

## 이동체용 직접위성방송 수신 안테나의 궤환 제어기 설계

김기열\*, 박종국\*\*

\*부천대학 컴퓨터제어과, \*\*경희대학교 전자공학과

### Design of the Feedback Controller of Direct Satellite Broadcasting Antenna for Vehicle

Ki-Yeoul Kim\*, Chong-Kug Park\*\*

\*Bucheon College, \*\*KyungHee Univ.

**Abstract** - In this paper we discuss a direct satellite broadcasting system for vehicle. The proposed satellite-steering algorithm and controller based on it are designed for a communication and broadcasting system which uses the Mugungwha satellite. The Mugungwha satellite that the proposed system should steer is a geostationary orbit device. The satellite-steering algorithm computes azimuth and elevation with reference to a stationary point on earth. This is extended to a real satellite steering algorithm that considers position and attitude. Real moving position and attitude are represented by latitude, longitude, roll, pitch and yaw. To apply these five pieces of information to the reference satellite steering algorithm, we introduce Euler's degree coordinates that express independently the rotation of each axis relative to an axis. There are two ways a basic algorithm of the antenna of a vehicle can track and orient to satellite. One way is a feedback loop method for broadcasting gain, while the other is a feedback loop method for position and attitude of a vehicle. In the present paper, we design a controller of satellite broadcasting system for a vehicle using an algorithm that combines the two methods. We performed a simulation and experiment to prove effectiveness.

## 1. 서 론

현대사회가 고도의 정보화 사회로 변화함에 따라 방송 분야의 매체가 다양해지고 새로운 부가 서비스와 첨단 장비의 개발로 뉴미디어에 대한 관심과 이를 이용한 기술 개발 및 산업 활성화가 크게 부각되고 있다. 특히 방송은 위치에 무관한 불특정다수에 대한 일대다의 경우로 동시에 정보를 보내게 되기 때문에, 일반적으로 실시간 서비스가 대부분이다. 방송의 뉴미디어 분야로 각광을 받는 역시 부분은 위성방송이라 할 수 있다[1][2].

미국의 NASA의 JPL(Jet Propulsion Laboratory), 유럽의 ACTS, 일본의 CRL(Communications Research Laboratory) 등의 선진국 연구소에서는 위성통신, 이동 통신, 차량단말 및 뉴미디어 서비스 분야의 핵심요소기술로서 소형단말 및 안테나 장치에 대한 연구개발을 활발하게 추진해오고 있다[3][4] [5]. 일본은 1972년에 위성방송 연구에 대한 계획을 수립하여 1978년에 첫 위성을 발사하여 여러 서비스를 방송하고 있다. 유럽의 방송위성은 1987년 서독의 위성이 처음 발사되었으나 자체 결함으로 인해 운용을 못하고 1989년에 재 발사되었다. 유럽의 위성방송사업은 1990년 이후 성장추세를 보이고 있다. 그밖에 룩셈부르크, 스위스, 아일랜드와 스페인도 예비위성을 운용

중에 있다. 미국은 1974년부터 직접위성방송에 의한 방송 실험을 하였다. 최근에는 보잉사에서 위성 배열 안테나를 개발하여 자가용 제트 757기에 장착하였다. 데이트론사는 레저용 자가용이나 버스에 장착할 목적으로 DBS-3000, DBS-4000을 개발하였다.

이러한 세계 여러 각국의 연구동향에서 살펴본 바와 같이 위성방송 수신은 지금까지 주로 파라볼라형 안테나(일명 접시 안테나)를 사용해 왔으나 부피가 크고 무거운 관계로 설치가 용이하지 않아 최근에는 소형 경량이고 설치가 용이한 안테나 시스템으로 서서히 대체되고 있는 추세이다. 또한 이동체에 설치되는 위성 수신용 안테나에는 불규칙적인 움직임에 대처하기 위하여 위성 추적 장치 및 빔 형성 장치의 설치가 필수적이다. 이러한 시스템은 이동체의 미관을 고려하여 설치해야 하기 때문에 시스템 구현 외에도 제품의 경량 박형화가 동반되어야 한다. 이동체에 설치될 위성방송 수신안테나 시스템의 개발은 그 자체로 큰 의미가 있을 뿐 아니라 멀티미디어 네트워크 구축시 위성에서 제공하는 각종 정보의 송수신을 가능하게 할 것으로 예상되며 이러한 배경에서 이동체용 위성방송 수신 시스템 구현에 대한 연구는 중요성을 갖는다. 따라서 차량, 선박, 항공기 등의 이동체의 외부 미관을 고려하고 불규칙적이고 빠른 움직임에 응답할 수 있는 이동체용 위성방송 수신 시스템에 대한 연구가 필요하다.

