

# 격자화된 지상라이다 자료의 3차원 가시선 분석 실험

## Experiment of 3D LOS Analysis of Gridded Terrestrial LiDAR Data

홍태민<sup>1)</sup> · 편무욱<sup>2)</sup> · 강남기<sup>3)</sup> · 이병길<sup>4)</sup> · 김창재<sup>5)</sup>

Hong, Tae Min · Pyeon, Mu Wook · Kang, Nam Gi · Lee, Byoung kil · Kim, Chang Jae

### Abstract

RTLS (Real-Time location system) for Location tracking of personnel and equipment of a construction site is now in development, among these techniques the wireless LAN-based techniques are being considered. To introduce these techniques to the construction site, the 3-dimensional visibility analysis prior to the installation location of AP must be simulated. At this time, three-dimensional visibility analysis considering the propagation distance of RTLS signal of AP (Access Point) should be performed.

In this research, two processing methods LOS boundary are tested to various grid size of gridded terrestrial LiDAR data, and the results were compared. In evaluations of visible area, the Scanline Fill-Method shows approximately 7.4% more visible area than the Shadow Clipping-Method, but the Shadow Clipping-Method shows stable results for the grid size. About the processing time, the Scanline Fill-Method is about 2 times faster compared to the Shadow Clipping-Method.

Keywords : AP, 3D LOS Analysis, RTLS, Terrestrial LiDAR

### 초 록

건설현장의 인력 및 장비의 위치 추적을 위한 RTLS(Real-Time location system)이 개발 중이며, 이종에는 무선랜 기반의 전파방식을 활용하는 기법도 고려되고 있다. 이 기법을 건설현장에 도입하기 위해서는 RTLS의 AP(Access Point) 전파가 도달하는 거리를 고려한 3차원 가시선 분석을 통해 사전에 AP의 설치 위치를 모의해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 지상라이다로 획득된 공간자료를 격자화하고, AP 설치 위치의 모의를 위한 3차원 가시선 분석의 성능 향상을 위하여 여러 가지 격자크기에 대해 두 가지 가시중단선 처리기법을 적용하고, 그 결과를 비교하였다. 가시면적에 대한 평가결과 선긋기기법이 그림자기법 보다 약 7.4%의 많은 가시영역을 나타내었으나, 그림자기법이 격자크기에 대해 안정적인 결과를 나타내었고, 처리시간에 대해서는 선긋기기법이 그림자기법에 비해 2배 가까이 빠른 것으로 나타났다.

핵심어 : AP, 3차원 가시선 분석, 실시간 위치추적 시스템, 지상라이다

1) (주)로딕스, 연구원(E-mail:netionics@gmail.com)

2) 교신저자 · 정회원 · 건국대학교 토목공학과 부교수(E-mail:neptune@konkuk.ac.kr)

3) 건국대학교 대학원 신기술융합학과 석사과정(E-mail:rkdskarl@konkuk.ac.kr)

4) 정회원 · 경기대학교 토목공학과 조교수(E-mail:basil@kyonggi.ac.kr)

5) 정회원 · Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Calgary(E-mail:cjkim@ucalgary.ca)

### 1. 서 론

전자광학 및 IT 기술의 급속한 발전에 따라 건설현장에서는 자동화된 위치 측정방법을 활용하여 장비, 인력 등의 이동 실시간 모니터링과 건설중인 대상물의 3차원 공간자료를 획득하여 건설 시공의 효율성과 안전을 향상시키고자 하는 연구가 진행중이다 (편무옥 등, 2009). 특히 건설현장은 시계열적으로 형상이 변화하고, 인력 및 장비의 위치가 동적으로 변화하므로 이들의 위치 추적을 하기 위한 RTLS (Real Time Location System) 장비의 활용도 고려되고 있다. 이것을 현장에 구축하기 위해서는 장비자체의 안전성과 비용효과적 측면을 고려한 RTLS 장비 중 위치추적 객체가 장비한 Tag에 전파를 보내고 받는 기지국과 같은 역할을 하는 AP(Access Point) 배치를 시뮬레이션해야 하며, AP의 전파도달 영역 시뮬레이션은 3차원 공간상의 가시선 분석을 바탕으로 하여 수행될 수 있다. 가시선 (LOS : Line of Sight)이란 두 지점간의 가시여부를 담은 가상의 시선으로서 활용분야별로 가시선 분석 (LOS Analysis) 혹은 가시권 분석 (Visibility Analysis)로 불리우고 있다 (어양담 등, 2008; 이준학 등, 2009; 이재규, 1994).

