

연구논문

# 60Hz 고압 송전선로의 자기장 발생범위에 대한 GIS 적용 방안에 대한 연구

홍승철\* · 최성호\*\* · 김윤신\*\* · 박재영\*\*\*

인제대학교 보건안전공학과\*, 한양대학교 환경 및 산업의학연구소\*\*, 경북대학교 지리정보학과\*\*\*  
(2006년 6월 19일 접수, 2006년 7월 31일 승인)

## Study about the Applicable Plan of GIS on Range of Magnetic Field Emitted from 60 Hz Powerline

Seung Cheol Hong\* · Seong Ho Choi\*\* · Yoon Shin Kim\*\* · Jae Young Park\*\*\*

Department of Occupational Health & Safety Engineering, College of Biomedical Science & Engineering, Inje University\*

Institute of Environmental and Industrial Medicine, College of Medicine, Hanyang University\*\*

Department of Interdisciplinary Program in Geographic Information, Kyungpook National University\*\*\*

(Manuscript received 19 June 2006; accepted 31 July 2006)

### Abstract

In this study, we investigated the applicable plan of GIS on the environmental impact assessment of 60 Hz Powerline. So we assessed distance data based on calculations by use of 2D and 3D Geographical information systems(GIS) and distance data based on measurements on 1: 5000 maps accord with on site distance measurements to use input data for calculating magnetic field. One hundred eight of the on site measured addresses were selected from residences. The data were achieved by measuring the distance between residence and power line on maps with scales of 1: 5000. The digital map was obtained from National Geographic Information Institute with scales of 1: 5000, and we made 2D and 3D map. Correlation analyses were performed for statistical analyses. For the 3D GIS versus on site comparison of different exposure categories, 70 of 108 measurements were assigned to the correct category. Similarly for 2D GIS versus on site comparison, 71 of 108 were correctly categorized. When comparing map measurement with on site measurement, 62 of 108 were correctly categorized. When the

\* 이 연구는 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업(과제번호 : Eco-No. 2004-09001-0038-0)에 의해 수행하는 연구결과의 일부입니다.

Corresponding Author: Seung Cheol Hong, Department of Occupational Health & Safety Engineering, College of Biomedical Science & Engineering, Inje University, Gimhae, Gyeongnam, 621-749, Korea Tel: 82-55-320-3677 Fax: 82-55-325-2471 E-mail: reohong@inje.ac.kr

correlation analysis was performed, best correlation was found between 3D GIS and on site measurements with  $r = 0.84947$  ( $p < 0.0001$ ). The correlation between map and on site measurement yielded an  $r$  of  $0.76517$  ( $p < 0.0001$ ). Since the GIS measurements and map measurement were made from the center point in the building and the on site measurements had to be made from the closest wall on the building, this might introduce an additional error in urban areas. The difference between 2D and 3D calculations were resulted from the height of buildings.

**Key words :** Electromagnetic field, Geographical information system, environmental impact assessment system, Personal monitoring

## 1. 서론

우리가 일상에서 편리하게 사용하는 전기는 발전 소로부터 다양한 종류의 고압송전선을 통해 사용자에게 제공된다. 고압전류가 흐르는 송전선이 주거 밀집지역 인근에 설치되거나 송전탑 또는 송전선 가까운 곳에 아파트가 건설되면서 지역주민들이 한전을 상대로 손해배상 청구소송을 추진하는 등 전자파 피해에 따른 민원이 끊이지 않고 있다. 일반인들은 자기장에 대한 정보 결여로 인하여 유해정도를 알 수 없어 제대로 민원을 제기하기조차 어려운 실정이다. 그러한 유해성을 가시적으로 파악하지 못하여 전자파로 인한 환경의 영향을 평가하거나 가시화하는데 쉽지 않다(Robert, 1999). 또한 전자파 관련 규제조치의 근거제시가 불투명하여 많은 민원을 야기하는 등의 분쟁에 따른 객관적인 견해 및 규제를 제시할 수가 없다(전재경, 1996; Portier and Wolfe, 1998)). 이에 국내에서도 1997년 전자파 인체권고기준 설정을 위한 연구를 수행한 이후 잠재적인 위험성에 대한 예방적인 조치를 미리 적용한 전자파 환경영향평가를 시작하고 있으며, 기존의 전파장해에 의한 TV등의 전파상황과 수신상황 평가에 국한되지 않고, 고압송전선로 주변, 변전소의 전자파 환경영향평가에 대한 평가범위, 현황조사방법등에 대한 연구를 실시해 나가고 있는 상황이다(전인수, 2004, 2005).

