

3차원 포인트 공간자료 가시선 분석 실험 Experiment LOS Analysis of 3D Point Spatial Data

박재선* · 어양담** · 연상호*** · 문재흠**** · 김형태*****

Park, Jae Sun · Eo, Yang Dam · Yeon, Sang Ho · Moon, Jae Heum · Kim, Hyung Tac

要 旨

본 연구는 지상라이다로부터 획득한 3차원 점 데이터를 이용하여 구축된 공간자료를 격자(grided) 및 비격자(un-gridded)로 구분하여 모델링을 실시하였고, 이러한 모델링 결과를 이용하여 가시선 분석 실험을 실시하였다. 두 모델의 형태에 따른 가시선 분석 결과를 비교하기 위하여 본 연구에서는 실험지역의 가시선 최대 도달거리를 A지역 30m, B지역 40m, C지역 50m로 구분하였고, 가시선 분석 소요 시간과 가시되는 점의 개수를 측정하였다. 실험 결과를 살펴보면, 비격자모델의 경우, 격자모델에 비해 지역별로 A지역은 약 3.9배, B지역은 약 5.4배, C지역은 약 6.5배 정도 많은 시간이 가시선 분석에 소요되었으며, A지역은 약 0.97배, B지역은 약 0.93배, C지역은 약 0.94배 정도 적은 가시점 개수가 측정되었다. 가시선 분석 소요시간은 가시선의 최대도달거리가 증가함에 따라 격자모델과 비격자 모델의 차이가 증가함을 알 수 있고, 반면에 가시되는 점의 개수는 가시반경의 크기에 크게 영향을 받지 않았다.

핵심용어 : 3차원 포인트 데이터, 가시선 분석, 공간자료

Abstract

Using 3D point data implemented from terrestrial LiDAR, this research has modelled geospatial data in 2 categories(grided & un-gridded) and conducted LOS analysis experiment using outcome from the modeling exercise. To compare LOS analysis results from each of the 2 models in the above, maximum LOS (line of sight) range in the experimental area was specified as 30m in Area A, 40m in Area B and 50m in Area C and the time taken by LOS analysis and the number of visible points were measured. As for the LOS analysis experiment results, in comparison with the gridded model, the un-gridded model took about 3.9 times more time in Area A, 5.4 times in Area B and 6.5 times in Area C. In addition, about 0.97 times fewer points were measured in Area A, 0.93 times in Area B and 0.94 times in Area C. The difference between gridded model and un-gridded model in terms of the time taken by LOS analysis increased, as the maximum LOS range extended. On the other hand, the number visible points did not vary significantly in reference to the size of visible range.

Keywords : 3D Point Data, LOS Analysis, Spatial Data

1. 서 론

가시선(LOS : Line Of Sight)이란 두 지점간의 가시 여부를 담은 가상의 시선으로서 활용분야별로 가시선 분석 혹은 가시권 분석이라 하고 있다(어양담 등, 2008). 이러한 가시권 분석은 지리정보시스템(GIS : Geographic Information System), 도시정보시스템(UIS

: Urban Information System), 경관정보시스템(LIS : Landscape information System) 등 여러 시스템분야에서 꾸준히 사용되고 있다. 또한, 각 시스템의 가시선 분석은 GIS를 활용하여 관련 업무를 지원, 표적위치에 따른 무인기 운용 루트 및 전자전 체계의 방향탐지기 최적배치에 의사결정 지원, 조망권 확보를 위한 시물레이션 활용, 기지국 배치, 망구축 및 전파장애 예측 등 사

2010년 4월 9일 접수, 2010년 4월 30일 채택

- * 정희원 · 건국대학교 신기술융합학과 박사과정(xteen88@konkuk.ac.kr)
- ** 교신저자 · 정희원 · 건국대학교 신기술융합학과 조교수(eoandrew@konkuk.ac.kr)
- *** 세명대학교 토목공학과 교수(yshsmu@semyung.ac.kr)
- **** 한국전자제시현연구원 선임연구원(mjh4190@yahoo.co.kr)
- ***** 한국토지주택공사 수석연구원 (kht@lh.ac.kr)

회 전반에 걸쳐 다양하게 활용되고 있다(김용석 등, 2004 ; 이용용 등, 2006 ; 장문현 등, 2004 ; 김진택 등, 2009).

