

타워크레인에 대한 GPS적용 방안 연구

A Study on GPS Application for Tower Crane

박창욱*

Park, Chang-Wook

윤석현**

Yun, Seok-Heon

Abstract

In other side the recent construction industry is a skyscraper, a large scale and a sophistication, a construct site have many problems that an aging of worker and shortage of work force. The purpose of this study was to develop the location of tower crane and the simulation technology of tover crane. The automation of tower carne is a important component in skyscrapers. Specially, this study suggested that it was to develop the exact location system through GPS(Global Positioning System) better than former times.

키워드 : 타워크레인, GPS

Keywords : Tower Crane, GPS(Global Positioning System)

1. 서론

1.1 연구의 목적 및 필요성

최근 들어 건설 사업은 초고층화, 대규모화 및 복잡화 되어 가는 반면에, 건설현장은 노무자들의 고령화와 인력부족 등으로 인한 문제들이 발생하고 있는 실정이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 자동화에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 자동화를 위해서는 대상물의 정확한 위치 또는 정보의 추적과 이를 분석할 수 있는 도구가 필요하다. 이러한 대표적인 도구가 GPS(Global Positioning System)기술이다. GPS는 초기에는 항법목적에 의해 개발이 되었으나, 최근에는 통신, 교통, 물류 등 여러 다양한 산업분야에 GPS 기술이 적용되어 사용되어 지고 있다. 최근 건설 분야에서도 GPS를 이용한 많은 연구가 수행되고 있다. 강선중(2006)은 GPS측량시스템을 이용하여 초고층건물 현장의 측량에 적용한 사례를 소개하였고, 김영석(2001)은 GPS기술을 활용하여 타워크레인 작업시 효율성을 향상시키는 방안에 대한 연구를 하였다.

본 연구에서는 초고층 건축물에서 매우 중요한 요소인 타워크레인의 자동화에 대한 기초적인 연구로써 타워크레인의 위치추적 시스템을 개발하고 모의실험을 실시하였다. 특히 본 연구에서는 일반 GPS를 통해 보다 정확한 위치 추적 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구에서는 타워크레인의 위치추적과 시뮬레이션을 위

해 다음과 같은 연구 방법을 사용하였다.

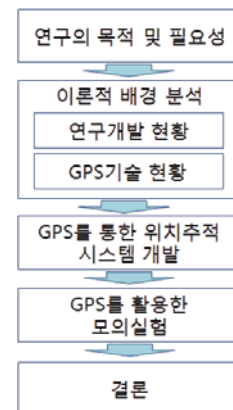


그림 1. 연구의 방법

우선 연구의 목적 및 필요성에 대해서 검토하고, 연구의 이론적 배경이 되는 연구개발과 GPS기술 현황을 분석하였다. 이와 함께 일반적인 GPS 기술을 통해 보다 정확한 타워크레인의 위치를 추적하기 위한 방안을 연구하였으며, 이러한 방안들을 토대로 타워크레인 위치추적 시스템을 개발하였다. 마지막으로, 타워크레인 위치추적의 정확성을 검증하기 위해 2대의 GPS와 노트북 컴퓨터, 그리고 연구에서 개발된 시스템을 통해 모의실험을 수행하였다.

2. 이론적 배경

2.1 기존 연구문헌 분석

김영석(2001)은 GPS와 Machine Vision 기술을 이용하여

* 경상대학교 석사과정, 정회원.

** 경상대학교 건축공학과 교수, 정회원.

타워크레인의 이동 정보를 제공하여 작업시간과 사각지대를 최소화하여 타워크레인의 작업효율성을 향상시키는 방안을 제시하였다. 강선종(2006)은 세계 최고층건물인 버즈 두바이 현장에 적용한 GPS측량시스템을 소개하였다.

기존의 GPS에 관한 연구는 주로 GPS를 이용한 타워크레인의 이동 정보 제공과 측량에 관한 연구들이 주로 수행되었다. 그러나 기존 논문에서 연구되고 있는 GPS는 타워크레인에 적용하기에는 많은 오차범위를 포함하고 있다. 이에 본 논문에서는 실제 건설현장의 타워크레인에 적용할 수 있게 위치추적시스템을 개발 및 실험하여 GPS의 오차범위를 줄이는 방안에 대해서 연구하였다.