그러나 고압송전선로 주변에 대한 전자파 조사과정의 경우, 지도에 표기된 조사 지점을 일일이 확인하는 등 모든 측정 작업을 수작업에 의존하고 있는

어려움이 있으며, 노출량 평가에 있어서는 한전에서 개발한 송전선로 전자계 계산프로그램을 통해 사전 예측값을 얻어 이를 사용하는 경우가 있으나, 예측값과 측정값 사이에 차이가 발생하는 경우가 보고되어지고 있다(전인수, 2004).

측정값과 예측값 간에 차이가 발생할 수 있는 요인으로는 이론값의 경우에는 적용해야 할 거리 값과 전류값의 부정확성을 들 수 있으며, 측정값의 경우에는 측정 장비의 정확성, 송전선로외에 다른 전자장 발생원에 대한 통제의 부재 등이 원인으로 고려되어질 수 있다. 무엇보다도 전자파 노출량을 예측함에 있어 물리량인 전자파의 감쇠특성상 거리의 제곱에 비례하여 감소하는 특성을 감안 할 때 송전선로와 대상지점까지의 이격거리를 정확하게 예측해야 함은 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

또한, 현재 송전선에서 방출되는 전자파에 대한 영향 평가를 함에 있어서 구체적인 노출량을 가시화할 수 있도록 현장 측정 데이터를 지도상에 표시하거나, 전체적인 전자파의 분포 형태를 제시하는 일은 매우 어려운 작업이라 할 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 GIS를 이용한 전자장 맵의 필요성이 제기되고 있으며(Karl, 2002), GIS를 이용한 송전선로 주변 전자파의 환경영향평가방안이 모색되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 GIS를 이용한 송전선로 주변 전자파의 환경 영향 평가 방안을 모색하기 위해 전자파 노출량 평가의 주요 요소인 송전선로와 측정 위치의 거리 산정 방법의 정확성 및 60Hz 극저주파 자기장의 개인 노출량을 측정 함으로써, 적절한 적용방안

에 대해 검토하고자 한다.

## II. 연구방법 및 내용

### 1. 연구 장소 및 대상자 선정

송전선로와 주거지의 이격 거리별 60 Hz 극저주파 전자파의 노출량을 측정하기 위해 송전선로가 지나가는 초등학교 재학생 중 연구참여에 무리가 없는 6학년 남녀 학생을 대상으로 총 133명을 선정하여 측정을 실시하였다.

연구 대상 지역의 경우, 각각 154, 345 kV 인 총 2개의 고압 송전선이 지나가고 있었다. 그 중, 154 kV 송전선은 B 초등학교 옥상을 횡단하고 있었으며, 연구 대상지역 1km 이내에 변전소가 위치하고 있었다.

### 2. GIS를 이용한 2D, 3D 전자장 맵 구현

본 연구대상 지역의 1/1,500 수치지형도 2개의 도엽과 지적도와 측정 수집된 수치 지형 데이터를 통해 연구에 필요한 레이어를 추출하였다. 등고선의 경우 5m 간격의 주곡선으로 된 레이어와 25m 간격의 계곡선 레이어를 각각 추출하였고, 건물의 경우에는 아파트와 주택 그리고 상권 관련된 건물 들을 추출하였으며, 도로는 일반 소방도로 이상의 도로들을 추출하였다. 송전선의 경우 연구 지역을 지나는 범위 안에서 추출하였다. 송전선과 연구참여 학생의 주거지와 의 실제적인 거리를 표현하기 위하여 건물에 따른 층수도 입력한 후에 학생들의 위치를 수치지형자료에 맞추어 위치 입력을 하였다. 3차원 분석을 하기 위해서 우선 DXF 형식의 등고선 레이어를 Geodatabase 형식으로 변환하였다. 그리고 Geodatabase를 바탕으로 ArcGIS 3D Analyst를 이용하여 TIN을 작성하고 이를 활용하여 5m 해상도 그리드를 제작하였다. 건물의 높이에 따른 자료들은 3차원으로 생성하기 위하여 3차원으로 표현될 아파트 높이 값과 일반 건물 높이 값들을 각 속성에 부여하여 3차원 건물들을 제작 하였다. 또한 측정 지점과 송전선의 위치에 따른 경사 거리를 산정하였다.