일반적으로 가시선 분석은 다양한 지형표면고도자료(Digital Surface Model)를 기반으로 수행되며, 그 자료들의 수평 및 수직 정확도가 분석에 미치는 영향이 크다(어양담 등, 2008). 또한, 최근 지상라이다와 같이 3차원 점 데이터를 획득할 수 있는 첨단 측량 장비가 개발 및 빠르게 상용화 되고 있고, 이러한 장비들로 부터 비교적 높은 정확도의 3차원 공간정보들이 구축되고 있다. 하지만, 이러한 3차원 점 자료 기반의 공간자료 처리에 대한 가시선 분석 연구는 미비한 실정이다(홍태민 등, 2009). 따라서, 본 연구는 3차원 공간자료의 형태를 비격자화, 격자화로 구분하여 모델링하고, 각 모델링 특성에 맞는 분석 기법으로 구분하여 가시선 분석을 실시하였다. 분석 소요시간과 가시되는 점의 개수를 측정하여 3차원 점 데이터 처리 기법에 따른 결과들의 차이를 비교 분석하며, 그 효용성에 대한 연구를 실시하였다.

2. 공간자료 모델링

지상라이다로 획득되는 점 데이터는 기존의 CMM(Coordinate Measuring Machine) 등으로부터 획득되는 데이터와는 상대적으로 비 규칙적이고, 다양한 형태로 구성된 많은 양의 점 데이터이며, 측정된 중복영역에서는 데이터가 더 조밀하며 불균일하게 산재 되어 있다(김지은, 2003). 따라서 측정 점 데이터의 효율적인 처리를 위하여 점 데이터를 정렬하는 영역화(Segmentation)과정과 점 데이터로부터 지형을 근사화하는 형상화(Figuration)과정으로 구분되어 진다. 본 연구에서는 앞서 언급한 점 데이터군의 영역화 및 형상화 처리 과정을 하지 않고, 점 데이터를 그대로 사용하는 비격자화 공간 모델링과 점 데이터 군을 정규화 하는 격자화 공간 모델링을 수행하였다.

2.1 3차원 포인트 비격자화 공간 모델링

3차원 포인트 비격자화 모델링은 격자화된 모델링 결과와 상이한 특성을 가지고 있다. 첫째, 전체 지역 걸쳐 점 데이터의 분포가 균일하게 분포되어 있지 않기 때문에 공간 분석에 많은 시간이 소요된다. 하지만, 실제 공간과 흡사한 결과로 생성되어 지고, 점 데이터에 대한 전처리 과정이 없기 때문에 데이터의 손실, 시간적인 낭비가 없는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 교량 건설현장에서 취득된 3차원 점 데이터를 이용하

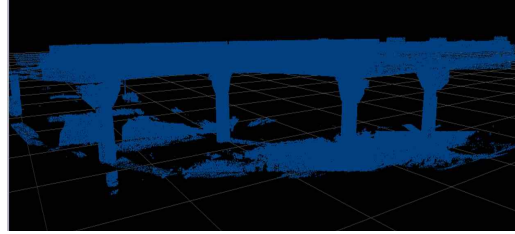


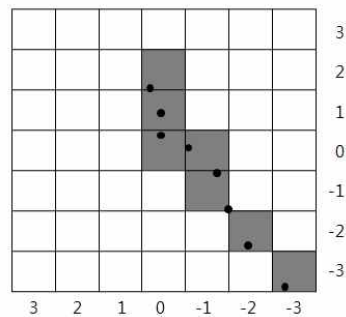
그림 1. 3차원 포인트 비격자화 모델링 결과

여 가시선 분석을 실시하였으며, 그림 1은 3차원 점 데이터 기반의 공간 모델링 결과이다.

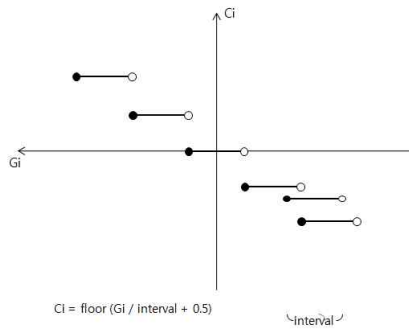
2.2 3차원 포인트 격자화 공간 모델링

본 연구에서 제시한 3차원 포인트 격자화 공간 모델링이란, 3차원 포인트 자료를 정규 격자화하여 공간 모델을 생성하는 것이다. 이러한 모델링 과정에서의 점 좌표와 격자좌표간의 변환은 실수를 성분으로 갖는 벡터간의 변환으로 생각할 수 있으며, 3차원 공간상에서 구체적인 변환 방법은 그림 2와 같다.