이러한 가시권 분석은 국방분야에서는 표적위치에 따른 무인기 운용 루트 및 전자전 체계의 방향탐지기 최적 배치에 의사결정 지원요소로 활용되고 있고, 건축조경 분야에서는 조망권 확보 등 시뮬레이션에 활용되고 있으며, 또한 이동통신 분야에서는 GIS를 이용하여 기지국 배치, 망구축 및 전파장애 예측과 같은 다양한 연구가 진행되고 있다(이용용 등, 2006; 김진택 등, 2004; 양종원 등, 2007; McCoy and Kevin, 2002).

그런데, 가시선 분석 기반의 장비 배치 모의 프로그램 개발의 경우, 가시선 분석 기법간의 차이와 그 효율성 분석이 이루어져야 한다. 본 연구는 건설현장에서 지상라이다로 획득된 공간자료를 격자화하고, AP 설치 위치의 모의를 위한 3차원 가시선 분석의 성능 향상을 위하여 여러 가지 격자크기에 대해 두 가지 가시중단선 처리 방식을 적용하고, 그 결과를 비교하였다. 또한, 정확한 AP의 전파 도달 영역의 시뮬레이션을 하기 위해 향후 여러 가지 전파손실모델식을 지형공간 환경별로 다양하게 고려할 예정이며(최재원, 2006), 본 연구에서는 전파 모델에 있어서 자유손실경로모델을 한정하였고, 그 유효도달거리는 30m로 가정하였다.

### 2. 전파모델을 고려한 3차원 가시선 분석 프로그램

#### 2.1 정규 3차원 격자 생성

격자간격 기반의 가시선 분석에서 고려되는 점 좌표와 격자좌표간의 변환은 실수를 성분으로 갖는 벡터와 정수를 성분으로 갖는 벡터간의 변환으로 생각할 수 있으며 3차원 공간상에서 구체적인 변환 방법은 그림 1과 같다.

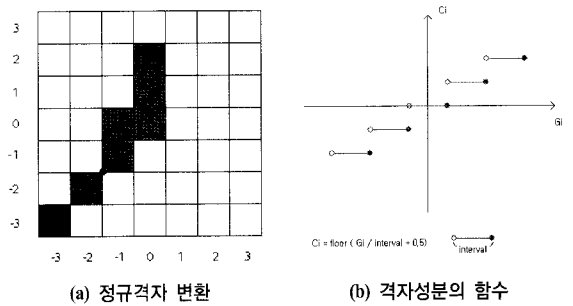


그림 1. 좌표와 격자좌표간의 변환

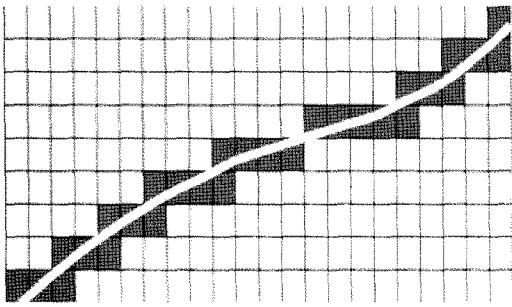
점 좌표  $P = (Px, Py, Pz)$ , 격자 좌표  $G = (Gx, Gy, Gz)$ , 격자 간격  $I = (Ix, Iy, Iz)$  일 때, 격자 좌표계는 점 좌표계에 격자 간격만큼의 크기 변환만 적용한 결과이다.

예를 들어 점 좌표가  $(A * I_x, B * I_y, C * I_z)$ 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 식을 사용할 수 있다.

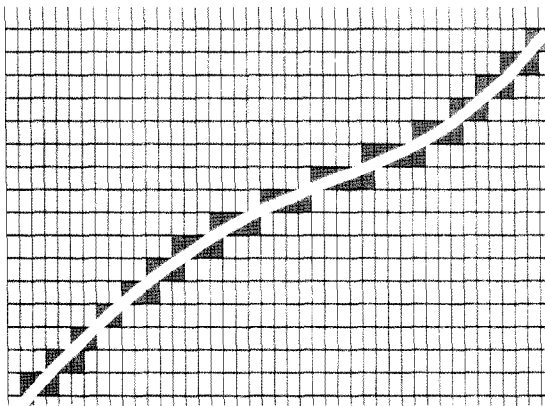
$$P_i = G_i \times I_i \tag{1}$$

따라서 격자기반 처리에서는 그 간격이 정밀도와 속도에 영향을 미치는 가장 중요한 요소가 되며 이것은 라이다 자료와 같은 점 군집자료에서 어떻게 군집(aggregation)시키느냐의 문제로 전개되어 축척효과 (scale effect)와 구획효과(Zoning effect)로 실제자료에 대해 오차가 발생된다(이준학 등, 2009). 특히 원래 자료가 사선이거나

곡선 형태인 경우 그림 2와 같은 오차 발생을 고려할 수 있다. 그림 2는 격자 간격에 따른 가시선분석 결과 영역을 나타낸 것으로서, 노란색선은 점 자료로 이루어진 실제 지형의 표면을 나타내고, 회색 칸은 격자로 나타낸 지형이다. 격자 간격이 작을수록 원래 지형에 가까운 것을 확인할 수 있다.



