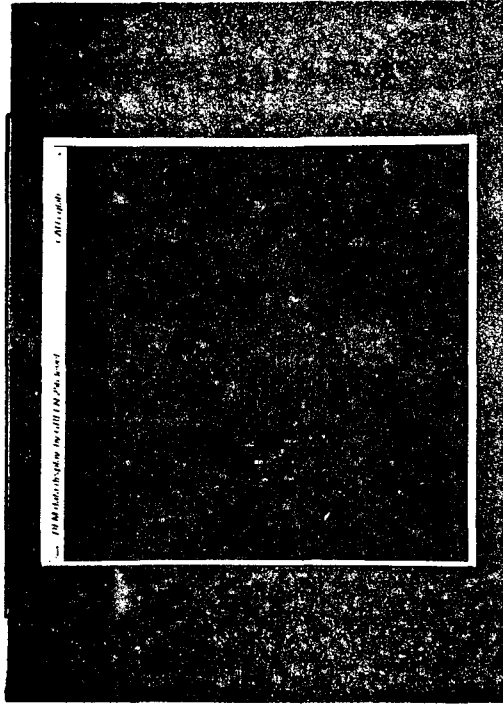
- 초기 삼각망으로부터, 다른 데이터에 대한 거리, 방향각에 따라 새로운 삼각망 구성.





# DEM Data

- DEM (Digital Elevation Model)
  - 지형의 고도를 수치로 나타낸 2차원 배열



00지역의 DEM Data





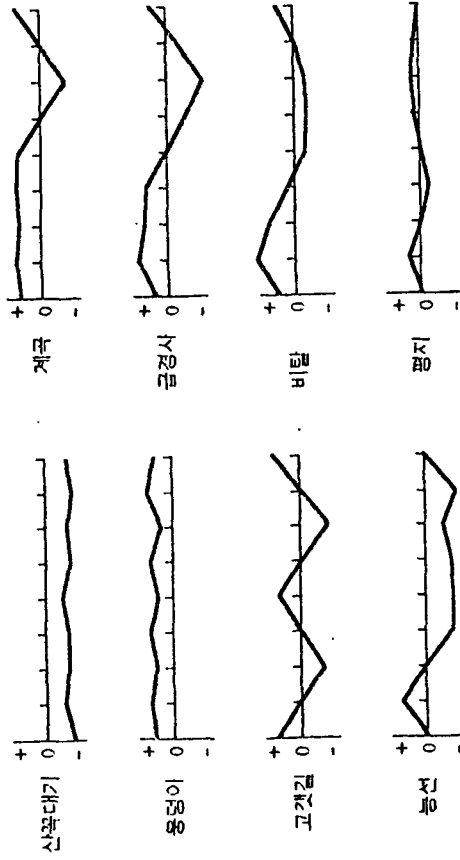
# TIN을 위한 의미 데이터 추출

- 방대한 양의 DEM 데이터로부터 지형적으로 의미있는 위치의 데이터 추출

## 의미 데이터의 특성

의미데이터	특성
산꼭대기(peak)	주위의 점보다 상대적으로 높음
웅덩이(pit)	주위의 점보다 상대적으로 낮음
고갯길(pass)	주위의 점과 항상 차이를 나타냄
능선(ridge-line)	주위의 점 중에서 극히 일부분만이 높고 나머지는 모두 낮음
계곡(ravine-line)	능선과 반대의 성질로 극히 일부분만이 낮고 나머지는 높음
급경사(break-line)	주위의 점 대부분이 현재의 점보다 높음
비탈(slope)	주위의 점 중 반은 높고 나머지는 낮음
평지(flat)	주위의 점과 거의 차이가 없음