점 좌표 $P = (Px, Py, Pz)$, 격자 좌표 $G = (Gx, Gy, Gz)$, 격자 간격 $I = (Ix, Iy, Iz)$ 일 때, 격자 좌표계는



(a) 정규격자 변환



(b) 격자성분의 함수

그림 2. 좌표와 격자좌표간의 변환

점 좌표계에 격자 간격만큼의 크기 변환만 적용한 결과이다. 예를 들어 점 좌표가 (A * Ix, B * Iy, C * Iz)라면 격자 좌표는 (A, B, C)가 된다. 단, 변환된 격자 좌표가 모두 정수여야 하기 때문에 변환된 좌표는 가장 가까운 정수로 반올림해야한다. 따라서 점 좌표의 각 성분 P_i 를 격자 간격 I_i 로 나누고 이를 반올림 하여 격자 좌표 성분 G_i 을 구한다. $G_i = \text{round}(P_i / I_i)$ 또는 $G_i = \text{floor}(P_i / I_i + 0.5)$ 이다. 반대로 격자 좌표를 점 좌표로 바꿀 때는 단순히 크기 변환만 적용하면 되므로 다음과 같은 식(1)을 사용할 수 있다.

$$P_i = G_i \times I_i \tag{1}$$

따라서 격자화 처리과정에서는 그 간격이 정밀도와 속도에 영향을 미치는 가장 중요한 요소가 되며 이것은 지상라이다 측량 자료와 같은 점 데이터군을 어떻게 군집(aggregation)시키느냐의 문제로 전개되어 축척효과(scale effect)와 구획효과(Zoning effect)로 실제자료에 대해 오차가 발생된다(이준학 등, 2009). 특히 실제지형이 사선이거나 곡선 형태인 경우, 격자 간격이 작을수록 원래 지형에 흡사해진다. 반면에 격자간격을 과대하게 줄이면, 기대하는 높은 정밀도의 결과를 얻을 수 있는 반면, 계산 량이 n^3 (3차원 공간 기준, 기준 격자 간격에 대한 n 등분) 만큼 급격히 증가하게 된다. 또한, 지상라이다와 같은 군집화 된 점 위치 자료의 경우, 이 실제 지형은 완전한 솔리드 형태이지만 일부 영역에서 뚫리는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 원래 자료의 분포 특징을 분석한 뒤 격자의 크기를 조절할 필요가 있다(홍태민 등 2009).

일반적으로 한 지점에서 다른 지점의 위치한 어떠한 관측물을 바라볼 때, 그 두 지점의 거리차에 따라 그 관측물의 가시크기는 달라질 것이다. 예를 들어, 관측자 지점에서 근거리에 위치한 관측물은 상대적으로 원거리의 관측물 보다 과대하게 보일 것이다. 따라서, 본 연구에서 구분한 두 가지의 공간자료에서도 이러한 특징들이 나타난다. 격자 모델은 공간자료를 일정크기로 정규화 하였기 때문에 관측자와 관측물의 거리와 상관없이 일정한 크기로 가시 되고, 반면에 비격자 모델은 공간 자료를 포인트를 표현하였기 때문에 관측자와 관측물의 거리에 따라 가시되는 크기가 다르게 가시 된다.

3. 가시선 분석

가시선 분석은 임의의 위치에서 다른 한 지점을 바라본 관측자의 시선을 말하며 이 시선을 추적하여 대상지

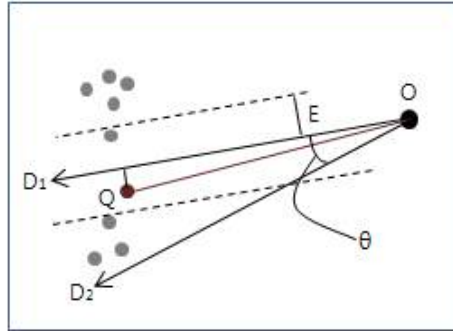


그림 3. 비격자 모델 가시선분석 원리

점의 가시여부를 판단하는 것이다(Benincasa, 1994). 또한 이러한 가시선 분석은 다양한 방식으로 구현된다. 따라서 본 연구에서는 비격자/격자 모델별로 구분된 기법으로 가시선 분석을 실시하였다.