표 1. 기존 연구문헌

저자	구분	주요 내용
김영석 외 3인 (2001)	제목	GPS 및 Machine Vision 기술을 활용한 타워크레인 작업 효율성 향상 방안에 관한 연구
	연구내용	GPS와 Machine Vision 기술을 이용하여 타워크레인의 작업시간과 사각지대를 최소화하여 타워크레인의 작업효율성을 향상시키는 방안제시
강선종 외 1인 (2006)	제목	GPS를 이용한 초고층 시공 측량 기술
	연구내용	버즈 두바이 현장에 적용한 GPS측량시스템 소개
박효선 외 3인 (2005)	제목	GPS를 이용한 고층건물의 수평변위 모니터링 시스템
	연구내용	모형실험을 통해 GPS를 이용한 변위 계측 및 모니터링 시스템의 가능성을 검증

2.2 GPS 기술

GPS(Global Positioning System)는 20여년전에 개발되어 오늘날 군사 및 과학기술, 산업분야 등 전반적으로 응용되어 그 중요성이 매우 높게 평가되어 왔으며, 민간분야에 개방되면서 그 활용분야가 더욱 넓어지고 있다. GPS는 미 국방성에서 개발한 것으로 위성을 이용하여 위치, 속도 및 시간 측정 서비스를 제공하는 시스템이다. GPS는 정확한 3차원 위치, 고도 및 시간 등을 측정할 수 있고 24시간 동안 서비스를 사용할 수 있으며, 전세계적인 공통좌표계를 사용한다는 특징이 있다.

GPS에 의한 측위는 위성으로부터 방사되는 전파의 지연시간을 측정하고 궤도로부터의 거리에서 현재의 위치를 구하는 방법을 사용하는데, 광속(위성신호의 속도) * 소요시간으로 위성과 수신기간의 거리를 측정하게 된다. 이때 발신되는 특수한 코드는 그 자체가 거의 잡음에 가까운 의사잡음부호(Pseudo Random Noise Code)로 구성되며, 이를 통해 구한 거리는 오차를 포함하게 된다. 이러한 오차의 범위를 줄이기 위한 기술로서 DGPS와 RTK-GPS가 있다.

2.2.1 DGPS

수신기가 받는 오차는 위성의 시계요동, 위성의 궤도 요동, 대기권 통과시의 전파의 지연 등으로 발생하게 되는데, 이와 같은 오차의 요인은 GPS 수신기 내부에서는 예측할 수 없다. 따라서 이들 오차를 계측하여 보정할 필요가 있는데, 이 때문에 실제로 측위를 하는 GPS 수신기 이외에 또 1대의 GPS 수신기를 사용하게 된다. 이때 이들 중 1대는 위치가 정확하게 알려진 고정된 장소에 설치하여 위성으로부터 보내진 신호로부터 자신의 위치를 계산하여 사전에 알고있는 위치와 비교하며, 그 차이가 GPS신호의 오차가 된다.

이동하는 GPS수신기는 기준국과 동일한 오차를 받고 있다고 생각하고, 실제로 수신한 관측 값으로부터 그 오차분을 차감하게 되는데, 그 차이를 차감한다는 의미에서 이 방식을 DGPS(Differential GPS)라고 부른다. 이러한 DGPS의 위치 오차는 항법장비의 경우 대략 10m 내외, GIS 데이터 취득용 장비 또는 해양측량용 장비의 경우는 1m가 되며, DGPS측위는 실시간(Realtime)처리방식과 후처리(Post-processing)방식의 2가지로 대별된다.

2.2.2 RTK-GPS

GPS의 신호체계상 반송파에 의한 위치결정 방법이 코드에 의한 위치결정보다 정밀도면에서 큰 이득을 주지만, 반송파에 의한 단독측위 역시 후처리 상대측위 기법보다는 정밀도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 광범위한 관측점의 정밀 좌표들을 빠른 시간 내에 획득하기 위해서는 이동측량을 수행하는 동시에 후처리 자료처리 기법이 갖는 정밀도에 근접한 결과를 산출할 수 있는 방법이 요구된다.