본 논문은 이동체용 직접위성방송 시스템의 위성 지향 알고리즘, 이동체의 위치와 자세정보를 이용한 제어기 설계를 제안한다. 모의실험과 실제 차량 실험을 통해 기존 시스템과 제안 시스템의 결과를 비교분석하여 유효성을 입증한다.

## 2. 이동체의 위성 지향 알고리즘

### 2.1 기준 위성 지향 범위각과 앙각

방송특유의 초당 30프레임 전송신호를 수신하기 위해서는 위성 지향이 고속으로 이루어져야 한다. 이동체에서 위성을 추적/지향하는 기본 알고리즘은 위성방송 수신신호 세기를 바탕으로 지향하는 방식과 지구표면의 절대적인 좌표와 움직임에 대한 보상 등을 통해 위성을 추적하고 지향한다.

지구 정지궤도 위성은 지구에서 관측할 때 상공의 한 지점에 고정되어 있다. 그러나 우주 공간의 상대적 관점에서 보면, 정지궤도 위성은 약 11,086.8km/h의 속도로 지구주위를 궤도운동하는 것처럼 보인다[6]. 그러므로 뉴턴의 운동법칙과 케플러의 제2운동법칙을 적용하여 기준 지향 알고리즘의 범위각( $A_r$ )과 앙각( $E_r$ )을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$A_r = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \theta_S - \theta_L}{\sin \theta_L} \right) \quad (1)$$

$$E_r = \tan^{-1} \left( \frac{r - R_e \cos \theta_1 \cos \theta_S - \theta_L}{R_e \sin \cos^{-1}(\cos \theta_1 \cos \theta_S - \theta_L)} \right) - \cos^{-1}(\cos \theta_1 \cos \theta_S - \theta_L) \quad (2)$$

여기서  $r$ 는 위성과 지구중심과의 거리,  $R_e$ 은 지구 반경,  $\theta_1$ 과  $\theta_L$ 은 차량의 위도 및 경도,  $\theta_S$ 는 위성의 경도이다.

### 2.2 이동체 위성 지향 방위각과 양각

지구 정지 궤도 위성은 지구에서 관측할 때 상공의 한 지점에서 고정되어 있으나 수신 이동체의 위치 변동 시에는 위성 통신을 위해 안테나의 위성 지향 시스템이 필요하다. 차량의 실제 위치 및 방향은 위도, 경도, Roll, Pitch 그리고 Yaw( $\theta_1, \theta_2, \phi, \theta, \psi$ )의 5가지 요소로 표현할 수 있다. 그리고 Roll, Pitch 그리고 Yaw각은 차량의 상하좌우의 기울어진 각도와 방위각을 표현한다. 이러한 5가지 요소의 표현을 위해 Euler의 Roll, Pitch 그리고 Yaw System를 도입한다[7]. 이 방법은 각 축에 대한 회전을 상대적인 축들의 관점에서 독립적으로 표현할 수 있다는 장점이 있다. 이동체의 방향각 변화는 자기가 센서나 관성센서인 자이로스코프로부터 출력신호를 감지하여 측정한다. 그리고 나머지 두 요소, 이동체의 위도  $\theta_1$ 와 경도  $\theta_2$ 는 GPS의 출력신호로부터 구한다. 구좌표계를 기준으로한 이동체의 위성안테나의 위성 지향 방위각( $T_A'$ )과 양각( $T_E'$ )을 직각좌표계로 표현하면 다음과 같이 최종 유도된다.