3.1 비격자 모델 가시선 분석

비격자화 모델은 포인트로 구성되어 있기 때문에 직접적으로 가시선(반직선)과 포인트 군과의 교차점을 찾기 어렵다. 또한, 가시선과 포인트간의 교차(충돌점)는 항상 포인트 군을 폴리곤으로 재생성한 후 가시선과의 교차 검사를 하는 방법도 있지만 그 처리과정이 복잡하다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 포인트 기반 비격자 모델 가시선 분석을 위해 그림 3과 같은 방법으로 실시하였다. 포인트 군에 속한 한 점 P와 반직선간의 거리(R)가 임계값(E)안에 들어오면 충돌한 것으로 간주하고, 반직선의 방향 벡터(D), 반직선의 시작점(O), 반직선과 가장 가까운 점의 위치(P)라고 할 때 충돌 지점(Q)는 수식(1)과 같이 근사적으로 구하며, D가 단위벡터라면 수식(2)와 같이 간략화 하였다.

$$Q = \frac{D}{|D|} \cdot (P - O) \times \frac{D}{|D|} + O$$

$$Q = D \cdot (P - O) \times D + O \tag{2}$$

또한, 비격자 모델의 가시선 분석은 가시선 관측점에 첫 번째 가시선 D_1 에서 다음 가시선 D_2 까지의 탐색 각도(θ), 일정 간격의 임계값(E), 가시선 최대 도달거리(가시반경)를 상황에 맞게 설정할 수 있다(그림 3 참조).

3.2 격자 모델 가시선 분석

가시선을 처리하는 방법으로는 선긋기기법과 그림자 기법 등이 있는데, 선긋기기법은 가시선의 시작지점에서 가시되는 영역을 추가해 나가는 방법이고, 그림자기

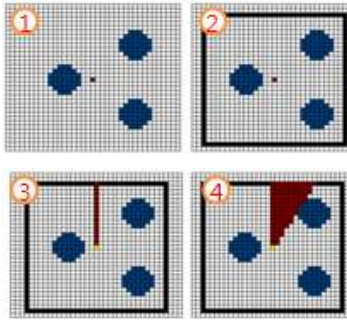


그림 4. 격자 모델 가시선분석 원리 및 흐름

법은 이와는 반대로 가시 영역을 먼저 정해 놓고 차폐물에 의해 가려지는 영역을 제거해가는 방식이다. 본 연구에서는 선긋기 알고리즘의 브레제넨(Bresenham) 기법을 사용하여 가시영역을 계산하였다. 선 긋기 알고리즘에는 DDA 기법, 브레제넨 기법 등이 있는데 DDA 기법은 수학 정의에 의한 선 그리기 방식으로 구현이 단순하지만 실수연산을 필요로 하기 때문에 구현 속도가 느리다.

브레제넨 기법은 구현이 비교적 단순하며 정수 연산만 사용하기 때문에 구현 속도가 빠르다(Po-Han Lin, 2005), (S. Glassner, 1991). 이러한 선긋기 알고리즘을 가시선 분석에 사용하려면 격자 경계 설정과 관련하여 가시권에 해당하는 격자를 쉽게 추출할 수 있어야 하고, 중심에서 해당 격자로 가시선을 그었을 경우 격자 내부가 채워져 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 두 가지 조건을 만족시키는 육면체 경계를 사용하였으며, 그림 4와 같은 순서로 가시선 분석 후보점을 설정하고, 가시선 분석 지점에서부터 육면체 경계 설정하한 후 선긋기 기법을 사용하여 가시선 분석을 실시하였다.

