

등고선 입력을 사용한 전자파 영향 시뮬레이션

박 지현*
홍익대학교 컴퓨터공학과

Wave Propagation Simulation on Contour Map

Jihun Park*

Department of Computer Science, Hongik University*

요 약

본 논문은 등고선을 이용한 입력된 지표면에 대하여, 전자파 영향을 계산하는 프로그램 개발에 관한 것이다. 기존의 등고선 입력 방법을 구현하여 삼차원 지표면 입력을 받는다. 삼차원 지표면 입력에 대하여, 전파 기지국을 설치하고, 지표면에는 수신 이송 국이 존재한다고 가정한다. 국부에 대한 전자파 영향을 예측하기 위하여, 지표면을 표현하는 다각형을 작은 삼각형으로 분리한다. 분리된 삼각형에 대하여 기하학적인 방법을 사용하여 전자파 전파 시뮬레이션이 이루어 진다. 등고선 입력 방법은 저렴한 삼차원 지표면 입력 방법이며, 사용된 기하학적인 전파 영향 계산법은 계산 시간을 줄이면서 효율적으로 전자파 영향을 예측할 수 있게 해 준다.

1. 서론

본 논문에서는 이동 통신을 위하여 전파 기지국을 최적의 위치에 세울 수 있는 방법을 제시한다. 이 방법은 입력으로 일반 등고선 지도 혹은 등고선을 그려 넣을 수 있고, 입력을 기초로 삼차원 지형을 재생한다. 재생된 삼차원 지형에 대하여 전파 기지국을 설치하고, 전자파 전파 현상을 기하학적 추적(ray tracing) 방법을 사용하여 시뮬레이션 한 후 그 결과로 얻을 수 있는, 주위 환경을 나타내는 3차원 물체 표면의 영향을 계산함으로써 가능하다. 주위 물체의 전자파 세기는 비유함수로 계산되어지고, 전파 기지국의 위치는 최적화를 위한 함수의 변수로 설정되어, 비 선형방정식 문제를 풀면 최적의 전파 기지국의 위치를 계산할 수 있다.

사용된 방법은 전파 기지국에서 사용자가 위치한 이동 수신국으로 전자파를 쏘아서 전자파는 가능성을 계산하는 법이며, 이때 전파 수신 국은 주위 환경으로 표현되는 삼차원 지표면/건축물 표면이다. 이 삼차원 물체 표면은 일정한 크기의 삼각형으로 분할되어 각각의 면에 도달하는 전자파의 세기를 측정하게 된다. 전파를 계산하기 위하여 기하학적으로 전자파 도달을 계산한다. 이 경우, 직접전파, 1 번 반사후 전파 등을 고려한다. 이 방법은 실외의 경우에 효율적이며, 반사횟수가 제한적 이므로 실내 시뮬레이션으로는 부적합하나, 계산 시간이 빠르면서 비교적 정확한 계산을 할 수 있는 장점이 있다. 이상의 방법들에 대하여 구현하였으며, 본 논문의 중요한 결과는 기하학적인 방법을 사용하여 국부적으로 최적의 전파 기지국 위치를 최적화 기법을 사용하여 제시할 수 있다는 것이다.

미국의 경우 무선데이터서비스 유형과 특징을 살펴보면, 900MHz 부근의 전파 특성은 반사의 특성이 강하고 회절의 특

성은 약하다고 한다. 이에 본 연구에서는 전파의 반사에 중점을 두어 광 추적 기법과 유사한 반사를 사용한 전파의 추적에 관한 방법을 제시한다.

본 논문의 연구는 두 가지 목표로 나눌 수 있는데, 첫째 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 가장 경제적으로 송신 기지국을 세울 위치를 결정하기 위한 알고리즘 개발과, 둘째 여러 개의 송신기에서 발사된 전파가 한 개의 수신기에 미치는 효과를 계산하는 알고리즘의 개발에 목표를 두고 있다.

