

의사위성 활용방안 연구

Practical Applications Study of the Pseudolite

장재원*, 권태희*, 이상정**

Jae-Won Chang*, TaeHee Kwon*, Sang Jeong Lee**

요 약

본 논문에서는 의사위성의 기본개념과 더불어 응용방안에 대해 설명하였다. GPS의 성능 향상을 위한 많은 방법들이 현재 연구 중에 있다. 이러한 방법들은 대개 GPS 수신기 외에 비컨(Beacon) 수신기와 같은 별도의 장비를 요구한다. 의사위성의 경우 별도의 장비 없이 기존의 프로그램의 수정만으로도 GPS 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 의사위성만을 이용한 항법시스템과 보다 정밀한 항법 시스템을 위한 GPS와 의사위성의 통합 시스템에 대해서 소개하였다. 또한 의사위성의 장점에 대해 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

Abstract

In this paper, the practical applications of the pseudolite are explained with the basic concept of the pseudolite. Many researches have been developed to improve the performance of the GPS. Most of those researches need the extra equipments. But without the extra equipments, the performance of GPS can be improved only with the change in the software in GPS system. In this paper, the pseudolite and the integrated navigation system including GPS as well as pseudolite only with navigation system for the demand of more precise navigation system are introduced. Also, the advantage of the pseudolite is confirmed by some simulations.

Key words : Pseudolite, GPS, Navigation System.

I. 서 론

최근 인공위성을 이용한 위치측정 기술 개발이 크게 발전하고 있으며 가장 대표적인 예가 미 국방성에서 개발된 GPS(Global Positioning System)이

다.[1] 현재 미국과 일본뿐 아니라 유럽의 여러 선진국에서는 위성항법을 이용한 응용기술에 많은 투자를 하고 있으며 ICAO(International Civil Aviation Organization) 등을 주축으로 항공분야의 국제적인 표준화 움직임과 ION(Institute Of Navigation), USCG(United States Coast Guard)를 중심으로 기술적 영역 확대가 이루어지고 있다.[2][3]

* 한국항공우주연구원(Korea Aerospace Research Institute)

** 충남대학교 전자공학과 (School of Electronic and Computer Engineering, Chungbuk National University)

· 논문번호 : 2004-2-6

· 접수일자 : 2004년 11월 3일

GPS는 지상으로부터 약20,200km 떨어진 위성에서 송신된 신호를 받아야 하므로 지형지물에 의해 방해받을 수도 있다. 또한, 실내에서는 위성신호 획득이 어려워 항법수행이 불가능하다. 이러한 GPS의 이용 제한을 극복하기 위한 하나의 방법으로 의사위성(Pseudolite)을 이용할 수 있다. 의사위성은 GPS 위성신호와 동일한 신호를 송신하는 장치로 이를 도심 지역이나 건물 내부와 같이 위성신호가 도달하지 못하는 곳에 설치하여 가시위성이 충분히 확보할 수 없는 지역뿐 아니라 실내에서도 항법이 가능하게 할 수 있다.[4]

현재 국외에서는 의사위성을 이용한 항공기 자동 착륙 시스템 분야에서 활발한 연구가 진행 중이며, 선박의 항구 정밀 진입 등 주로 위성항법 보조 시스템으로 응용되고 있다. 또한, 실내 측위와 관련하여 공장 자동화에 응용되고 있다. 이와 같이 의사위성을 이용한 측위 시스템이 구축되었을 경우 측위 정밀도가 높아지며, 실내에서도 측위가 가능하게 되어 항법시스템의 응용범위가 확대될 것으로 기대된다. 따라서, 의사위성의 코드 및 반송파 위상 측정치를 이용한 측위 기술 개발이 시급하다.[5]

II. 의사위성 정의 및 종류

2-1 의사위성의 정의

의사위성은 지구궤도가 아닌 지구상에 위치하며 GPS와 유사한 기능을 가진다. 의사위성이란 용어는 송신기와 수신기의 거리를 측정할 수 있도록 Coded spread spectrum 신호를 전송할 수 있는 전파 송출 장치를 의미한다. 의사위성의 반송파는 GPS 위성과 동일한 주파수를 사용할 수도 있고 다른 주파수를 선택하여 사용할 수도 있다.