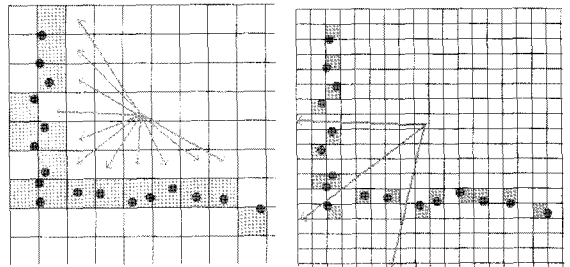
(a) 격자 크기가 1인 경우



(b) 격자 크기를 1/2로 줄인 경우

그림 2. 격자간격에 따른 가시도달 면과 실제 지형공간과의 차이

그림에서 보듯이 격자 크기를 1/2로 준 경우가 더 오차가 적음을 알 수 있다. 그러나 격자간격을 과대하게 줄이면, 기대하는 높은 정밀도의 결과를 얻을 수 있는 반면, 계산 량이  $n^3$ (3차원 공간 기준, 기준 격자간격에 대한  $n$ 등분) 만큼 급격히 증가하게 된다. 또한, 지상라이다와 같은 군집화 된 점 위치 자료의 경우, 그림 3과 같이 실제 건축물벽면이 차폐가 되어야 하는 영역에서 틀리는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 원래 자료의 분포 특성을 분석한 뒤 격자의 크기를 조절할 필요가 있다.



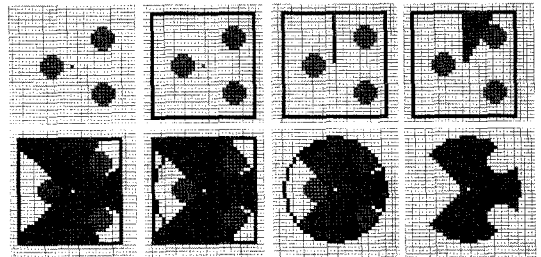
(a) 적절한 격자간격

(b) 과소 격자간격

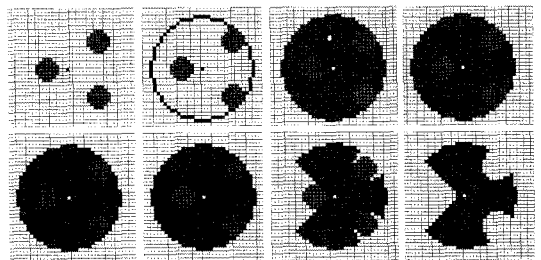
그림 3. 점자료의 격자변환 간격에 따른 가시선분석 결과

## 2.2 가시 중단선 처리방법

가시선 결과의 중단선을 처리하는 방법으로는 선긋기 기법과 그림자기법 등이 있는데, 선긋기 기법은 AP중심에서 전파가 전달되는 영역을 추가해 나가는 방법이고, 그림자기법은 이와는 반대로 전파 전달 가능 영역을 먼저 정해 놓고 차폐물에 의해 가려지는 영역을 빼나가는 방식이다.



(a) 선긋기 방법



(b) 그림자기 방법

그림 4. 가시중단선 처리 방법

선긋기 알고리즘을 이용한 전파 전달 영역 계산에서는 전파가 전달되는 현상을 중심에서 외각으로 선을 긋는 개념으로 묘사한다.

선 긋기 알고리즘에는 DDA, 브레제넨(Bresenham), 우(Wu) 방식 등이 있으며 인터넷에 공개된 선 긋기 알고리즘에 대한 설명을 통해 구체적인 알고리즘 구현 소스와 속도 비교표를 확인할 수 있다(Po-Han Lin, 2005).

DDA는 수학 정의에 의한 선 그리기 방식으로 구현이 단순하지만 실수연산을 필요로 하기 때문에 속도가 느리다. 브레제넨 방식은 구현이 비교적 단순하며 정수 연산만 사용하기 때문에 DDA 방식에 비해 속도가 빠르다(Jack E. Bresenham, 1965). 우 방식도 브레제넨 방식과 대등한 속도를 보이긴 하나 시각적으로 부드러운 선 긋기를 위해 가시 중단선뿐만 아니라 주변 격자까지 그리기에 포함 시켜버리기 때문에 전파세기값이 누적되거나 덮어씌워지는 문제가 발생하여 올바른 값을 얻어낼 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 브레제넨 방식으로 구현, 실험에 적용하였다(Andrew S. Glassner, 1991).

선긋기방법에서 주의해야 하는 부분이 경계 선정 문제이다. 경계에 해당하는 격자를 쉽게 추출할 수 있어야 하며 중심에서 해당 격자로 선을 그었을 경우 내부가 꽉 차있어야 하는데 경계 구는 내부가 차지 않는 문제가 있다. 육면체 경계가 두 조건을 만족시킬 수 있으며 본 연구에서는 육면체 경계를 사용하였다.