지도 저장에 있어서 이미지 데이터를 좌표정보를 가진 이미지로 바꿈으로써 얻어질 수 있다. 이 래스터 데이터 유형을 이용하여 다양한 데이터 분석 등이 가능하며 또한 3차원 등과 같은 입체적인 지도 디스플레이도 가능하다.[8] 본 논문에서는 등고선으로부터 3차원 지형 정보를 복원하는 알고리즘을 제시한다. 문제의 요지는 등고선 사이에 존재하는 내부점들의 높이를 이웃한 등고선 위치와 높이를 이용해 어떻게 보간하는가에 있다.

2. 관련연구

[1]번 논문은 기지국과 수신기 사이의 직접 혹은 1 번만 반사된 간접 전파 전달을 계산하는데, 이 결점으로 인하여 여러 번 반사될 경우에 대하여 고려하지 못한다. 본 논문에서 제안한 기하학적인 계산법과 유사하리라 추정되나, 자세한 알고리즘은 나타나 있지 않다. [2,3] 논문은 3 차원 ray tracing 기법을 사용하고 있으나, 송신자와 수신자가 각각 1 개일 경우만 전파 세기 예측을 할 수 있는 시스템이다. [4] 논문은 2 차원 ray tracing 기법을 사용하여 삼각형 분할을 사용하여 빠른 전파 전달 예측을 할 수 있는 기법에 관한 논문이며, [5]번 논문

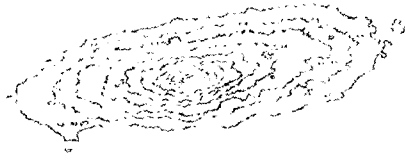
은 knife-edge 회절에 대한 2차원 ray tracing 기법을 사용한 논문이며, 본 연구의 후속 연구에서 보다 일반적인 경우에 대하여 연구할 계획이며, [1,2,3,4,5]논문들은 전파 송신 예측 기능을 가진 소프트웨어 개발에 중점을 둔 반면, [6]번 논문은 이러한 소프트웨어를 소개하고 현장 실험결과와 비교 분석한다. 또한 국내의 "대부 통신"(www.dbtel.co.kr)에서도 이러한 소프트웨어를 개발중이나, 회사 자체 특성상 자세한 기능은 알 수 없다.

2차원 등고선으로부터 높이정보를 도출하는 방법에 있어, 등고선으로부터 3차원 지형정보를 복원하는 핵심은 두 등고선 사이의 픽셀의 높이를 어떻게 보간 하느냐에 달려있다. [7]

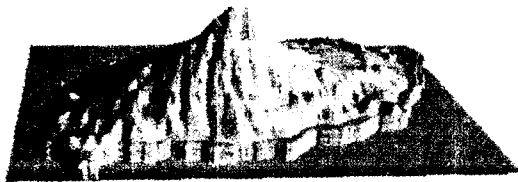
3. 전파 경로 추적 및 시뮬레이션

3.1 삼차원 지표면 생성을 위한 등고선 처리

일반적인 지도는 등고선 이외에 숫자, 문자 등이 포함되어 있다. 그래픽 응용 프로그램을 이용해 숫자, 문자 등을 제거하고 매끈한 등고선을 만든다. 이 때 등고선들은 폐 등고선을 이루고 있어야 한다. 또한 등고선 이외에 필요 없는 기호들이 많이 포함되어 있다. 문자, 숫자 등을 제거하고 저장할 때 비트맵 그림으로 저장한다.



<그림 1> 비트맵으로 저장한 그림



<그림 2> 3차원 지형으로 복원한 그림

그림으로부터 픽셀을 읽어서 입력하는 방법도 있지만, Graphic User Interface를 이용해서 사용자가 직접 그래픽 에디터를 이용해 등고선을 직접 그려서 입력하는 방법도 있다. 여기에서 처리된 삼차원 다각형 지표면에 대하여, 일정한 크기의 삼각형으로 나누는 작업을 한다. 이 작업은 Sutherland-Hodgman Polygon Clipping 알고리즘을 사용하며, 그 후에 삼각형화 알고리즘을 수행한다. <그림 3>은 이 과정의 출력 지표면의 예이다.