의사위성의 장점은 새로 위성을 발사하는 것보다 적은 비용으로 정확성(Accuracy), 보전성(Integrity), 가용성(Availability)을 향상시킬 수 있다는 것이다. GPS 위성과 의사위성은 서로 다른 기관에서 관리하는 분리된 시스템이기 때문에, 예기치 않은 상황에서도 그 피해를 최소화시킬 수 있다. 또한 위성의 배열이 좋지 않거나 보이는 위성의 개수

가 적은 지역에서 GPS위성을 보충할 수 있으며 VDOP를 감소시킬 수 있어서 수직 방향의 위치 정확도를 향상시킨다.

2-2 의사위성의 종류

일반적으로 이용되고 있는 의사위성의 예를 간단히 기술하였다.

a. Direct Ranging 의사위성

의사위성은 반송파와 코드 및 데이터를 GPS 위성 신호와 동일한 형태로 송출한다. 사용자는 이 신호를 수신하여 GPS 항법 알고리즘을 적용한다. 일반적인 GPS를 이용한 항법시스템과의 차이점은 의사위성의 위치 정보가 위성에서 쓰이는 궤도가 아니라 지상에서의 위치로 기술된다는 것이다.

의사위성에 의해 추가된 Ranging 신호는 특히 항공 정밀 접근이나 착륙에서 매우 유용하다. 또한 위성의 배열이 좋지 않거나 가시 위성의 개수가 적은 지역에서는 더욱더 가치가 있다. 예상치 않은 위성의 고장으로 인한 문제도 이 의사위성으로 보완하여 해결할 수 있다.

의사위성으로 인한 수직 위치 정확도 향상은 항공 분야에서 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 위성은 항공기에서 볼 때 수평선 항상 위에 위치하므로 HDOP에 비해 VDOP이 크게 나타난다. 그 결과 수직 방향의 위치 정확도가 낮다. 그러므로 항법해를 구하기 위해 의사위성을 추가하는 것은 VDOP를 감소시킬 수 있고 이것은 곧 수직 방향의 위치 정확도를 증가시킨다.

b. 이동(Mobile) 의사위성

일반적인 GPS는 여러 위성으로부터 온 신호를 처리하는 하나의 수신기를 포함한다. 반면에 위성의 위치를 알기 위한 역시스템(Converse system)은 하나의 위성으로부터 전송 되는 신호를 여러 개의 수신기가 처리하여 위성의 위치를 결정한다.

역시스템을 이용하여 의사위성을 장착한 시험 차량의 이동경로를 알 수 있다. 테스트 영역에서 고정된 위치에 놓인 일반적인 GPS 수신기는 GPS 위성 신호와 동시에 시험 차량에 장착된 의사위성의

신호도 추적한다. 관제국은 수신된 신호를 처리하여 동시에 시험 차량의 위치를 결정한다.

c. DGPS용 의사위성

GPS 위성에서 전송된 신호는 이온층, 전리층 오차, 다중경로 오차 등의 오차를 포함하고 있다. 이 중 다중경로를 제외한 모든 오차는 공간적으로 상관관계에 있다. 즉, 이러한 오차는 주어진 지역의 모든 수신기에 비슷하게 적용된다. DGPS 기준국은 각각의 GPS 위성의 의사거리 보정값을 가까운 사용자 수신기에 디지털 데이터로 보내고 항법 알고리즘을 수행하기 전에 각각의 수신기는 이 보정값을 가지고 보정한다. 이런 과정을 통해서 이온층, 전리층 오차와 같이 공간적으로 상관된 오차는 제거된다. 오차 보정 정보는 기준국으로부터 사용자 수신기에 전달되어진다. GPS와 유사한 신호를 전송하는 의사위성을 이용하여 오차 보정 정보를 사용자 수신기에 전달하게 될 경우 사용자 수신기는 GPS 신호의 데이터를 복조할 모든 하드웨어를 갖추고 있기 때문에 소프트웨어만 교체해주면 된다.