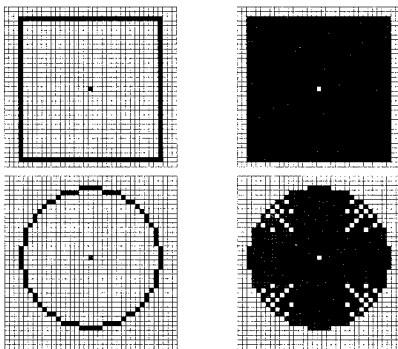


그림 5. 경계 선정에 따른 채우기 결과 차이

그림자기법은 전파가 전달되지 않는 영역을 그림자로 묘사한다. 전파 최대 전달 범위에 해당하는 구를 먼저 만든 뒤 차폐물에 해당하는 각 격자에서 그림자에 해당하는 영역을 만들어 그림자에 속하면 지워내는 방법이다. 그림자에 해당하는 3차원 영역을 섀도우 볼륨이라고 한다(Akenine-Moller, 2003). 원래 섀도우 볼륨 기법은 격자 기반이 아니라 기하 물체 기반에서 사용하는 방법이다.

본 연구에서는 볼륨에 해당하는 기하물체를 직접 생성하지는 않고 평면과 반직선을 이용하여 볼륨안에 존재하는 격자 중심을 추려내었다. 격자는 육면체이므로 각 면의 꼭지점을 향하는 4개의 반직선을 구한다음 격자 중심에 정렬되어있는 평면과의 교점을 구하여 해당 영역안에 있는 격자 중심을 골라낼 수 있다(그림 6 참조).

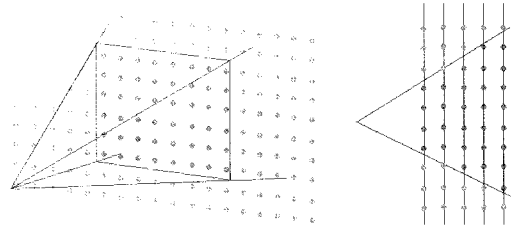


그림 6. 볼륨안에 포함된 격자 중심 선택

### 3. 실험 및 분석

#### 3.1 지형공간 자료 구축 및 프로그램 개발

##### 3.1.1 지형공간 자료 구축

본 연구에서는 건설현장에서 RTLS의 활용과 그 신뢰성을 높이고자 한다. 때문에 가시선 분석 실험 대상으로 현재 공사중인 교량현장을 선택하였다. 실험대상의 지형자료는 지상라이다를 이용하여 3차원 지형정보를 생성하였으며, 또한 토탈스테이션을 통해 절대좌표를 부여하였다. 그림 7, 8은 교량현장의 사진과 지상라이다로 구축된 3차원 지형자료이며, 표 1은 본 연구에서 사용되는 장비들의 제원이다.



그림 7. 건설현장(교량)



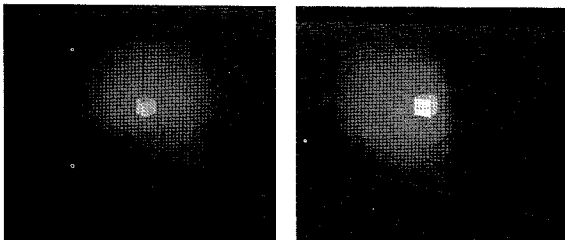
그림 8. 구축된 3차원 공간자료

표 1. 사용장비 제원

구분	장비	내용
지상 라이다	Optech ILRIS 360D	- Maximum Range : 3m~1500m(80% 타켓) / 3m~800m(20% 타켓) 3m~350m(4% 타켓)
	resolution	- vertical : 0.0015° - horizontal : 0.0015°
	field of view	- Vertical angle : 360° - Horizontal angle : 360°
토탈 스테이션	Leica TPS 1201	- Angular Accuracies : 1" - Maximum range : 3km (single prism)
분석 PC	Analysis Computer	- CUP : Intel(R) Q6600 @2.40GHz - RAM : 3.24 GB - VGA : NVIDIA GeForce 8600 GT

3.1.2 3차원 가시선 분석 프로그램 개발

본 연구에서는 앞서 구축된 지형자료를 기반으로 하여 전파가 방해받지 않고 목표로 하는 지면 혹은 구조물 표면에 닿는 정도를 분석하는 것으로서 개발된 소프트웨어는 3차원 지상라이다 자료를 기반으로 사용자가 지정한 3차원 격자에 대한 가시정도를 분석한다. 그림 9는 AP의 전파의 기시율을 시각화한 그림이다.