### 3. 송전선로와 주거지까지의 이격 거리 결정

송전선로와 측정 지점의 이격 거리를 구하기 위해 다양한 방법을 사용하였다. 첫번째 방법은 거리 측정 장비를 통한 실제 측정을 실시하였다. 측정 장비는 영국의 Ultratech사에서 제작한 Ultralite LR로 레이저 반사에 따른 디지털 거리측정을 실시하였다. 두번째 방법은 선정 대상지역의 자세한 지도(인천·부천·시흥 1:5,000 지번도; 영진문화사)를 통해 대략의 송전선과의 거리를 계산하는 방법으로써, 측정자를 통해 지도상의 거리를 측정한 후 이를 측정비율에 비례하여 환산하였다. 세번째 방법으로 GIS 소프트웨어를 사용하여 국립지리원으로부터 입수한 1:5000 수치지도와 지번도를 바탕으로 AutoCAD Map 2000i와 ArcMap 8.3 시뮬레이터에 송전선로와 건물을 구현하여 이를 바탕으로 거리를 구하였다.

GIS는 2D와 3D로 구분하여 구현하였는데, 송전선과 실제 거주지의 거리는 3차원적으로 이론치에 데이터 취득을 위한 정보를 추출하기 위해 다음과 같은 식을 통해 계산하였다. 실제 거리는 피타고라스 정리에 의거하여 (실제거리)<sup>2</sup> = (길이)<sup>2</sup> + (높이)<sup>2</sup>로 표현되기에 아래의 그림 1처럼 실제 거리와 각 송전탑과 건물의 각 등고 높이와 실제 거주하는 층수 높이까지 계산되어 다음과 같은 (1)식을 정의 한다.

$$f = \sqrt{((a+b) - (d+e))^2} \quad (1)$$

$a$ (송전탑 기준 높이): 지면으로부터 송전선의 기준 높이,

$b$ (송전탑 고도): 송전선이 위치한 고도 값,

$c$ (송전탑과 거주지간의 평면 거리): 송전선과 해당 거주지간의 2차원적 거리,

$d$ (거주지 높이): 지면으로부터의 거주지 높이,

$e$ (건물 고도): 건물이 위치한 곳의 고도 값,

$f$ (송전탑과 거주지간의 실제 거리): 송전탑과 거주지간의 3차원적 거리.

그림 1에서 나타낸 것과 같이 고도를 고려한 송전탑과 거주지간의 실제거리는 평면상의 거리인 ( $c$ )가 아닌 ( $f$ )가 될 것이다.

2D 상의 거리는 ArcGIS 8.3에서 거리를 측정하였고 송전선과 주거건물의 높이 차이는 송전선의 기

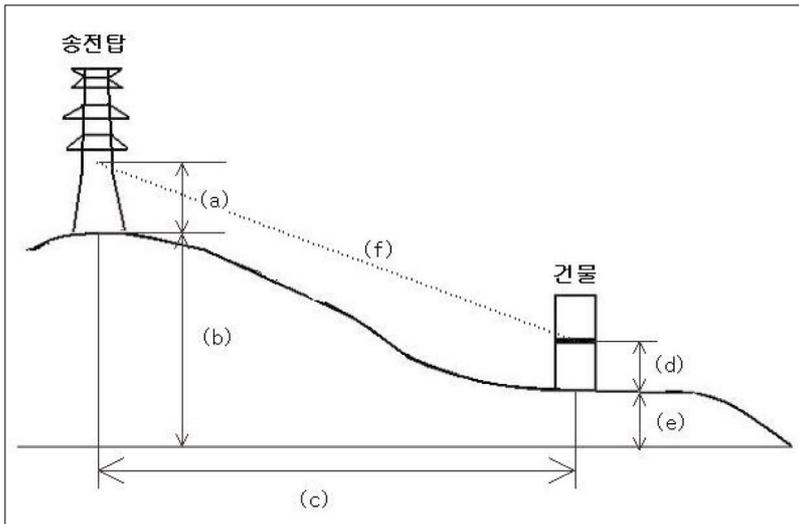


Fig 1. Method of estimating the distance between powerline and residences.

준으로 주거 건물의 등고 간격을 계산하여 차이를 계산하였다. 송전탑 고도와 건물고도는 앞에서 생성한 TIN으로부터 각각의 값을 구하였고, 3D 상의 거리는 거주지 높이를 측정 대상지점 주소상의 아파트 층수를 이용하여 높이로 환산하여 이를 통해 계산하였다.