- 의미 데이터의 추출 방법
  - 한 점을 중심으로 8-이웃점간의 고도 차이를 계산함



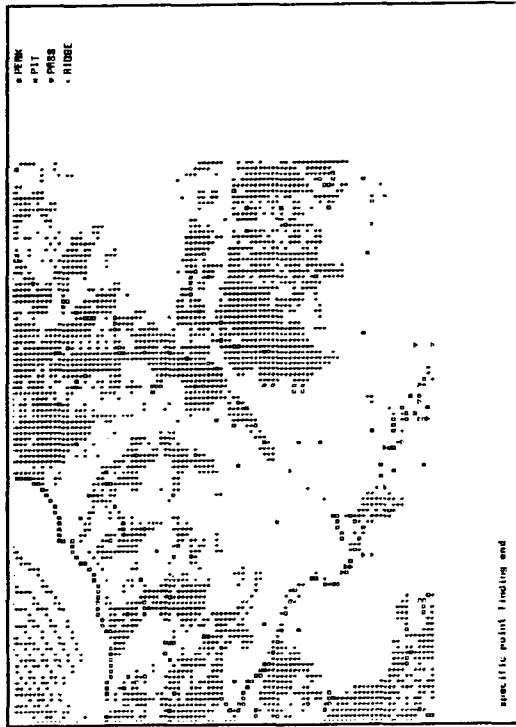


- $E_+$  : 양의 경사 에너지
- $E_-$  : 음의 경사 에너지
- $N$  : 그래프 부호 변화 횟수
- $L$  : 부호 변화 사이의 점의 갯수

- 산꼭대기 :  $E_+ = 0$ ,  $N_c = 0$ ;
- 웅덩이 :  $E_+ > T_{pit}$ ,  $N_c = 0$ ;
- 고갯길 :  $E_+ + E_- > T_{pass}$ ,  $N_c = 4$ ;
- 능선 :  $E_- - E_+ > T_{ridge}$ ,  $N_c = 2$ ;
- 계곡 :  $E_+ - E_- > T_{ravine}$ ,  $N_c = 2$ ;
- 급경사 :  $E_- - E_+ > T_{break}$ ,  $N_c = 2$ ;
- 비탈 :  $|E_+ - E_-| < T_{slope}$ ,  $L_c = 4$ ;  $N_c = 2$ ;
- 평지 :  $E_+ + E_- < T_{flat}$ ,  $L_c \neq 4$ ,  $N_c = 2$ ;



# 추출된 의미데이터



신꼭대기, 옹덩이, 고갯길, 능선



계곡, 급경사, 평지, 비탈

*Chung Ang Univ.*

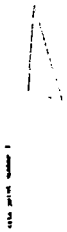
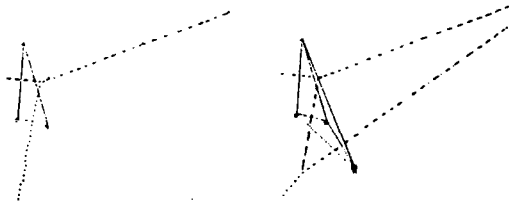


- 각 지형에 대한 상세도를 한계치(Threshold value)로 의미 데이터의 수를 조절함.

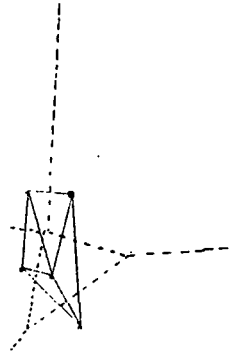
상세도 한계치	레벨 1	레벨 2	레벨 3	레벨 4	레벨 5
T peak	-200	-180	-150	-80	-50
T pit	10	8	6	4	2
T pass	50	40	30	20	10
T ridge	-50	-80	-100	-130	-150
T ravine	100	80	60	40	20
T break	-150	-130	-100	-80	-50
T slope	50	60	70	100	120
T flat	5	10	15	20	25



# Voronoi Diagram에 의한 TIN 생성 과정



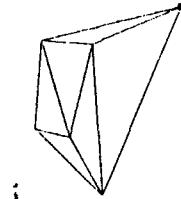
(a)



(b)



(c)



(d)

(a: 3점, b: 4점, c: 5점, d: 6점)