(a) 가시율(90%이상) (b)가시율(50%미만)

그림 9. 가시선 표현

3.2 실험 구성 및 조건

격자간격 및 종단처리방법에 따른 가시대상은 앞 절에서 구축된 지형자료(교량구조물 포함) 전제로 하였다. 또한, 건설현장의 위치추적 대상이 건설인력과 자재로 가정하였고, 대상물의 주 이동경로가 될 수 있는 교각 옆, 교량 밑 그리고 교량 상판에 각 1개씩 총 3개 AP로 실험하였으며, 전파손실 모델은 동일한 것으로 적용한 가시선 분석을 수행하였다(그림 10 참조).

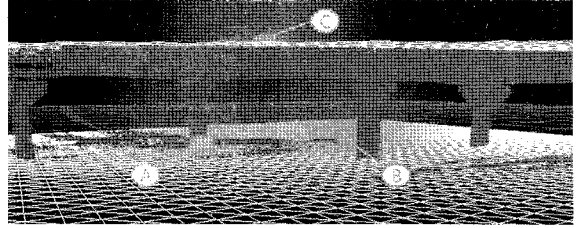


그림 10. 실험을 위한 AP 배치 위치

각각의 실험 조건별 가시되는 격자는 두 가지 종류로 구분될 수 있는데, 각 AP에서 나오는 전파가 공간에 도달하는 격자와, AP에서 발생하여 전파되는 전파의 격자로 구분된다. 본 실험에서는 위치인식을 위한 가시선 분석이기 때문에 위치인식이 되어야하는 위치 즉, 전파가 공간에 닿는 격자의 수를 계산하였다.

3.3 격자간격 및 종단처리기법에 따른 가시선 분석 실험

지상라이다의 자료를 일정 간격의 격자기반의 가시선 분석을 수행하였다. 건설현장에서 지상라이다에 적용한 해상도 간격으로부터 추후 개발될 RLTS 장비의 위치오차, 그리고 현재 장비의 허용오차를 고려하여 격자간격을 설정하고 각각의 가시면적을 비교하였다. 본 실험에서는 RLTS 건설현장 적용성을 고려하고, 또한 상용되는 AP 제작 회사의 제품 사양에 의거하여 전파도달 가능거리도 30m로 고정하였다(Ekaha software, 2006).

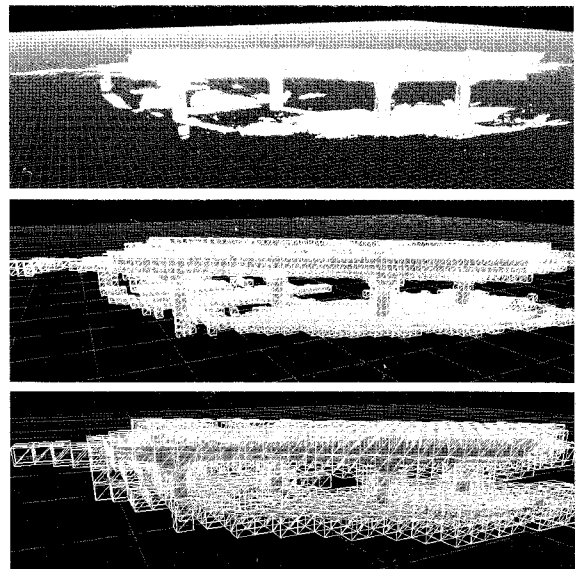


그림 11. 격자크기별 공간자료(20/150/500cm)

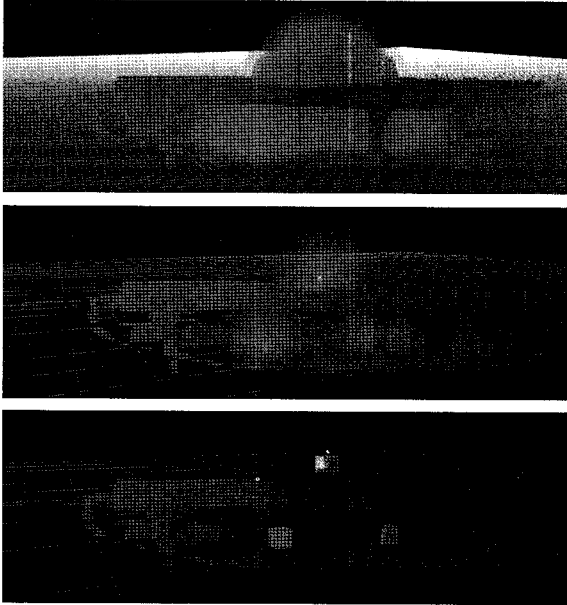


그림 12. 격자크기별 실험결과(20/150/500cm)

본 연구의 실험은 크게 앞서 언급한 3지점에서 두 가지 방법(격자크기 및 중단처리방법)으로 분석된 가시격자 수와 계산 시간을 분석하였다. 그림 11은 격자크기를 비교/표현한 그림이고, 그림 12는 AP 배치 후 가시선 영역을 시각화 한 것이다.