4. 실험 및 분석

4.1 실험 지역

가시면적은 가시선 분석 위치의 공간적 특성(고도, 주변환경)에 많은 영향을 받는다. 본 연구에서는 공간적 특성이 다르다고 판단되는 3지역을 실험지역으로 선정하였다. 첫 번째 지역인 노천극장은 실험지역 중 가장 소규모의 지역이며, 가시선 분석 후보점의 고도가 주변지역보다 낮기 때문에 가시면적의 크기가 상대적으로 작을 것으로 판단되고, 두 번째 지역인 교량 건설 현장은 교각, 교대와 같은 가시 방해요소를 지니고 있기 때문에 가시면적에 영향을 받을 것으로 판단되고, 세 번째 지역인 대운동장은 상대적으로 가장 큰 규모의

표 1. 지상라이다 재원

구분	내용
Maximum Range	- 4% target : 3~350m
	- 20% target : 3~800m
	- 80% target : 3~1500m
Field of View	- Vertical/Horizontal Angle : 360°
Resolution	- Vertical / Horizontal : 0.0015°

지역이며, 앞서 언급한 두 지역보다 광범위한 가시권 확보가 용이할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 3차원 포인트 기반 지형고도자료를 구축하기 위하여 표 1과 같은 재원의 지상라이다를 사용하였다.

4.2 실험 구성 및 조건

본 연구에서는 가시선 분석을 위하여 그림 5와 같이 별도의 프로그램을 제작하였다. 가시선 분석 프로그램은 지상라이다 점 데이터를 입력하여 가시화하는 모듈, 점 데이터를 격자화하여 모델링하는 모듈, 자료를 격자화하는 모듈, 모델링 결과별로 가시선 분석을 실시하는 모듈로 구성되어 있다.

본 연구에서는 실험 지역별 및 지형고도자료의 형태별로 실험 조건을 구분하여 가시선 분석을 실시하였다. 앞서 언급하였듯이 실험지역의 규모는 A-B-C 순이기 때문에 가시선 최대도달거리 또한 30/40/50m로 구분하였다. 또한, 가시선 분석 결과의 일반성을 높이기 위하여 격자화 공간자료의 경우, 격자 크기를 20/40/60/80/100cm로 세분화하였고, 비격자화 공간자료의 경우, 가시탐색 각도(θ)를 $\tan^{-1}(\text{격자크기}/\text{최대도달거리})$ 로 설정하여 격자화 모델의 결과와 대응되도록 실험을 실시하였다(표 2 참조). 특히, 비격자 모델 가시선 분석의 경우, 가시선에서 일정간격의 임계값(E)은 지상라이다 측량 원자료의 해상도를 고려하여 10cm로 고정하여 가시선 분석을 실시하였다.

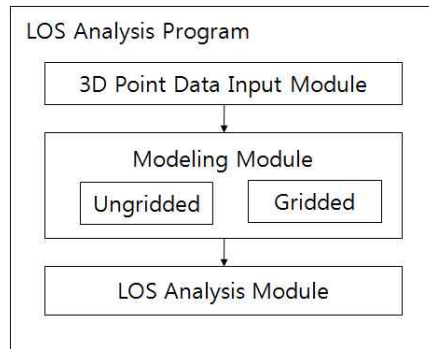
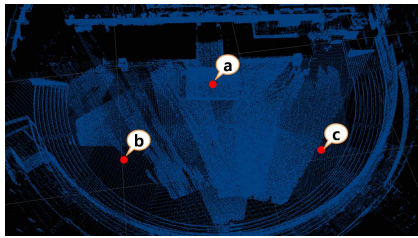


그림 5. LOS Analysis Program

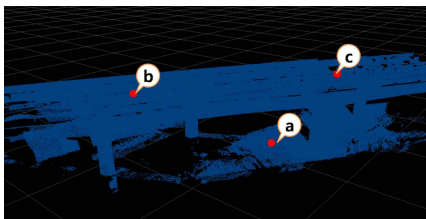
표 2. 실험조건

격자크기 (cm)	A지역 (가시반경:30m)	B지역 (가시반경:40m)	C지역 (가시반경:50m)
	탐색각도(θ)	탐색각도(θ)	탐색각도(θ)
20	0.38°	0.29°	0.23°
40	0.76°	0.57°	0.46°
60	1.15°	0.86°	0.69°
80	1.53°	1.15°	0.92°
100	1.91°	1.43°	1.15°