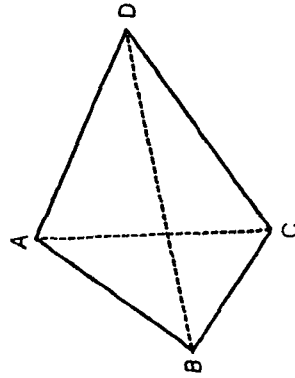


# 최적 삼각형의 조건

- 삼각형 ABC 에서

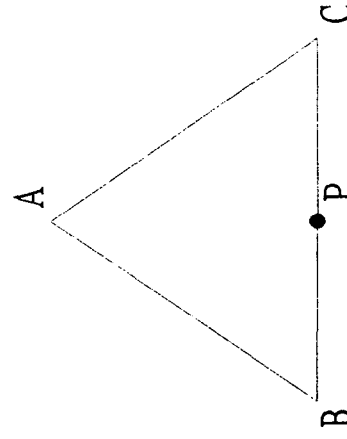
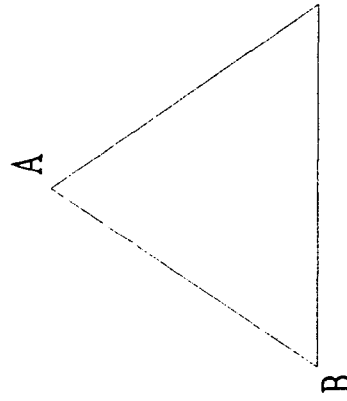
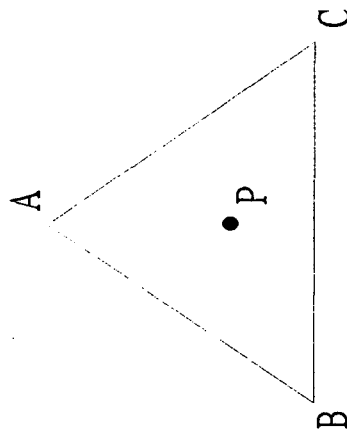
$$\left| \frac{\pi - \angle A}{3} + \left| \frac{\pi - \angle B}{3} + \left| \frac{\pi - \angle C}{3} \right| \right| \approx 0$$

- 즉 정삼각형이 최적의 삼각형



## 추가점 정의 조건

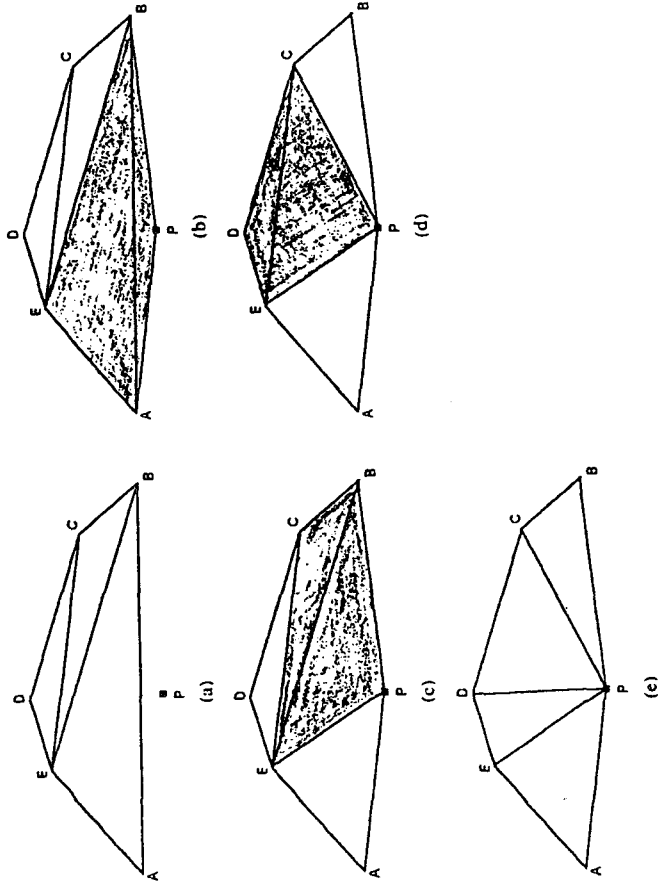
- TIN에 속한 한 삼각형 내부에 위치
- TIN의 외부에 위치
- TIN을 구성하는 선분위에 위치





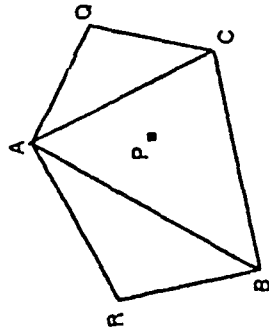


# 추가점에 의한 TIN의 연쇄적 재분할

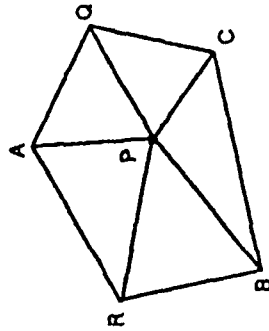




# 추가점이 TIN 내부에 위치하는 경우

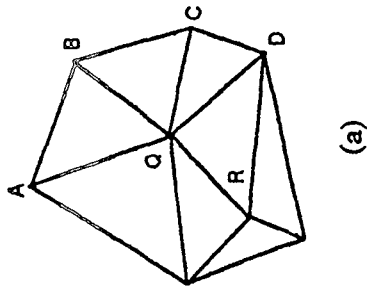


(a)