d. 반송파 미지정수 해결용 의사위성

GPS의 반송파를 이용하면 코드를 이용할 경우보다 더욱 정밀한 항법을 수행할 수 있다. 이러한 반송파를 이용하는 항법을 CDGPS(Carrier-phase Differential GPS)라고 한다. 이 CDGPS를 구현하는데 가장 큰 문제는 미지정수를 해결하는 것이다. 미지정수란 위성으로부터 송신된 신호가 수신될때까지의 Cycle 개수 중에서 정수 부분을 말한다. 미지정수를 찾는 방법은 여러 가지가 제안되었지만, 이 방법들은 올바른 미지정수 검색을 위해 시선벡터의 변화율이 충분히 커야 한다는 제약을 안고 있다. 따라서 시선 벡터의 변화율이 커질때까지 준비시간이 요구되는 문제가 있다. 이러한 시간적 문제를 해결하기 위해 사용되는 의사위성이 반송파 미지정수 해결용 의사위성이다. 반송파 미지정수 해결용 의사위성 Ranging 신호는 GPS ranging 신호와 비교하여 매우 짧다. 따라서 동일한 크기의 항체 움직임에서도 시선벡터의 변화율이 커지는 특성을 갖게 되며, 이로 인해 미지정수 검색을 위한 준비시간이 짧아진

다.

e. 동기식 의사위성(Synchronized Pseudolite)

동기식 의사위성은 Synchronized Pseudolite 또는 줄여서 Synchrolite이라고 불린다. 동기식 의사위성은 위성신호의 복사본을 재전송하는 Electronic Mirror 역할을 한다. 여기서 동기식 의사위성의 설치 위치는 재 전송된 위성 신호에 삽입하여 전송된다. GPS 수신기는 위성 신호와 의사위성으로부터 재 전송된 신호 모두를 획득하게 되고, 이 두 신호의 차분으로부터 CDGPS와 같은 정확도를 확보하게 된다. 동기식 의사위성은 DGPS용 의사위성과 같이 별도의 통신망이나 추가적인 하드웨어가 요구되지 않는다는 장점이 있다. 또한 의사거리 보정 정보를 직접 전달하는 방식이 아닌 GPS 수신기에서 측정치 차분을 통해 위치 정확도를 향상시키므로 보정 정보 전달 지연에 따른 오차가 없다는 특징이 있다. 동기식 의사위성 하나가 3개 이상의 GPS 위성 신호를 재 전송하면, GPS 수신기는 DGPS 위치 계산을 할 수 있다. 그리고 하나의 GPS 위성 신호를 3개 이상의 동기식 의사위성에서 재전송하여도 GPS 수신기에서 위치 계산이 가능하다.

III. 의사위성 연구동향

3-1 위성 가시성 강화

20200Km 상공에서 전송되는 GPS의 신호는 대략 -130dBm 정도로 수신기 안테나에 전달된다. 따라서, 빌딩이나 나무등과 같은 장애물이 수신기와 GPS 위성 신호사이에 있는 경우 수신기는 GPS 신호를 획득할 수 없다. GPS 시스템은 2차원 항법을 위해 최소 3개의 GPS 신호를 획득하여야 하며 3차원 항법을 위해선 최소 4개의 GPS 신호를 획득하여야만 한다. 그림 1과 같이 고층 빌딩이나 나무등에 의해 항법을 위한 가시 위성수가 충분하지 못한 경우엔 정확한 항법을 수행할 수 없다.

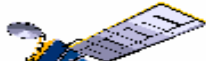


그림 1. 장애물에 의한 GPS 신호 차단
Fig. 1. GPS signal block by the obstacles

GPS를 이용하여 항법을 수행하는 사용자는 가시성이 확보된 GPS 위성으로부터는 신호를 획득할 수 있지만, 빌딩이나 나무 등의 장애물에 의해 가시성이 확보되지 않은 GPS 위성의 신호는 획득하지 못하므로 그림 1과 같이 항법을 수행하지 못한다. 이와 같은 경우 그림 2와 같이 두 개의 의사위성을 이용하여 가시 위성수를 증가시켜 사용자가 항법을 수행할 수 있도록 할 수 있다. 그림 1과 마찬가지로 그림 2의 사용자는 빌딩이나 나무등과 같은 장애물에 의해 GPS 위성신호를 충분히 획득하지 못한다. 하지만, 빌딩이나 높은 언덕과 같은 수신기로부터의 가시성이 확보된 위치에 의사위성을 설치하여 위성 가시성을 강화 할 수 있다.

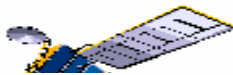


그림 2. 의사위성을 이용한 위성 가시성 강화
Fig. 2. The pseudolite to augment the satellite constellation

3-2 의사위성을 이용한 DOP 향상

DOP(Dilution of Precision)는 위성들의 상대적인 기하학적 배치가 수신기의 위치 결정에 미치는 오차를 나타낸다. 그림 3과 같이 위성들간의 공간이 더 많으면 많을수록 DOP는 작아지고 수신기에서

결정하는 위치 정밀도는 높다.