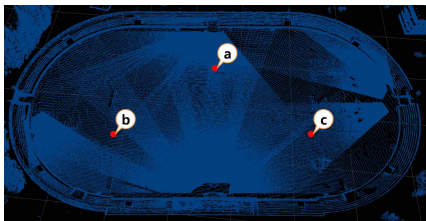
본 연구에서는 각 모델별로 가시선 분석에 소요시간과 가시되는 점의 개수를 측정하였다. 가시점 개수의 경우 비격자 모델의 결과는 점의 개수이고, 격자 모델의 결과는 격자의 개수이다. 따라서 실험 결과의 비교를 위하여 격자 모델의 경우 가시되는 격자안에 포함되어 있는 점의 개수를 다시 계산하였다. 실험지역별로 그림 6과 같이 가시 면적이 최대한 중복되지 않는 3곳의 관측점 위치 설정하였다.



(A) 노천극장 (최대가시거리:30m)



(B) 교량현장 (최대가시거리:40m)



(C) 대운동장 (최대가시거리:50m)

그림 6. 분석지역별 분석 지점

4.3 실험 결과 및 분석

각 조건별 가시선 결과는 표 3,4와 같이 소요시간과 가시 영역의 면적으로 구분하여 결과를 측정하였고, 그 결과는 그림 7과 같다.

가시선 분석 소요시간 결과를 살펴보면, 격자/비격자 모델 모두 격자 크기와 탐색각도가 커질 경우 가시선 분석 소요시간이 증가하였다. 격자모델의 경우 C지역 a 지점에서 격자크기가 20cm 일 때 최소소요시간 30.89초, A지역 a지점에서 격자크기가 100cm 일 때 최소소요시간 0.119초가 측정되었고, 비격자 모델의 경우 C지역 a지점에서 관측각도가 0.23°일 때 최소소요시간 111.43초, A지역 a지점에서 관측각도가 1.91°일 때 최소소요시간 8.922초가 측정되었다. 지역별 분석 소요시간 결과를 살펴보면 격자/비격자 모델 모두 C-B-A지역 순으로 분석시간이 소요되었고, 격자 모델 보다는 상대적으로 비격자 모델의 경우에 지역별 편차가 크게 측정되었다(그림 8 참조).

가시면적(가시점 개수)에 대한 실험결과를 살펴보면 격자 모델의 경우 C지역 b지점에서 100cm의 격자크기 일 때 최대개수 1,574,092개, A지역 b지점에서 20cm의 격자크기 일 때 최소개수 887,292개가 측정되었고, 비격자 모델의 경우 C지역 b지점에서 0.23도의 관측각도 일 때 최대개수 1,499,435개, A지역 b지점에서 1.19도의 관측각도 일 때 최소개수 876,934개가 측정되었다. 지역별 가시된 점 개수 결과를 살펴보면 격자모델



(A) 노천극장

(B) 교량현장

(C) 대운동장

그림 7. 가시선분석 결과 화면

표 3. 소요시간 분석 결과

(단위:초)

구분		a지점		b지점		c지점		평균	
		격자	비격자	격자	비격자	격자	비격자	격자	비격자
A 지역	1	22.345	47.872	23.342	49.82	20.341	48.521	22.009	48.738
	2	4.5782	23.982	4.724	24.728	4.5628	24.21	4.622	24.307
	3	0.9284	16.078	1.1834	16.539	1.0134	16.092	1.042	16.236
	4	0.2682	11.807	0.2828	12.193	0.2584	11.938	0.270	11.979
	5	0.1198	8.9221	0.1529	9.1384	0.1248	9.1183	0.133	9.060
B 지역	1	27.345	82.519	28.324	83.28	27.341	82.682	27.670	82.827
	2	5.0248	40.858	5.0924	41.96	5.0132	40.672	5.043	41.163
	3	1.6284	27.056	1.7934	27.946	1.6342	27.813	1.685	27.605
	4	0.5723	19.86	0.5932	20.81	0.5482	19.758	0.571	20.143
	5	0.2198	16.294	0.2529	16.927	0.2248	16.724	0.233	16.648
C 지역	1	30.89	111.43	28.083	110.82	30.34	110.08	29.771	110.777
	2	6.782	56.131	6.342	55.924	6.337	55.024	6.487	55.693
	3	1.9824	36.924	1.9342	36.713	1.9528	36.513	1.956	36.717
	4	0.8249	28.624	0.7864	27.219	0.8052	27.231	0.806	27.691
	5	0.3134	23.284	0.2923	22.821	0.2834	22.974	0.296	23.026