본 실험에서의 격자크기는 50cm부터 50cm의 간격으로 500cm까지 구분하여 실험하고, 추가적으로 20cm의 격자크기를 두어 실험하였다. 그 결과 선긋기법에서는 모든 실험이 가능했지만, 그림자기법에서는 20cm와 50cm의 격자간격에서는 실험결과를 도출하지 못하였다. 그 이유는 격자간격이 조밀해 짐에 따라 분석 메모리 사용량과 분석 시간이 폭증하여 분석에 사용된 컴퓨터의 처리 한계를 초과하였기 때문이다.

표 2~5 는 격자간격 및 중단 처리방법별 가시면적과 분석시간을 계산한 결과이다.

가시면적을 계산한 결과(표 2, 4)에서는 격자 크기가 최소일수록 실제 공간에 가장 가깝게 표현될 것이며, 그 결과를 바탕으로 한 가시선 분석이 가장 정밀하다고 가정하였다. 때문에 실제최소 격자크기인 20cm(선긋기법), 100cm(그림자기법)에서의 가시면적과 그 이상의 격자크기별 가시면적과의 편차를 계산하였다.

가시분석 소요시간을 측정된 결과(표 2, 4)에서는 각 지점별 소요시간과 그 평균소요시간을 측정하였다.

표 2. 가시면적(선긋기법) (단위:㎡)

격자크기 (cm)	A 지점	편차	B 지점	편차	C 지점	편차	합계	편차
20	3318	0	3163	0	1842	0	8323	0
50	3251	67	3113	50	1834	8	8198	125
100	3420	102	3272	109	1941	99	8633	-310
150	3429	111	3362	199	1955	113	8746	-423
200	3356	38	3340	177	1956	114	8652	-329
250	2975	343	3006	157	1906	64	7887	436
300	3438	120	3375	212	1989	147	8802	-479
350	3479	161	3283	120	1972	130	8734	-411
400	3568	250	3424	261	1936	94	8928	-605
450	3483	165	3382	219	1964	122	8829	-506
500	3325	7	3275	112	1725	117	8325	-2
평균	-	54	-	109	-	68	-	227

표 3. 분석시간(선긋기법) (단위:초)

격자크기(cm)	A지점	B지점	C지점	평균
20	21.5255	21.1932	26.1908	22.9699
50	1.2164	1.1341	1.4538	1.2681
100	0.1989	0.1391	0.1761	0.1713
150	0.0661	0.0617	0.0745	0.0674
200	0.0271	0.0244	0.0346	0.0287
250	0.0157	0.0136	0.0184	0.0159
300	0.0099	0.0081	0.0107	0.0096
350	0.0074	0.0058	0.0078	0.0070
400	0.0059	0.0048	0.0058	0.0055
450	0.0040	0.0029	0.0038	0.0036
500	0.0031	0.0019	0.0028	0.0026

### 3.4 분석 결과

#### 3.4.1 가시면적 분석 결과

AP 설치 영역별 가시면적을 살펴보면, A영역에서 가장 높은 면적으로 가시되며, C 지역에서 가장 좁은 면적으로 가시되었다. 이것은 C 영역은 교량의 상판위이기 때문에 A, B 영역과는 달리 비교적 가시영역이 교량의

표 4. 가시면적(그림자기법) (단위: m<sup>2</sup>)

격자 크기 (cm)	A 지점	편 차	B 지점	편 차	C 지점	편 차	합 계	편 차
100	3073	0	2909	0	1941	0	7923	0
150	3191	118	3040	131	1955	14	8186	263
200	3212	139	3068	159	1956	15	8236	313
250	2744	329	2781	128	1906	35	7431	492
300	3195	122	3042	133	1899	42	8136	213
350	3308	235	2977	68	1899	42	8184	261
400	3184	111	2960	51	1840	101	7984	61
450	3260	187	3139	230	1964	23	8363	440
500	2975	98	2850	591	725	216	7550	373
평균	-	54	-	65	-	54	-	76

표 5. 분석시간(그림자기법) (단위: 초)

격자 크기 (cm)	A지점	B지점	C지점	평균
100	8.5506	8.4793	8.8844	8.6381
150	1.4539	1.4457	1.5578	1.4858
200	0.4026	0.3555	0.3800	0.3794
250	0.1704	0.1288	0.129	0.1429
300	0.0947	0.0773	0.0677	0.0799
350	0.0560	0.0544	0.0490	0.0531
400	0.0328	0.0330	0.0270	0.0309
450	0.0179	0.0166	0.0146	0.0164
500	0.0181	0.0137	0.0109	0.0142

상관위로 제한되어 있기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 또한 3개영역 모두 각각의 처리방법별 가시면적은 유사한 패턴의 결과 값들로 측정되었다.