<그림 3> 삼각형으로 분할한 그림

3.2 전파 경로 추적 방법

전파 경로 추적 방법은 그 벡터들을 각각 추적해 나간 후에 그 결과를 모아서 visualization/시뮬레이션을 함으로써 전파된 상태를 알아낼 수 있다. 모든 전파 계산에 있어서 직접적인 전파와 간접적인 전파로 인한 거리를 계산한다. 여기서 계산된 거리는 전파 식에 입력되어져서 상응하는 전파 세기를 계산하게 된다. 주위 환경의 표현은 삼차원 다각형 등을 사용하는 때, 다각형에는 기하학 정보 외에 표면 특성에 대한 정보를 포함한다. 주위 환경을 나타내는 다각형이 전파를 수신하는 이동국이 된다. 표면 특성의 정보는 반사율 및 투과율 정보를 포함한다. 이러한 ray들은 주위 환경으로 표현된 물체에 소음의 세기 정보를 제공할 수 있게되며, 각각의 ray로부터 세기 정보를 모아서 합하면 한 표면의 세기로 결정할 수 있다. 즉 전파를 수신원(이동국 : 핸드폰)에서부터 송신원(기지국)까지 어떤 경로를 통하여 도달할 수 있는가를 계산하는 방법이다.

이러한 계산이 종료된 후에 주위 환경을 나타내는 각각의 다각형들에 저장된 모든 층돌 정보를 합하면 각각의 다각형에서 받는 전파 세기가 계산된다. 계산시간 상의 어려움을 보완하기 위하여 기하학적인 계산 방법을 개발하였다. 이 방법에서는 전파 원과 수신 원 사이에는 직접적인 전파와 1회 혹은 2회의 제한적인 반사만 존재하는 것으로 가정한다. 즉 이 방법에서는 먼저 송신 원과 수신 원 사이에 직접적인 경로가 있는지, 혹은 1회, 2회 등 제한적인 반사를 통한 경로가 있는지 전적으로 기하학적인 수식에 의존하여 계산한다. 이 방법은 방향과는 전혀 무관한 방법이다. 반사 횟수에 대한 제한이 몇몇 전자파의 특성에 따라 무리일 수 있으나, 주파수가 아주 높지 않은 경우에는 큰 무리 없이 받아들일 수 있다고 가정할 것이다. 이를 위하여 전파 원과 수신 원 사이의 반사지점을 계산하는 식을 개발하였다. 이러한 방법에서 삼각형으로 이루어진 벽면의 거수가 m 이고, 한 개의 전파 원이며, 1번 반사일 경우 m^2 번의 반사 확인이 필요하다. 물론 계산 횟수를 줄이는 방법도 개발 가능하다. 이 방법의 장점은 실제 환경을 고려한 1번 반사일 경우 효율적이다. 다만 여기서 고려하는 반사 횟수는 1번 혹은 2번만 고려하므로, 여러 번 반사되는 경우인 실내 전파 추적에 대해서는 적절한 계산법이 되지 못할 것이다.

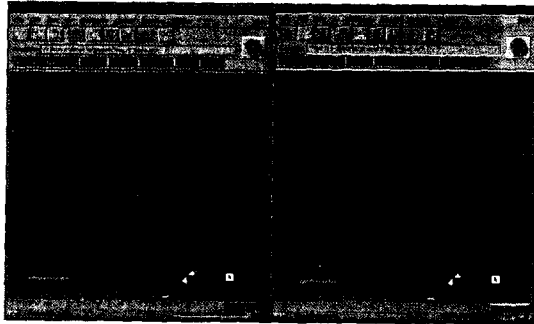
4. 시뮬레이션 결과 및 향후 연구 과제



<그림 4> 등고선 복원 삼차원 지표에 대한 추적

본 논문에서는 기하학적인 계산을 통한 전자파 영향을 계산해 보았다. 먼저 주위 환경을 모델링한다. 본 논문에서는 실외의 환경을 등고선 입력을 사용하여 지표면을 생성하였다. 또한 모델링된 환경에 기지국을 설정하였으며, VRML로 출력된 시뮬레이션 결과물 상에 기지국은 붉은 색의 구로 표현되었다. 삼각형은 분할된 주위 환경을 나타내는 것이다.