표 4. 가시점 개수 분석 결과

구분		a지점		b지점		c지점		평균	
		격자	비격자	격자	비격자	격자	비격자	격자	비격자
A 지역	1	1,201,981	1,216,770	887,292	885,729	918,274	913,754	1,002,516	1,005,418
	2	1,210,658	1,193,885	887,974	883,494	920,254	910,185	1,006,295	995,855
	3	1,219,758	1,185,568	889,257	883,095	924,531	908,158	1,011,182	992,274
	4	1,258,607	1,158,683	890,542	881,383	926,061	906,430	1,025,070	982,165
	5	1,321,778	1,112,749	907,832	876,934	938,789	897,680	1,056,133	962,454
B 지역	1	1,289,240	1,287,942	1,369,834	1,366,432	1,214,501	1,216,018	1,291,192	1,290,131
	2	1,303,181	1,269,548	1,400,294	1,358,990	1,216,012	1,213,204	1,306,496	1,280,581
	3	1,330,986	1,251,831	1,459,051	1,351,729	1,229,531	1,210,021	1,339,856	1,271,194
	4	1,349,105	1,214,595	1,508,113	1,335,618	1,276,434	1,205,301	1,377,884	1,251,838
	5	1,412,995	1,104,402	1,587,185	1,290,321	1,357,361	1,189,483	1,452,514	1,194,735
C 지역	1	1,278,233	1,260,108	1,509,384	1,499,435	1,489,242	1,480,329	1,425,620	1,413,291
	2	1,281,001	1,231,728	1,514,087	1,465,401	1,493,830	1,446,323	1,429,639	1,381,151
	3	1,284,482	1,221,596	1,527,823	1,452,895	1,504,924	1,434,026	1,439,076	1,369,506
	4	1,299,893	1,188,748	1,547,975	1,412,398	1,518,041	1,394,636	1,455,303	1,331,927
	5	1,315,736	1,131,948	1,574,092	1,343,690	1,541,808	1,324,139	1,477,212	1,266,592

과 격자모델 모두 C-B-A지역 순으로 가시점 개수가 많았고, 격자크기에 따른 가시점 개수를 살펴보면, 격자 모델은 비례, 비격자 모델은 반비례하였다.

비격자 모델의 가시선 분석의 경우 격자 모델의 경우에 비해 지역별로 A지역은 약 3.9배, B지역은 약 5.4 배, C지역은 약 6.5배 정도 많은 시간이 소요되었으며, A지역은 약 0.97배, B지역은 약 0.93배, C지역은 약 0.94배 정도 적은 가시영역이 측정되었다. 가시선 분석 소요시간은 가시선의 최대도달거리가 증가함에 따라 격자 모델과 비격자 모델의 차이가 증가함을 알 수 있고, 반면에 가시면적 즉, 가시점의 개수는 그 영향이 적은 것으로 판단된다(그림 9 참조).