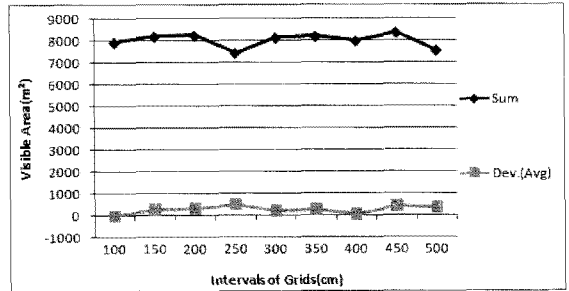


그림 14. 가시면적(그림자기법)

각 지점별 가시면적의 편차(최소 격자크기 면적 기준)를 살펴보면, 선긋기방법의 경우 A지점 343/7m<sup>2</sup>, B지점 219/50m<sup>2</sup>, C지점 147/8m<sup>2</sup>, 평균 650/2m<sup>2</sup>의 최대/최소 편차를 그림자기법의 경우는 A지점 329/98m<sup>2</sup>, B지점 230/51m<sup>2</sup>, C지점 216/14m<sup>2</sup>, 평균 492/61m<sup>2</sup>의 최대/최소 편차를 보였다.

### 3.4.2 가시계산 시간 결과

가시분석 소요시간을 살펴보면, 종단처리방법별 및 AP 영역별 모두 그 소요시간은 50m 격자 크기부터 0.4 초 미만의 차이를 보였으며, 선긋기방법은 100m, 그림자기법은 200m 격자크기부터 분석 소요시간이 1초 미만으로 나타나, 실시간 분석이 가능할 것으로 판단된다.

또한, 격자크기에 따른 소요시간 감소율은 선긋기방법의 경우 100cm 이상, 그림자기법의 경우 200cm 이상의 격자크기부터 그 소요시간의 감소 폭이 둔화하였다.

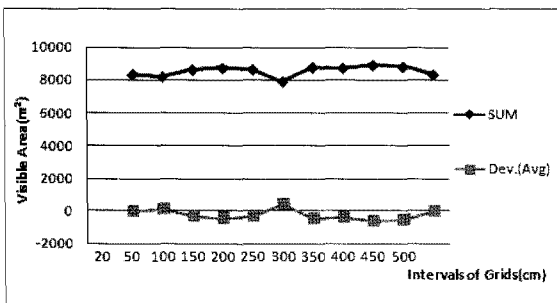


그림 13. 가시면적(선긋기방법)

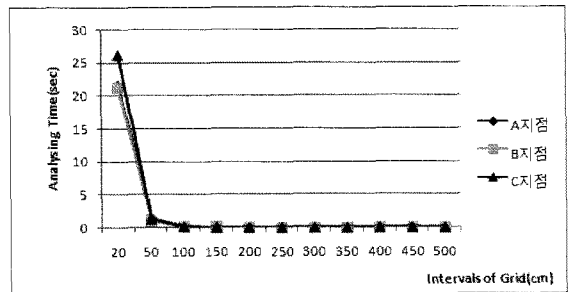


그림 15. 분석시간(선긋기방법)

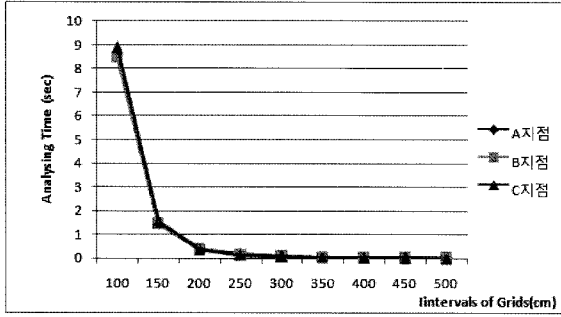


그림 16. 분석시간(그림자기법)

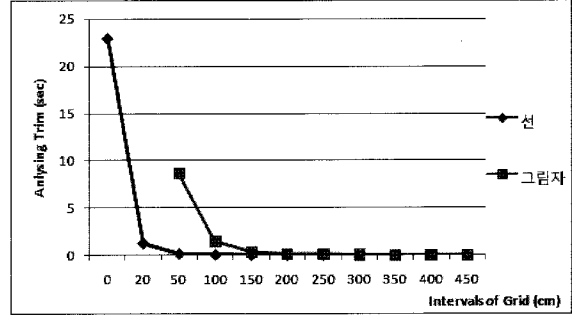


그림 18. 분석시간(중단처리기법별)

#### 4. 결 론

본 실험의 결과, 가시면적상으로는 선긋기방법이 그림자기법 보다 상대적으로 약 7.4%의 많은 가시영역을 나타내어 비교적 효율적인 기법이라고 할 수도 있으나, 그림자기법의 경우 격자의 해상도 별로 가시면적의 편차가 크지 않은 안정적인 결과를 나타내고 있다.(그림 17 참조) 건설현장의 실시간 활용에서는 단순히 면적이 크게 분석되어 나타나는 것보다 서로 다른 격자크기에 대해서도 안정적인 값이 산출되는 것이 분석결과의 신뢰성에 도움이 되기 때문에 현장에서 실용적으로 활용하는 데는 그림자기법이 더 적합할 것으로 판단된다.