$$T_A' = C^{-1} \begin{bmatrix} -S\phi C\psi C\theta_1 S\psi \\ +S\phi C\psi S\theta_1 S\psi \\ S \left[ C^{-1} \begin{pmatrix} -S\psi S\theta_1 S\psi C\phi + S\psi C\theta_1 S\psi S\phi \\ +S\phi C\psi C\theta_1 C\psi + S\phi S\psi S\theta_1 S\phi \\ +C\phi C\psi C\theta_1 \end{pmatrix} \right] \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$T_E' = C^{-1} \begin{bmatrix} -S\psi S\theta_1 S\psi C\phi + S\psi C\theta_1 S\psi S\phi \\ +S\phi C\psi C\theta_1 C\psi + S\phi S\psi S\theta_1 S\phi \\ +C\phi C\psi C\theta_1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서  $C = \cos$ ,  $S = \sin$ 이다.

## 3. 제어기 설계

이동체에서 안테나가 무궁화 위성을 추적지향할 수 있는 기본 알고리즘은 위성방송 수신신호의 이득을 바탕으로 지향하는 방송신호 이득 궤환의 폐루프 방식(closed loop method)과 지구표면의 절대좌표와 이동체의 움직임에 대한 자세 및 위치 보상 등을 통해 위성을 추적하고 지향하는 이동체 위치 및 자세 궤환의 폐루프 방식(closed loop method)이다. 이러한 단독적인 폐루프 방식은 감지장치의 측정오차, 제어기의 연산오차, 전체 시스템의 누적오차가 발생할 수 있고 방송신호의 차단 상태에 대한 대책 및 빠른 응답성에 대한 문제점을 발생시킬 수 있다[8][9]. 그러므로 본 논문에서는 이러한 두 가지 방법을 적절히 혼용하여 이동체용 위성방송 서보 시스템의 제어기를 설계한다.

### 3.1 제어기 초기화

이상으로 전파되는 신호를 수신하여 빠른 응답으로 정확하게 위성을 추적지향하기 위해서는 안테나의 위성 지향 알고리즘이 중요한 요소를 차지한다. 제어 시스템 작동 초기에 위성을 빠르게 추적하기 위해서 고정된 정지 궤도 위성의 위치범위를 설정하고 해당 범위에서 추적을 실시한다. 이후 가장 강한 방송신호 부근에서 다시 추적을 실행하여 빠른 응답성을 가지도록 한다. 즉 위성 수신안테나를 360도 회전시켜 현재 이동체 위치에서 위성 수신 이득이 70%가 넘는 지점 중에서 최대 값이 검색된 지점의 이동체의 기준 방위각으로 설정한다.

### 3.2 안테나 제어

무궁화 위성방송 제어 시스템의 1차 안테나 지향 방향 제어는 자세 감지 센서의 출력값과 방송신호의 수신

이득값을 사용하여 실행된다. 먼저 초기화 과정에서 위성 수신이득의 결정, 이동체의 자세와 안테나의 위성 지향 기준 방위각이 결정되어야 한다.

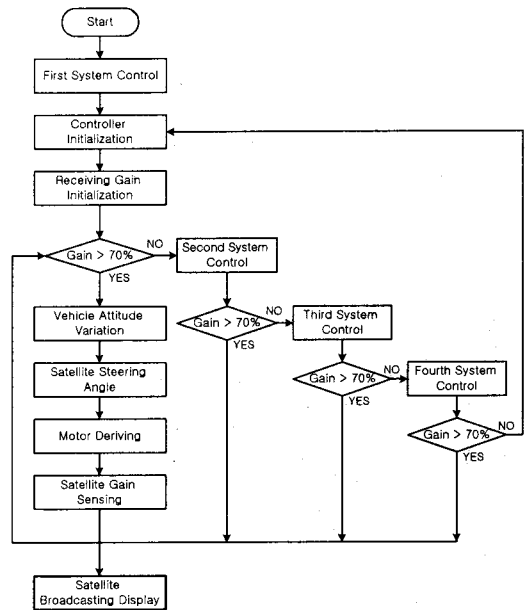


그림 1 무궁화 위성방송 시스템의 제어 흐름도  
Fig. 1 The control flowchart of KoreaSat broadcasting system