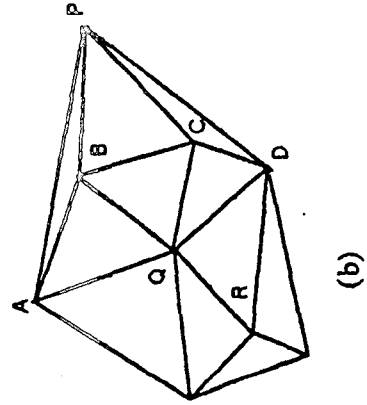


(b)

# 추가점이 TIN 외부에 위치하는 경우



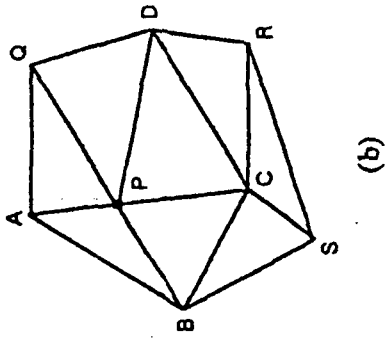
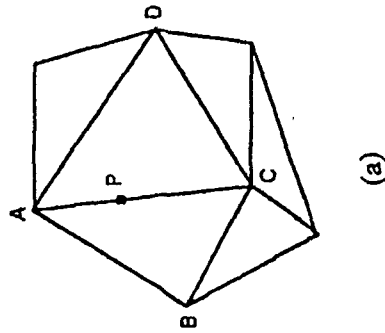
(a)



(b)



# 추가점이 TIN의 선분에 위치하는 경우





# 3차원 형상화 방법

## ■ 투사기법 <Projection 기법>

- 평행투사
- 투시투사



평행투사

투시투사



## ■ 렌더링 방법

- 음면 처리 : *depth sort algorithm*
- Shading
  - 균일 광도법
  - Gouraud 광도법



균일 광도법



Gouraud 광도법



# 상세도 레벨에 의한 지형의 비교

	레벨 1	레벨 2	레벨 3
영역 범위 (가로 X 세로)	40 X 40	40 X 40	40 X 40
추출 데이터 수	613	1040	1472
상세도	38%	65%	92%
감소량	62%	35%	8%

# 상세도 레벨에 의한 지형의 비교







# 삼각형화와 사각형화에 의한 비교



삼각형



사각형

Chung Ang Univ.



# 구현 결과



*Chung Ang Univ.*



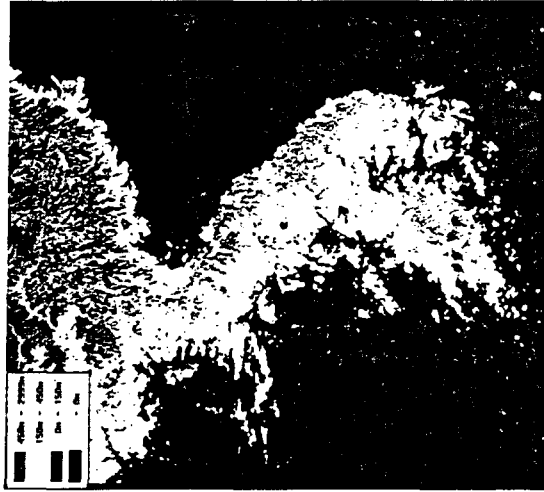
# 구현 결과



*Chung Ang Univ.*



# 구현 결과





## 결론

- 방대한 양의 DEM → 의미데이터 추출  
→ TIN 구성, 3차원 모델링
- 새로운 점이 추가될 때 동적으로 TIN을 재구성하는  
알고리즘 제시 구현
- 상제도 레벨에 따른 데이터의 처리 효율 향상



## 앞으로의 연구 방향

- 비행 시뮬레이션의 Zoom - in 효과를 위해  
의미데이터의 자동 생성 방법 연구
- 이로 인한 계층적 자료구조의 구축 방법
- 의미데이터의 삭제에 대한 동적 TIN 재구성  
알고리즘의 보완
- 실시간 모델링 기법
- 인공위성 사진의 실제 지형 Mapping