이러한 목적을 위해 개발된 것이 고정밀 이동측량 기법인 RTK (Real Time Kinematic)로서, 기본개념은 정밀한 위치를 확보한 기준점의 반송파 오차 보정치를 이용하여 사용자가 실시간으로 수 cm의 정밀도를 유지하는 관측치를 얻을 수 있게 하는 것이다.

RTK의 기본개념은 오차보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신자료라는 것을 제외하고는 DGPS의 개념과 거의 유사하다. 다만 RTK가 각 위성에 대한 반송파 측정치를 지속적으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고도 신속한 정보전달 통신 시스템이 요구된다.

3. 타워크레인 위치추적 시스템 개발 및 실험

3.1 위치추적 시스템 개발

GPS를 이용하여 크레인의 위치를 추적하기 위해 크레인

위치추적을 위한 시스템을 제작하였다. 본 시스템에서는 GPS로부터 정해진 기준에 맞는 데이터만을 구분하여 수신하고, 시스템 개발에는 Visual Basic 2005를 사용하였다.

시스템의 구성은 그림 2와 같으며, 그림 2에서 보는 것처럼 타워크레인의 위치를 나타내는 기준점과 초기위치, 그리고 이동위치에 대하여 단계별로 측정하도록 하였다. 시스템에서는 데이터의 정확성을 높이기 위하여 초기에 수신되는 100건의 데이터를 수집데이터에서 제외토록 하였으며, GPS 데이터의 오차율을 나타내는 HDOP값이 1.5이하인 값들만 수집하도록 제작하였다.

초기 기준점 설정은 타워크레인의 회전 중심에 배치하는 것을 가정하였으며, 시작 단추를 누르면, 시리얼포트의 검색과 함께 자동으로 GPS 신호를 수신하게 된다.

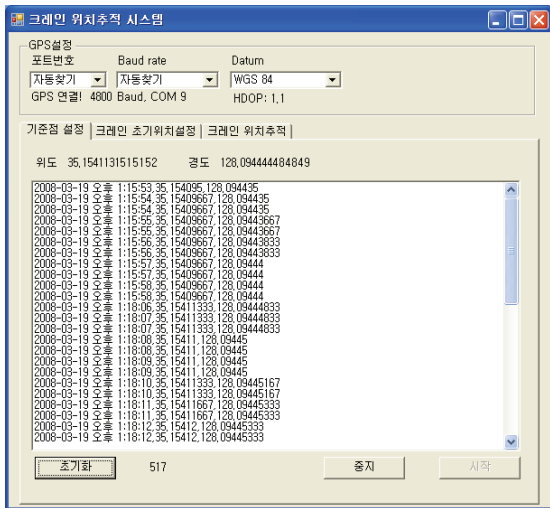


그림 2. GPS로부터 타워크레인 기준점 좌표 수집

기준점 좌표의 수신에 완료되고 나면, 타워크레인의 초기위치에 대한 좌표를 수신하게 된다. 이때는 이동식 GPS를 타워크레인 회전 시작 위치로 이동하여 크레인 초기위치값을 수신한다. 마지막으로 타워크레인이 회전하는 것을 가정하여 임의의 위치로 이동하고 크레인 위치추적 탭을 선택한 후 회전한 타워크레인의 위치를 측정하게 된다. 이때는 기준점에서의 거리와 회전각을 자동으로 계산하여 실제 거리와의 차이를 확인할 수 있도록 하였다.

3.2 GPS를 이용한 타워크레인 위치추적 실험

연구에서는 일반 GPS 2대를 통해 상호 보정하도록 하여 GPS에서 발생하는 오차를 최소화하도록 하였다. 이러한 일반 GPS의 상호 보정을 통해 어느 정도의 정확한 위치정보를 산출해낼 수 있을지를 판단하기 위해 타워크레인의 위치를 가정하여 모의실험을 실시하였다.

실험 장비는 그림 3에서 보는바와 같이 같은 규격의 SiRF

III 방식의 일반 GPS 2대와 데이터를 수집하여 분석하기 위한 노트북 2대를 사용하였다.

실험에서는 타워크레인의 위치에 대한 모의실험을 위해 기준점을 설정하여 GPS를 배치하고 타워크레인의 트롤리 위치에 해당되는 곳에 이동식 GPS를 배치하였다. 이때 트롤리의 위치는 기준점으로부터 20m 떨어진 위치로 가정하였다.