#### 4. 개인 노출량 측정

본 연구는 주거지 내에서의 개인 노출량 측정을 통해 수행되었다. 연구에 사용된 자기장 측정기기는 EMDEX II와 EMDEX LITE (ENERTECH Inc.)로 미국 EPRI (Electric Power Research Institute)에서 개발한 x, y, z 세축 방향을 측정할 수 있는 장비로써, 연구 수행 전에 장비 제작사의 정도검사를 통해, 실제 자기장값과 측정값간의 오차가  $\pm 2\%$ 로 이루어졌음을 확인하였다.

연구대상자들을 대상으로 개인노출측정을 수행하였는데 측정기(EMDEX LITE, EMDEX II)를 작은 가방에 넣고 연구대상자가 열어보지 못하도록 자물쇠로 잠근 후 몸에 착용할 수 있게 하였고, 보다 정확한 측정을 위해 학생들이 항상 몸에 착용할 수 있도록 교육하였고, 특히 취침시에는 전기제품과 멀리 떨어진 장소 중 연구대상자와 가장 가까운 곳에 측정기가 든 가방을 걸어두도록 하였다.

#### 5. 통계적 상관성 평가

구해진 송전선로와 측정 지점의 이격거리는 실측값을 그대로 사용한 결과와 각각 0~50M, 50~100M, 100~150M, 150~200M로 구분하여 범주화한 것으로 구분하여 나타내었다. 측정 데이터는 SAS 소프트웨어를 이용하여 상관분석을 실시하였다. 상관 분석 결과는 실측 거리와 일반 지도의 mapping 거리, 2D, 3D 구현을 통해 얻어낸 거리의 정확성을 평가하는데 사용되었는데, 실측 거리가 가장 정확하다는 가정하에, 실측 거리와의 상관성이 높은 경우, 정확성이 높다고 예상하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 이격 거리 측정 방법의 정확성 평가

그림 2는 연구 대상 지역에 대한 GIS 맵 구현 결과를 나타낸 것이다. 각각의 방법으로 측정된 이격 거리를 그룹화하여 나타낸 결과를 표 1에 나타내었다. 각 방법별로 측정된 결과를 0~50M, 50~100M, 100~150M, 150~200M로 구분하여 정리한 것으로써, 측정 결과, 실측 결과가 다른 측정 방법에 비해 높은 것을 확인할 수 있었는데, 이는 측정 장비 및 측정자의 숙련도에 의해 차이가 발생된 것

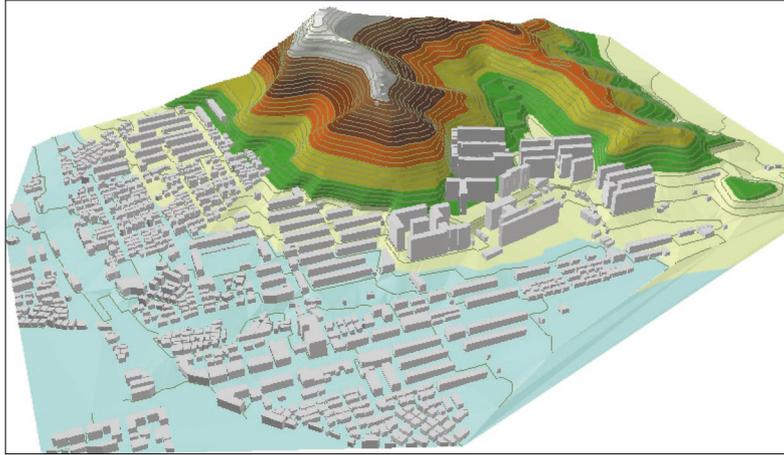


Fig 2. 3D GIS map of survey area.

Table 1. Classification on distance from powerline to measurement point

Classification	0~50M	50~100M	100~150M	150~200M	Total
Real measurement	20	20	21	47	108
Mapping measurement	18	34	25	31	108
2D GIS	20	33	23	32	108
3D GIS	16	32	27	33	108

으로 판단된다. GIS를 이용한 측정 지점과 송전선로의 이격거리는 건물 옆에서 측정했을 경우, 건물 중심을 측정 지점으로 인식하는 것이 오차 요인으로 보여진다(Karl, 2002). 또한, 2D와 3D GIS의 경우는 고도를 고려한 3D GIS 결과가 일반적으로 높게 나타났음을 알 수 있다.