계산시간상으로는 선긋기방법에서는 격자크기가 100cm~150cm일 때, 그림자기법에서는 격자크기가 200cm~250cm일 때 가장 효율적인 것으로 나타나고 있으며(그림 18 참조), 그림자기법이 선긋기방법에 비해 계산시간이 많이 소요되는 것으로 나타나고 있다. 그림 18에서 볼 수 있는 바와 같이 계산시간은 격자크기의 영향이 크며, 각 기법에서 가장 효율적인 격자크기에서의 처리시간은 선긋기방법이 그림자기법에 비해 0.5배정도

소요되는 것으로 나타났다. 따라서 분석해야할 AP의 수가 많으면 선긋기 기법이 더 유용할 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 실제 현장에서 신호단절을 유발하는 구조물, 자재 등에 대한 실제 현상과 격자화된 구조물을 기반으로 한 가시선 분석 결과와의 차이를 반영하는 데는 한계가 있으며 구조물에 쓰인 자재들의 매질별 특성으로 고려한 전파손실 모델별 특성을 추가적으로 고려할 필요가 있다. 향후, 이러한 현장성을 보완한 실험결과를 바탕으로 가시선 분석 기반의 건설현장 AP 배치 소프트웨어 개발을 추진할 계획이다.

#### 감사의 글

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

#### 참고문헌

편무욱, 지규인, 이한구, 구지희, 어양담 (2009), 설계정보 기반 실내의 공간정보 구축 및 활용, 1단계 연구보고서, 건국대학교  
 어양담, 박완용, 이용용, 이병길, 편무욱 (2008), 지형고도자료 해상도가 가시선분석에 미치는 영향, 한국군사과학기술학회지, 한국군사과학기술학회, 제 11권, 제 3호, pp. 99-105.  
 이준학, 김향덕, 오경두 (2009), 가시권 분석에서의 MAUP 영향분석, 한국군사과학기술학회지, 한국군사과학기술학회, 제 12권, 제 1호, pp. 80-87.  
 이재규 (1994), C로 배우는 알고리즘, 도서출판 세화, p. 1030.

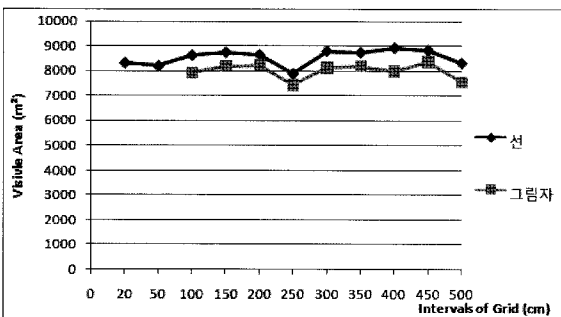


그림 17. 가시면적(중단처리기법별)



- 최재원 (2006), 측위 기준점의 무선랜 신호세기를 이용한 실내측위, 박사학위논문, 서울대학교, pp. 23-43.
- 이용웅, 성창섭, 양우석, 임성빈, 어양담 (2006), 지형공간 정보를 이용한 감시장비 배치 최적화 실험 연구, 한국군사과학기술학회지, 한국군사과학기술학회, 제 9권, 제 1호, pp. 72-79.
- 김진택, 엄정섭 (2004), GIS를 활용한 아파트 지역의 전파 장애 실태 평가, 04 GIS/RS 공동 춘계학술대회 논문집, 한국GIS학회, pp. 389-397.
- Tomas Akenine-Moller (신병석 역) (2003), *Real-time Rendering 2판*, 정보문화사, p. 300.
- Jill McCoy and Kevin. (2002), *ArcGIS8 Extension Guides - Using ArcGIS Spatial Analyst*, ESRI, pp. 160-161.
- Po-Han Lin (2005), Extremely Fast Line Algorithm, *Edepot.com*, <http://www.edepot.com/algorithm.html>
- Jack E. Bresenham (1965), Algorithm for computer control of a digital plotter, *IBM Systems Journal*, Vol. 4, No.1, pp. 25-30.
- Andrew S. Glassner (1991), *Graphics Gems*, Academic Press, pp. 446-450.
- Ekahau software (2006), *T301-A Userguide*, Ekahau Inc., p. 19.

---

(접수일 2009. 6. 1, 심사일 2009. 6. 17, 심사완료일 2009. 6. 25)