1차 안테나 위치 제어는 방송신호의 수신 이득이 70% 이상을 기준으로 이동체의 방위각 변화를 계산하여 안테나 위성 수신 각도를 수정하게 된다. 만약 위성 수신 이득이 70%를 넘지 못하게 되는 경우, 다음의 4가지 단계의 안테나 위치 보정을 통해 최대 수신 이득이 나타나는 지점으로 안테나를 회전시킨다. 그러므로 무궁화 위성방송 서보 시스템은 초기화 단계를 포함하는 1차 단계에서 5차 안테나 위치 제어 단계로 구성되어 있다. 핵심적인 1차 단계의 제어를 기본으로 하고 2차에서 5차까지의 제어 단계는 1차 단계의 제어 문제들을 보완수정하는 알고리즘이다. 이러한 무궁화 위성방송 서보 시스템의 전체 제어 흐름도는 다음 그림 1과 같다. 2차 제어는 자세 감지 센서와 수신 이득 데이터를 바탕으로 위성 지향 방위각을 추정하여 안테나를 회전시키게 된다. 3차 제어는 좌우 10도 그리고 4차 제어는 20도 범위내에서 방송 수신 이득을 조사한다. 이러한 단계에서 기준 지향 방위각 및 방송 이득이 결정되면 1차 안테나 제어로 복귀하지만 장기적인 차단 상태에서는 초기화 단계로 복귀하게 된다.

### 3.3 제안 이중 궤환 제어기

이동체용 위성방송 시스템은 방송신호의 차단 없이 위성방송 안테나가 방송신호를 수신하여 디스플레이 장치로 출력할 수 있도록 실시간으로 제어해야 된다. 이동체의 위치와 자세 궤환 제어기는 현재 단계의 무궁화 위성을 지향할 수 있도록 지향방위각과 양각을 제시한다. 이는 이동체내의 위치자세 감지 장치의 출력신호로부터 이동체의 절대위치와 자세를 바탕으로 계산된다. 방송신호 궤환 제어는 이동체의 좌우 자세 변화 및 위치 변화에 따라 각 단계별로 방송신호 이득의 증가와 감소 방향을 제시한다. 그리고 초기화 과정에서 결정된 기준 방송신호 이득과의 비교를 통해 현재 단계의 방송신호 출력여부, 안테나 구동 등의 여부를 결정한다. 이러한 이동체의

위치와 자세 궤환제어와 방송신호 궤환제어를 혼용한 이중 궤환제어기는 단독적인 페루프 방식의 문제점인 측정 오차와 연산오차를 보정할 수 있다. 이러한 오차보정 요소는 방송신호 궤환제어가 담당한다. 설정 범위 이상의 측정 및 연산오차는 방송신호의 최대 이득의 방향으로 안테나를 단계적으로 구동하는 방송신호 궤환제어를 우선함으로써 가능하다. 그리고 이동체의 위치와 자세의 누적오차는 최대 방송신호 이득의 방향에서 다시 설정하여 해결할 수 있다.

제안 제어기는 방송신호 궤환제어의 문제점인 응답속도의 저하, 안테나 구동방향의 우선 순위 결정 등에도 효율성이 있다. 안테나 구동방향의 우선 순위는 방송신호 이득과 이동체의 자세변화를 모두 고려하여 정확하게 결정할 수 있다. 그러므로 이동체의 이중 궤환제어 시스템의 전체적인 응답속도도 향상시킬 수 있다.