가장 일반적인 DOP는 Position DOP(PDOP)이다. 이 PDOP은 rms 위치 오차를 구하는데 사용된다. 또 다른 DOP로는 Geometric DOP(GDOP), Horizontal DOP(HDOP), 그리고 Vertical DOP(VDOP)가 있다.

<떨어진



그림 3. 위성의 기하학적 배치와 DOP
Fig. 3. The constellation and DOP

이 중에서 HDOP과 VDOP을 비교해 볼 때 주로 VDOP이 HDOP보다 크다. 그 이유는 GPS 위성의 배치가 수신기 입장에서 볼 때 상공에 평면처럼 펼쳐져 있기 때문이다. 따라서, GPS의 오차는 수직 방향에 대한 오차가 수평 방향에 대한 오차보다 크다.

이러한 VDOP의 값을 줄이기 위해 의사위성을 이용할 수 있다. 의사위성은 주로 지구표면상에 위치하기 때문에 위사위성과 수신기 상공에 있는 GPS 위성들과의 기하학적 배치를 살펴보면 평면이 아닌 입체형을 이루게 된다.

이에 대한 자세한 연구가 Yi-Hsueh Tsai, Jie-Shan Lin, 그리고 Fan-Ren Chang의 논문에서 여러 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 통해 이루어졌다.

이 논문에서는 하나의 의사위성을 고도 -3° 에 설치한 상태에서의 HDOP과 VDOP의 비를 의사위성 없이 GPS 위성만을 이용한 상태에서의 HDOP과 VDOP의 비를 비교하였다.

식 (1)과 (2)는 각각 HDOP과 VDOP을 구하는 방법이다.

$$HDOP = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{\sigma^2}} \quad (1)$$

$$VDOP = \sqrt{\frac{\sigma_{\epsilon}^2}{\sigma^2}} \quad (2)$$

σ : Covariance matrix 의 요소

식 (1)과 (2)를 이용하여 HDOP과 VDOP의 관계를 구하면 식 (3)과 같이 된다.

$$\frac{VDOP}{HDOP} = \sqrt{\frac{3 - \sin^2 \delta - \sin \delta \sin \alpha - \sin^2 \alpha}{(\sin \delta - \sin \alpha)^2}} \quad (3)$$

where, α is mask angle, δ is the upper mask angle

식 (3)은 GPS 위성만을 사용했을 경우의 HDOP과 VDOP의 관계이다. 이 식에 고도 -3° 에 위치한 의사위성을 적용할 경우 HDOP과 VDOP의 관계식은 식 (4) 과 같이 된다.

$$\frac{VDOP}{HDOP} = \sqrt{\frac{3 \cos^2 3 + n(3 - \sin^2 \delta - \sin \delta \sin \alpha - \sin^2 \alpha)}{3((\sin \delta + \sin \alpha) + 2 \sin 3)^2 + n(\sin \delta - \sin \alpha)^2}} \quad (4)$$

GPS 위성만을 사용했을 경우의 HDOP과 VDOP의 관계식인 식 (3)을 이용하여 GPS 위성수와 Mask Angle을 고려하여 VDOP/HDOP를 계산한 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. VDOP/HDOP 계산값(Without Pseudolite)

No. of satellite in view	Mask Angle	
	0°	7.5°
4	1.4142	1.5654
5	1.4142	1.5654
6	1.4142	1.5654
7	1.4142	1.5654
8	1.4142	1.5654
9	1.4142	1.5654
10	1.4142	1.5654
11	1.4142	1.5654
12	1.4142	1.5654

위 표에서 알 수 있듯이 GPS 위성만을 사용했을 경우의 HDOP과 VDOP의 관계는 GPS 위성수와 무관함을 알 수 있다.

GPS 위성과 고도 -3° 에 위치한 하나의 의사위성을 이용할 경우의 HDOP과 VDOP의 관계식인 식 (4)를 이용하여 위성수와 Mask Angle을 고려하여 VDOP/HDOP를 계산한 결과를 표 2에 나타내었

다.