GPS 데이터는 기준점과 타워크레인 초기위치, 타워크레인의 회전을 가정한 임의의 위치 등 3곳에 대하여 각각 10분에 걸쳐 1260여회의 GPS 데이터를 수신토록 하였다. 정확한 데이터의 수신을 위하여 초기에 수신되는 100건의 데이터는 기록에서 제외토록 프로그램을 작성하였으며, GPS에서 수신되는 데이터의 정확도를 위하여 데이터의 오차율을 나타내는 HDOP가 1.5이하인 값은 수신된 데이터에서 제외하도록 하였다.



그림 3. 기준점에서의 GPS 위치 측정

그림 4은 GPS 수집 자료를 이용해 타워크레인의 초기 위치의 거리를 측정한 결과이다. 데이터의 정확도를 위하여 초기에 발생하는 100건의 자료를 제외하고 100건 이후의 1200건의 자료를 사용하였다.

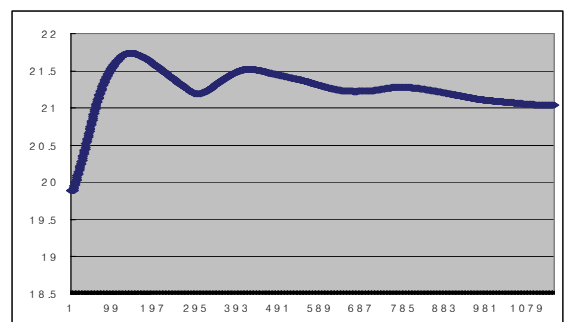


그림 4. GPS 데이터 수신을 통한 거리 측정값

그림 4에서 볼 수 있듯이, 제외된 초기 100건의 자료이외에도 초기의 200여건 자료가 큰 오차범위를 보이고 있을 것을 볼 수 있으며, 그 이후에는 안정화되어가는 것을 볼 수 있다. 주변 환경이나 측정 지점마다의 차이는 있겠으나, 최소한

초기의 300여건 데이터는 실제 데이터에서 제외하는 것이 전체적인 자료의 정확성을 확보할 수 있는 방법이라고 판단된다.

그림 4의 결과는 하나의 GPS를 통한 측정값으로 기준점에서 수신된 위치값의 편차를 크레인 이동에서 측정된 값에 보정하면 좀 더 정확한 값을 얻을 수 있다. 그림 5은 이동위치에서 측정된 위치값에 기준점에서 발생한 오차값을 보정한 결과를 보여준다. 실제 위치는 20m로서 보정이후에 실제값과 거의 유사해지는 것을 볼 수 있다.

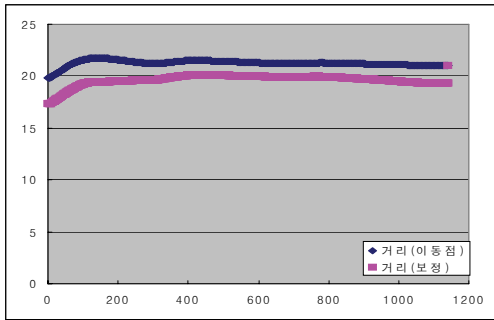


그림 5. 초기위치의 위치 보정값

크레인 이동위치에서의 위치보정값을 상세하게 표시한 결과는 그림 6과 같다.