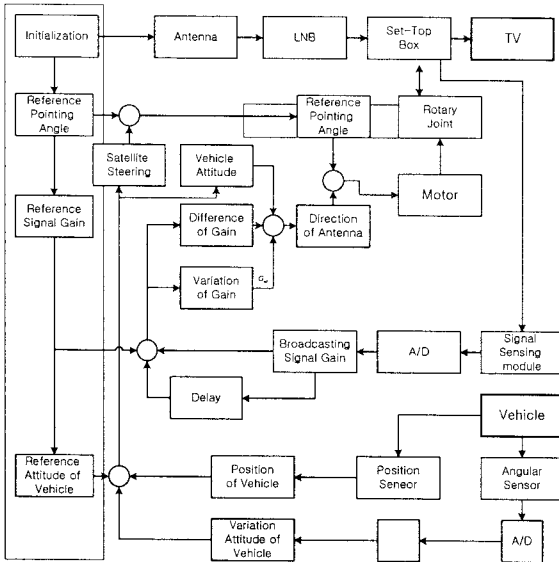


그림 2 제안 이득위치 궤환 제어기  
Fig. 2 Proposed gain and position feedback controller

#### 4. 실험 및 고찰

##### 4.1 모의실험 및 결과고찰

본 논문에서 제안된 이동체 위성 지향 알고리즘의 유효성과 정확성을 입증하기 위해 모의실험을 수행한다. 모의실험의 적용 대상 지역으로 무주와 전국 5대 도시인 서울, 대전, 대구, 부산 그리고 광주를 선택한다. 무주는 무궁화 위성 안테나의 빔 중심 지역이다. 그리고 선정된 5대 도시는 전국에 고루 분포되어 있고 통합 위성서비스의 이용률이 상승되고 있는 인구 밀집 지역이다. 기존 위성 지구국에서의 위성 지향 알고리즘은 수평 각지상 상태에서 안테나가 위성을 지향해야할 방위각과仰각을 계산한다. 그러나 지표면의 수평상태를 측정하거나 이를 바탕으로 기존 바탕 면을 설정하는 과정에서 오차를 포함하게 된다. 또한 주위 외란에도 많은 영향을 받게 된다. 이러한 오차를 보정하는 추가적인 보정 알고리즘이 필요하게 되고, 지속적인 보정 알고리즘의 적용이 필요하다. 그러므로 제안된 이득과 위치 궤환제어 알고리즘으로 이러한 여러 가지 단점들을 보완하고자 한다. 기존 알고리즘과 제안 지향 알고리즘의 차이는 정지된 기존 지향 알고리즘에서는 무시할 수 있다. 그러나 고정

되지 않은 이동체에 적용할 경우 이러한 오차는 시간이 경과함에 따라 누적되므로 전체 시스템에 많은 영향을 미치게 된다. 이러한 모의실험의 결과 그림들을 고찰해보면 본 논문에서 제안된 이동체의 위성 지향 알고리즘이 기존 알고리즘보다 정확하게 위성을 추적하고 있음을 알 수 있다. 적용 범위의 관점에서 제안 알고리즘이 기존 알고리즘보다 폭넓게 적용될 수 있음을 알 수 있다.

표 1 모의실험 결과 분석

Table 1 Analysis of simulation results

|    |        | 기존 알고리즘 |       | 제안 알고리즘  |         | 지향각 차이  |        |
|----|--------|---------|-------|----------|---------|---------|--------|
|    |        | 방위각     | 양각    | 방위각      | 양각      | 방위각     | 양각     |
| 경도 | 127.5  | 무주      |       |          |         |         |        |
| 위도 | 36     | 199.09  | 46.48 | 199.0925 | 46.4649 | -0.0025 | 0.0151 |
| 경도 | 127.09 | 서울      |       |          |         |         |        |
| 위도 | 37.52  | 197.84  | 44.98 | 197.8401 | 44.9637 | -0.0001 | 0.0163 |
| 경도 | 127.43 | 대전      |       |          |         |         |        |
| 위도 | 36.35  | 198.83  | 46.13 | 198.8349 | 46.1137 | -0.0049 | 0.0163 |
| 경도 | 128.61 | 대구      |       |          |         |         |        |
| 위도 | 35.87  | 200.90  | 46.27 | 200.8964 | 46.4569 | 0.0036  | 0.0131 |
| 경도 | 129.04 | 부산      |       |          |         |         |        |
| 위도 | 35.09  | 201.94  | 46.94 | 201.9438 | 46.9294 | -0.0038 | 0.0106 |
| 경도 | 126.86 | 광주      |       |          |         |         |        |
| 위도 | 35.15  | 198.43  | 47.57 | 198.4295 | 47.5689 | 0.0005  | 0.0111 |