표 2는 각 측정 방법 별 상관관계를 나타낸 것이다. 3D GIS 결과가 실측 결과와 가장 상관성이 높게 나타났음을 알 수 있는데, 이는 두 방법 모두, 측정 시 고도를 고려한 방법이기 때문으로 판단된다. 따라서 송전선로의 환경 영향 평가 시, 대상지역의 3D GIS 맵을 이용하여 전자파 노출량을 예측할 경

우, 송전선과 주거지와의 거리를 가장 정확하게 표현함으로써 실제 전자파 노출 값에 가장 가까운 값을 제시할 수 있으며 사전 환경성 평가에 적용하여 송전선로 설계 단계에서부터 적용이 가능 할 것으로 판단된다.

Mapping을 이용한 측정의 경우는 실측과 일정한 수준의 상관성을 나타내었으나 환경 영향 평가 시, 측정 지점과의 이격거리를 표현하기 위해서는 실측과 병행하여 실시하는 것이 측정 오차를 줄일 수 있는 방법으로 보여진다. 2D GIS와 3D GIS의 경우, 범주화 된 자료의 상관성에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 범주화 하지 않은 이격 거리간의 상

Table 2. Coefficient of correlation among measurement method

	Real measurement	Mapping measurement	2D GIS	3D GIS
Real measurement		0.76517(<.0001)	0.83865(<.0001)	0.84947(<.0001)
Mapping measurement			0.89742(<.0001)	0.90374(<.0001)
2D GIS				0.96431(<.0001)
3D GIS				

Table 3. Selected magnetic field exposure metrics and time distribution of 24 h personal exposure to different magnetic fields according to distance from the power line to residence for children attending a school near a power line

Distance (m)	No. of subjects	Arithmetic mean( $\mu T$ )	Geometric mean( $\mu T$ )	95th percentile( $\mu T$ )	Rate of Chang( $\mu T$ )	Average time spent at given field level (%)			
						< 0.05 $\mu T$	0.05~0.2 $\mu T$	0.2~1.0 $\mu T$	$\geq 1.0\mu T$
$\leq 50$	26	0.546	0.381	1.521	0.082	2.53	24.83	58.68	15.13
50 - < 100	20	0.348	0.253	1.018	0.072	3.57	40.89	54.73	2.78
100 - < 150	25	0.323	0.187	1.072	0.065	10.10	54.48	30.53	7.19
$\geq 150$	54	0.335	0.182	1.372	0.095	5.59	60.48	27.92	6.79

Table 4. Results of measurements to magnetic fields at various activities in home according to distance from subject's residence to power line

Metrics	< 50 m				50 - <100 m				100 - <150 m				$\geq 150$ m			
	N	AM	GM	%	N	AM	GM	%	N	AM	GM	%	N	AM	GM	%
At Home	26	0.427	0.359	52.7	20	0.245	0.229	47.4	25	0.147	0.129	28.4	54	0.130	0.118	24.4
Awake	26	0.403	0.357	27.4	20	0.208	0.194	17.5	17	0.119	0.106	9.4	54	0.135	0.117	10.5
use appliance	26	0.421	0.389	16.8	20	0.201	0.191	11.9	25	0.112	0.104	6.4	54	0.133	0.119	7.2
no use appliance	23	0.408	0.356	6.8	18	0.220	0.205	6.8	25	0.132	0.116	3.6	47	0.132	0.116	3.5
Sleep	26	0.449	0.407	30.5	20	0.265	0.258	26.9	25	0.164	0.152	18.8	54	0.127	0.124	14.2

관분석 결과에서는 0.99552( $p < 0.0001$ )의 매우 높은 상관관계를 보임에 따라, 현재 구축되어 있지 않은 3D GIS 맵 사용 이전에 2D GIS를 이용한 환경영향평가도 충분히 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 본 연구에서 고려된 3D GIS의 경우, 송전선로 자체의 고도는 고려되지 않았기 때문에 추후 이를 고려한 연구가 수반되어야 할 것이다.