표 2 VDOP/HDOP 계산값(With Pseudolite)

No. of satellite in view	Mask Angle	
	0°	7.5°
4	1.1978	1.1698
5	1.2248	1.2109
6	1.2457	1.2442
7	1.2625	1.2716
8	1.2762	1.2947
9	1.2876	1.3144
10	1.2973	1.3315
11	1.3056	1.3463
12	1.3128	1.3594

위 표에서 알 수 있듯이 GPS 위성만을 사용했을 경우의 HDOP과 VDOP의 관계는 GPS 위성수와 무관한 반면에 의사위성이 포함될 경우는 위성수에 따라 값이 변화함을 알 수 있다. 또한, 의사위성이 추가되어 HDOP과 VDOP의 비가 감소하였다.

이와 같은 계산결과로부터 의사위성을 사용할 경우 VDOP을 감소시켜 수신기 항법의 수직오차를 줄일 수 있다.

3-3 DGPS용 의사위성

수신기가 받는 오차의 종류에는 위성의 시계 요동, 위성의 궤도 요동, 대기권 통과 시 전파의 지연등이 있다. 이와 같은 오차의 요인은 GPS 수신기 내부에서는 예측할 수 없다. 따라서 이들 오차는 외부 시스템을 이용하여 계측한 후 계측 결과를 사용자 수신기에 전달하여 보정할 필요가 있다. 이 때문에 실제로 측위를 하는 GPS 수신기 이외에 또 1대의 GPS 수신기가 기준국으로 사용된다. 기준국에 사용되는 수신기는 설치된 위치를 정확히 알고 있기 때문에 위성으로부터 보내져 온 신호를 이용하여 자신의 위치를 계산하여 사전에 알고 있는 위치와 비교한다. GPS 신호로부터 측정된 값과 알고 있는 위치를 이용하여 계산한 값의 차가 바로 GPS 신호의 오차가 된다. 이 GPS 신호의 오차는 시간과 더불어 시시각각 변하고 있으므로 항상 오차를 계측하여 이동하는 GPS 수신기에 이 계측한 오차 정보를 보낸다. 이동하고 있는 GPS 수신기는 일정 영역안에서는 기준국과 동일한 오차를 받고 있다고 가정 할 수

있다. 따라서 이동하고 있는 수신기는 실제로 수신한 관측값에서 기준국으로부터 제공된 오차값을 차감한다. 이와 같이 차를 취한다는 뜻에서, 이 방식을 Differential GPS(DGPS)라 부른다. 이와 같은 보정값을 기준국에서 이동하고 있는 수신기에 전달하기 위해 기준국과 이동하는 수신기에 해상용 중파 라디오비컨 송신기와 수신기를 이용한다. 이 방식은 그림 4와 같이 GPS 수신기 이외에도 비컨 송신기와 수신기가 필요하고 수신기의 하드웨어적인 변경이 필요하다.



그림 4. 비컨 송/수신기를 이용한 DGPS 시스템
Fig. 4. DGPS system using the Beacon transmitter and receiver

수신기의 하드웨어적인 변경없이 DGPS방식을 구현할 수 있는 방법이 그림 5와 같이 의사위성을 이용하여 보정 정보를 이동하는 수신기에 제공하는 것이다. 의사위성의 신호는 GPS신호와 유사하기 때문에 일반 GPS 수신기는 소프트웨어적인 변경만으로도 기준국에서 의사위성을 사용하여 발송하는 보정 정보를 획득할 수 있다.



그림 5. 의사위성을 이용한 DGPS 시스템
Fig. 5. DGPS system using the Pseudolite

IV. 시뮬레이션

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해서 의사위성을 이용한 GPS 시스템의 성능을 검증하였다. 시뮬레이션을 위해 표 3과 같이 GPS 위성, 의사위성의 위치, 그리고 사용자의 위치를 설정하였다.

표 3. 위치좌표

	X(m)	Y(m)	Z(m)
GPS 1	-23039522.08	12564763.77	3555910.80
GPS 2	-14606438.08	7235387.30	20624335.58
GPS 3	11042225.66	18406497.27	15611613.39
GPS 4	-2762029.24	26318399.75	-2062248.39
GPS 5	-7561386.12	23814047.00	-7980576.92
의사위성	-3119168.52	4188900.53	3761070.63
사용자	-3119168.52	4087910.53	3761566.63

성능 비교를 위하여 GPS만을 이용한 모델을 이용하여 고도 오차를 측정하였고 동일 모델에 GPS와 의사위성을 동시에 이용하여 고도 오차를 측정하였다. 시뮬레이션 모델로는 MATLAB Simulink로 구현한 K100 중형항공기 비선형모델을 사용하였다.