<그림 4, 5>에서는 기하학적으로 계산된 방법을 보여주는 데, 전체 표면에 대하여 계산이 되었으며, 계산 시간도 빠르다. 물론 계산 환경에 따라 많은 차이가 있을 수 있음을 밝혀두며, 본 계산에서는 1 번 반사만 고려한 경우이다.



<그림 5> 기하학적 계산에 의한 전자파 영향 계산

5. 결론

본 논문에서 제시한 추적 방법은 기하학적으로 계산하는 방법인데, 이 방법은 빠르게 전자파의 전파를 계산할 수 있으나, 허용되는 반사의 횟수가 제한적이므로 야외 등 전파 반사 회수가 낮은 지역에서 사용하는데 적합할 것이다.

이러한 방법의 문제점은 하나의 물체를 표현하는 방법에 따라 결과가 달라질 수 있다는 점이다. 즉 하나의 원통을 생각해 보자. 한쪽 끝에는 전자파 원이 다른 한쪽 끝에는 수신 원이 있다고 가정한다. 원통을 표현하는 방법은 아주 많다. 원통을 표현하는 데 있어서 중요한 것은 원통을 몇 개의 삼각형으로 나누느냐 하는 것이다. 개수가 많을수록 전자파 원에서 수신 원으로의 경로는 많아지며, 경로가 많아지면 상대적으로 수신

원에 도달하는 전자파의 세기도 세어진다. 즉 이러한 삼각형을 사용한 지표면 모델링 및 전파 추적 법에 있어서 지표면을 나타내는 삼각형의 크기를 고려하여 전자파를 계산하는 방법이 강구되어야 할 것이다.

본 연구에서 고려되지 않은 것은 여러 가지가 있을 수 있다. 도심의 경우 전파 기지국을 아무 곳이나 세울 수 없다는 것이고, 본 연구에서는 최소한 기지국의 위치 조절, 기지국 위치/높이에 따른 비용 등을 함수로 변환하여 최적의 위치를 결정하는데 도움을 줄 수 있을 것이며, 이러한 제약점들을 수식으로 표현하여 최적화 문제/비 선형방정식 문제를 푸는데 제약함수로 사용할 수 있을 것이다.

이러한 여러 가지 계산 시간상의 제약/시뮬레이션의 질 등을 고려하여 기하학적인 전자파 시뮬레이션 방법을 제시하였으며, 이러한 시뮬레이션을 사용하여 최적화 문제로 변환함으로써 최적의 기지국 위치를 결정하는데 도움을 줄 수 있다는 것이 본 논문의 주된 기여이다.

* 본 연구는 2000년 정보통신부 우수대학원 지원사업에 의하여 연구되었습니다.

6. 참고문헌

- [1] C.M.Peter Ho, Theodore S.Rappaport, Wireless Channel Prediction in a Modern Office Building Using an Image-Based Ray Tracing Method, *Proceedings of the Globecom '93*, 1993.
- [2] Reinaldo A. Valenzuela, A Ray Tracing Approach to Predicting Indoor Wireless Transmission, *Proceedings of the 1993 IEEE 43th Vehicular Tech. Conference*, 1993.
- [3] S. Naruniranat, Y. Huang, D. Parsons, A three-dimensional Image Ray Tracing (3D-IRT) Method for Indoor Wireless Channel Characterization, *Proceedings of the 1999 High Frequency Postgraduate Student Colloquium*, 1999.
- [4] Zhang Z., Yun Z., Iskander MF, Ray tracing method for propagation models in wireless communication systems, *Electronics Letters*, V.36 N.5, 464-465, 2000.
- [5] Mokhtari II, Lazaridis P, Comparative study of lateral profile knife-edge diffraction and ray tracing Technique Using GTD in Urban Environment, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, V.48 N.1, 255-261, 1999.
- [6] Kim SC et al., Radio propagation measurements and prediction using three-dimensional ray tracing in Urban Environments at 908 MHz and 1.9GHz, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, V.48 N.3, 931-946, 1999.
- [7] 이진선, 정성중 "등고선 지도로부터 3차원 지형의 복원을 위한 래스터 기반 알고리즘", *정보과학회 논문지* v. 22, n. 8 pp.1137-1146, 1995