## 2. 이격 거리 별 자기장 개인 노출량 평가

송전선 주변 학교 학생들에 대해서 거주지와 송전선과의 거리에 따라 크게 4 가지로 구분하여 24 시간 개인노출수준을 비교하였는데(표 3, 표 4) 주거지가 송전선에 가까울수록 더 높은 전자파 노출수준을 보이고 있다. 특히 50m 이내에 위치한 주거지의 학생들이 다른 학생들에 비해 2.0 $\mu T$  이상에 노출되는 시간의 하루 중 비율이 더 높았고 (73.81%), 특히 1.0  $\mu T$  이상의 고노출 시간비율도 높은 편이어서(15.13%) 전체 개인노출량에 영향을 주었을 것으로 보이며, 주거환경에서의 노출수준 또한 다른 학생들에 비해 높은 전자파 수준(AM : 0.43  $\mu T$ , GM : 0.36  $\mu T$ )을 나타내었으며 이는 통계적으로도 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.01$ ).

개인 노출량 평가의 경우, 사전 환경성 평가에는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 그러나, 송전선로에서 발생하는 60 Hz 전자파 자기장만을 대상으로 하는 환경영향평가를 실시할 경우, 집안에서의 배경 전자파 또는 가전제품에 의한 전자파 노출이 포함되지 않기 때문에(김운신 2005), 실제 전자파 노출이 과소평가될 우려가 있다. 따라서 환경영향평가시에, 송전선로로부터의 노출 외에 다른 60 Hz 전자파 노출원에 대한 고려도 필요하리라 사료된다.

## IV. 결론

본 연구는 고압송전선로 주변의 전자파 노출 예측범위를 평가하기 위해 고려되어야 할 사항인 송전선로와 측정 지점간의 이격거리의 설정에 있어 실측, 축적비율, 2D, 3D 방법 등의 적용을 통한 적합성 및 적용방안에 대하여 알아보았고 실제 개인노출량 평가 결과를 적용하여 보았다. 연구 결과, 3D GIS 결과가 mapping 측정과 2D GIS에 비해 실측과 유사한 것으로 나타났으며, 2D GIS의 경우도 적절한 이격거리의 보정을 하였을 경우 3D GIS와 유사한 값을 가질 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 송

전선로 주변 거주지의 경우, 거리에 따라 자기장 노출량에 큰 차이가 있음을 알 수 있었고, 개인 노출량 평가를 통해 송전선로뿐만 아니라 가정내 사용하는 가전제품과 같은 60Hz 자기장 노출원의 존재유무가 평가결과에 영향을 줄 수 있음을 확인 하였다.

이상의 연구 결과를 통해 GIS를 이용한 전자파 환경 영향 평가를 실시할 경우, 송전선로가 설치되기 이전에 전자파 환경의 평가 및 예상이 가능하게 하여 송전선로의 설계 단계부터 적용이 가능할 것으로 보여진다. 또한, 송전선로에 의한 영향 예측 시, 다른 60Hz 자기장 발생원에 대한 고려도 동시에 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이는 사전 환경적 평가 원리에 적합한 방법으로 대상지역 주민들과의 이견으로 인한 송전선로 구축 재설계 및 저감 방안 마련과 관련된 시간적, 물질적 손해를 줄일 수 있는 방안이라 할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- 김윤신, 현연주, 조용성, 최성호, 이규수, 홍승철, 2005, 미세 환경 별 전자장 노출 특성, 한국 실내환경학회지, 2(1), pp.1-11.
- 박재영, 2005, GIS를 이용한 송전선 주변의 자장분포 예측 및 측정, 경북대학교 석사학위논문.
- 전인수, 2004, 고압선로 환경영향평가의 자기장 노출범위설정에 관한 연구, 한국영향평가, 13(5), pp.243-250.
- 전인수, 2005, 변전소 건설로 인한 자기장 노출범위설정에 관한 연구, 한국영향평가, 14(4), pp.195-202.
- 전재경, 1996, 전자파의 법적 규제 : 송전선로 분쟁을 중심으로, 한국법제연구원, pp.28-52.
- 현연주, 2004, 송전선로 주변과 비 주변 거주 초등학교 학생의 극저주파 자기장 노출 평가에 관한 연구, 한양대학교 박사학위논문.
- Karl, G B., and Tore, T., 2002, Comparison of Three Different Ways of Measuring Distances Between Residences and High Voltage Power Lines, Bioelectromagnetics 23, pp.288-291.
- Robert E. 1999. Intrauterine effects of electromagnetic fields—(low frequency, mid-frequency RF, and microwave): Review of epidemiologic studies. Teratology 59: 292-298.
- Portier CJ, Wolfe MS. 1998. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group Report. NIH publication no. 98-3981, National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institutes of Health, North Carolina.