그림 6은 GPS만을 이용하였을 경우의 시뮬레이션 모델의 고도 오차이다.

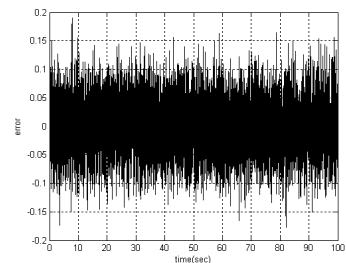


그림 6. 고도오차 (GPS만을 이용한 경우)
Fig. 6. Altitude Error (With GPS only)

그림 7은 GPS와 의사위성을 동시에 이용하였을 경우의 시뮬레이션 모델의 고도 오차이다.

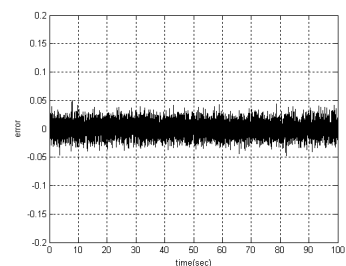


그림 7. 고도오차 (GPS와 의사위성을 이용한 경우)
Fig. 7. Altitude Error (With GPS and Pseudolite)

두 시뮬레이션 결과로부터 GPS와 의사위성을 동시에 이용하였을 경우가 GPS만을 이용한 경우보다 대략 3배 정도의 고도 오차가 낮음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 의사위성에 대한 기본적인 설명과 응용에 대해서 설명하였다. GPS의 성능을 향상시키기 위한 많은 방법 중에서 의사위성을 이용하는 방법의 경우 별도의 장비를 추가하지 않은 상태에서도 GPS의 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 또한, 의사위성을 이용한 위성 가시성 강화에 대해 설명하였고 의사위성을 사용함으로써 DOP 성능의 향상에 대해서도 기술하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 GPS와 의사위성을 동시에 이용하였을 경우가 GPS만 이용하였을 경우보다 고도오차가 적게 나타남을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] B. Parkinson, and et al., “*Global Positioning System : Theory and Applications*” Vol. I.II, AIAA, 1996.

[2] Cobb, H.S., “*GPS Pseudolites : Theory, Design and Applications*”, Stanford University, California, September 1997.

[3] Patrick C. Fenton, et al., “NovAtel’s GPS Receiver the Hight Performance OEM Sensor or the Future”, pp 49-59, ION 91

[4] C. Kee, D. Yun, H. Jun, B. Parkinson, “*Precise Calibration of Pseudolite Positions In Indoor Navigation System*”, Proceeding of ION GPS-99, Nashville, 1999,

[5] Frei, E. and G. Beutler(1990). Rapid Static Positioning Based on the Fast Ambiguity Resolution Approach ‘FARA’: Theory and First Results, Manuscripta Geodaetica, Vol 15, p. 325-356

[6] THOMAS A. STANSELL, JR. “*RTCM SC-104 Recommended Pseudolite Signal*

Specification” Magnavox Advanced Products and Systems Company, Torrance CA, June 1986.

장 재 원(張在元)



1999년 6월 : DeVry Uni. 전자공학
학과(공학사)
2003년 2월 : 충남대학교 전자공
학과(공학석사)
2003년 4월 ~ 현재 : 한국항공우주
연구원(연구원)
관심분야 : 항공전기/전자, GPS,

의사위성, DSP

이 상 정(李相禎)



1979년 2월 : 서울대학교 전자공학
과(공학사)
1981년 2월 : 서울대학교 대학원
(석사)
1987년 2월 : 서울대학교 대학원
(박사)
현) 충남대학교 전자공학과(교수)
현) GNSS 기술 협의회(회장)

관심분야 : Robust Control, GNSS.

권 태 희(權泰熙)



2002년 2월 : 전북대학교 항공우주
공학과 (공학사)
2004년 2월 : 전북대학교 항공우주
공학과 (공학석사)
2003년 4월 ~ 현재 : 한국항공우주
연구원(연구원)
관심분야 : 항공기 항법/제어,

GPS, Parameter Identification