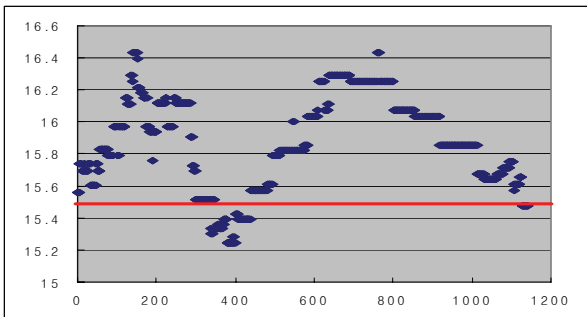


그림 6. 크레인 이동 위치 보정값

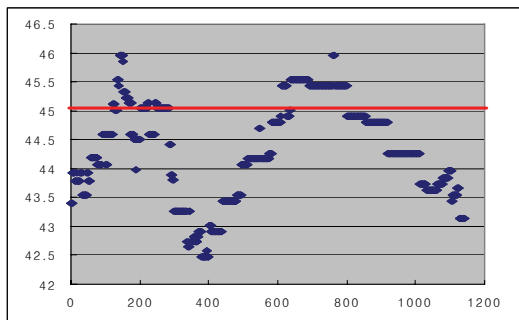


그림 7. 크레인 회전각도의 보정값

실제 타워크레인이 이동한 위치값은 15.5m로써 그림에서 실선으로 표시해놓은 위치이다. 실제위치와 GPS의 측정값을

비교해보면 최대 0.9m 정도의 오차를 보이며 백분율로는 6% 정도의 오차만을 나타내는 것을 볼 수 있다. 크레인 운전의 완전한 자동화 등을 위해서는 0.9m정도의 오차가 크다고 볼 수 있으나, 크레인의 위치 추적에서는 오차범위내에 들어오는 값이라고 판단된다.

크레인의 회전각도에 대한 위치 보정값은 아래 그림과 같다. 실제 회전 각도는 45.3도 정도이며, GPS로 측정된 값에서는 최대 2.5도 정도의 오차를 보여주고 있다. 이는 오차율이 0.83%정도로서 회전각도에 대한 오차율은 상당히 높은 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 논문에서는 초고층 건축공사에서 중요한 역할을 담당하고 있는 타워크레인의 자동화에 대한 기초적인 연구로서, 특히 GPS를 활용하여 타워크레인에 보다 정확한 위치 정보를 추적할 수 있는 방안을 제시하였다.

우선 GPS를 이용하여 타워크레인의 회전각도와 트롤리의 위치를 측정할 수 있는 시스템을 개발하였으며, 이 시스템을 이용하여 타워크레인의 위치추적 실험을 하였다. 실험 결과는 다음과 같다.

- 1) 타워크레인의 위치에 대한 모의실험을 위해 기준점을 설정하고 설정된 기준점과 트롤리 위치에 해당되는 곳(타워크레인 초기위치), 그리고 타워크레인의 회전을 가정한 임의의 위치(크레인 이동 위치)에 이동식 GPS를 배치하여 데이터를 수집하였다.
- 2) 실제 기준점과 타워크레인 초기위치의 거리가 20m였으나 GPS데이터상 오차가 1.7m로 나타났다. 그리고 기준점에서 발생한 오차값을 보정한 결과값이 실제 위치와 거의 유사한 것으로 나타났다.
- 3) 실험에서 크레인이 이동한 위치값은 15.5m였으나 GPS의 측정값은 0.9m정도의 오차가 발생하였다. 이 값은 오차범위내에 들어오는 값이라고 판단된다.
- 4) 크레인의 실제 회전 각도는 45.3도 정도이며, GPS로 측정된 값은 최대 2.5도 정도의 오차가 발생하였다. 본 실험에 의해 측정된 오차값들은 타워크레인 위치추적에서 허용될 수 있는 범위 내에서의 오차값이라고 판단된다. 이 연구는 타워크레인의 자동화에 대한 기초적인 연구이며, 향후 보다 정확한 위치정보를 타워크레인에 제공할 수 있는 연구를 수행해 나갈 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 2006년 첨단융합건설기술개발사업 “로보틱 크레인 기반 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발(06첨단융합 C02)”의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 강선중, 강경태(2006). GPS를 이용한 초고층 시공 측량 기술. 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집.
2. 박정현, 이현식, 현창택, 구교진(2003). 고층건물 타워크레인 위치선정 모델. 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제4회.
3. 박효선, 손홍규, 김일수, 박재환(2005). GPS를 이용한 고층 건물의 수평변위 모니터링시스템. 대한건축학회 논문집, 구조계 21(5).
4. 이정호, 박성진, 오세욱, 김영석(2002). GPS 및 머신비전을 활용한 타워크레인 양중 작업 효율화 방안. 대한건축학회 논문집, 구조계 18(11).
5. 이종렬, 전용석, 박찬식(2004). 고층건축공사 타워크레인 양중시간 예측모델. 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제 5회.
6. 호종관, 국동훈, 김선국(2007). 건설현장의 조건을 고려한 최적 타워크레인 선정시스템. 한국건설관리학회 논문집, 8(6).