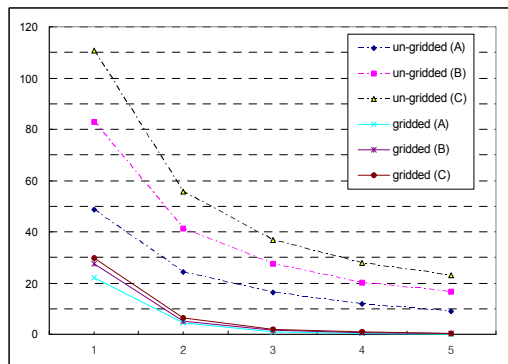


그림 8. 실험지역별 소요시간

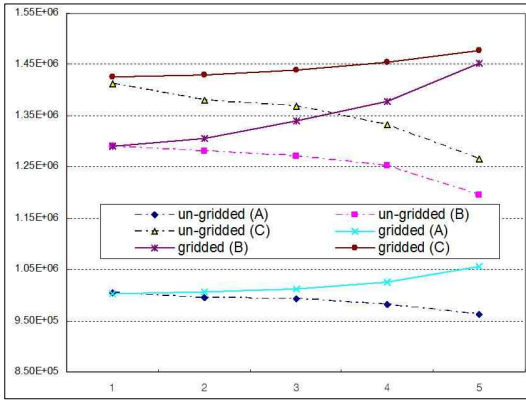


그림 9. 실험지역별 가시점 개수

5. 결 론

3차원 포인트 기반 공간자료에 따른 가시선 분석 변화분석을 위한 실험을 수행하였다. 실험결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 가시선 분석 소요시간은 가시선의 최대도달거리가 증가함에 따라 모델별 차이가 증가하였고, 본 실험과 같은 근거리의 가시선 분석의 경우 격자모델의 경우 비격자 모델 보다 3.9~6.5배 정도의 분석시간이 적은 것으로 판단되며, 1km 정도의 중/장거리의 가시선 분석 시에는 그 이상의 격차가 발생할 것으로 판단된다. 따라서, 실내 가시 환경 분석 등과 같은 비교적 가시반경이 작은 지형공간은 비격자 모델 처리방법이 적합하고, 반면에 산림지역과 같이 비교적 가시반경이 큰 지형공간은 격자 모델 처리방법을 사용하여 가시 환경 분석이 적합 할 것으로 판단된다.

둘째, 각 모델별 가시점 개수의 경우, 비격자 모델은 가시선 탐색 각도가 작을수록, 비격자 모델은 격자 크기가 클수록 많은 점들을 가지 되었지만, 그 차이는 각 모델별로 2~4%내의 안정된 결과로 측정되었다. 이는 지상라이다가 비격자화 자료라고는 하지만 정해진 간격에 의해 자료를 취득함으로써 어느 정도는 격자화 형태라고 볼 수 있기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

또한, 공간정보구축을 위한 3차원 포인트 처리방법은 다양하기 때문에 향후 연구를 통해 3차원 포인트 처리 방법별로 다양한 지역에 대한 공간정보가 구축되어야 하며, 구축된 공간정보를 기반으로 일반화된 가시선 분석 실험을 통해 그 신뢰성을 입증할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보 C04#)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김용석, 정창식, 윤경철, 박운용, 2004 “GIS를 이용한 문화·관광자원의 가시선 분석”, *한국측량학회 추계 학술발표대회 논문집*, pp.429-433.
2. 김지은, 2003, 다중뷰 포인트 3차원 데이터의 통합 곡면 생성에 관한 연구: A Study on the Algorithm for Surface Generation From Multi View Scattered Data, 석사학위논문, 서울산업대학교, pp.1-2.
3. 김진택, 엄정섭, 2004 “GIS를 활용한 아파트 지역의 전과 장애 실태 평가” *한국GIS학회 04 GIS/RS 공동 춘계학술대회 논문집*, pp.389-397.
4. 어양담, 박완용, 이용용, 이병길, 편무옥, 2008, “지형고도자료 해상도가 가시선분석에 미치는 영향”, *한국군사과학기술학회지*, 제11권 제3호, pp.99-105.
5. 이용용, 성장섭, 양우석, 임성빈, 어양담, 2006, “지형공간 정보를 이용한 감시장비 배치 최적화 실험 연구”, *한국군사과학기술학회지*, 제9권 제1호.
6. 이준학, 김항덕, 오경두, 2009, “가시선 분석에서의 MAUP 영향분석”, *한국군사과학기술학회지*, 제12권 제1호, pp.80-87.
7. 장문현 등, 2004, *도시경관 진단을 위한 실시간 Web 3D GIS 구축 툴 개발 연구개발결과보고서*, 정보통신부.
8. 홍태민, 편무옥, 강남기, 이병길, 김창재, 2009, “격자화된 지상라이다자료의 3차원 가시선 분석 실험” *한국측량학회지*, 제27권 제3호, pp.357-365.
9. Andrew S. Glassner ,1991, *Graphics Gems*, Academic Press, pp.446-450.
10. Benincasa, M. M., 1994, “Parallel Implementation of the Terrain Masking Algorithm”, Rome Lab., Griffiss AFB, N.Y.
11. http://en.wikipedia.org/wiki/Floor_function
12. Po-Han Lin, 2005, *Extremely Fast Line Algorithm*, Edepot.com, <http://www.edepot.com/algorithm.html>