##### 4.2 제어 시스템 구성

본 논문에서 제안된 차량용 직접위성방송 시스템의 구성은 그림 3에 나타내었다. 이러한 시스템을 구동하기 위한 제안 제어 시스템은 연산처리부와, 모터제어부, 아날로그/디지털 변환부로 구성되어 있다. 연산처리부에 사용된 마이크로프로세서는 AMD(Advanced Micro Device)사의 AM188ES이다. 모터제어부는 바이폴라(bipolar) 2상 또는 유니폴라(unipolar) 4상 방식의 1.8도 스텝각을 가진 스텝모터를 제어한다. 모터 제어기로는 Allegro사의 SLA7026M을 사용한다. SLA7026M은 최대 3.5A의 구동할 수 있으며 최대 순간 전류는 5A까지 견딜 수 있다. 아날로그/디지털 변환부는 2개의 아날로그 신호를 입력으로 사용한다. 첫 번째 아날로그 신호는 위성 방송신호의 이득이고, 두 번째 아날로그 신호는 차량의 회전변화를 감지하는 고속도 센서의 출력전압이다. 사용한 아날로그/디지털 변환기는 MAXIM사의 Max158이며 이 소자는 8개의 아날로그 입력을 1마다 순차적으로 변환할 수 있으며 변환데이터는 8bit이다.

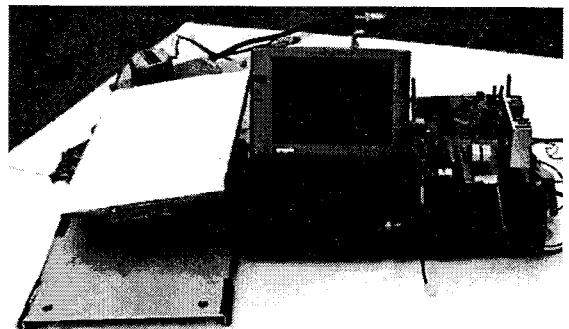


그림 3 제안 차량용 위성방송 시스템 정면도  
Fig. 3 The front view of proposed VDBS

##### 4.3 실험 및 결과고찰

제안된 위성추적 알고리즘 및 제어 시스템의 유효성을

입증하기 위해 6개의 실험 환경을 선정하여 실제 차량 실험을 수행하였다. 선정된 6개의 실험 환경은 사각형, 원형, 원형 2개, 최소원형, 본관 주변 그리고 공과대학 주변도로이다. 주행실험은 기존 시스템과 제안 시스템을 교대로 장착하여 실시하였으며 기존 시스템의 실험결과 데이터와 제안된 시스템의 결과 데이터를 비교분석하여 나타내었다. 제안 제어 시스템의 샘플링 시간은 모터의 최대 주파수 20KHz에 적합하게 동작하도록 50로 설정하였다. 결과 데이터의 추출시간은 제어기의 샘플링 시간의 20배 주기인 0.001초 간격으로 방송신호 수신이득을 추출하였다.

선정된 6가지 경우에 대한 실험 결과를 다음 표와 그림에 나타내었다. 기존 시스템과 제안 시스템의 초기 방송신호 수신시간은 평균 23초 정도 단축되었고 방송수신율도 510% 향상되었음을 알 수 있다. 제안 시스템의 실험결과에서 미세한 이득 진동현상이 발생하지만 방송신호의 정상상태 이상이므로 시스템에 영향을 미치지 않는 정상상태 범위에 존재한다. 또한 RS-232 직렬통신상의 잡음으로 인한 데이터 소실현상이 나타나지만 실제 방송신호의 수신은 정상적으로 동작된다.

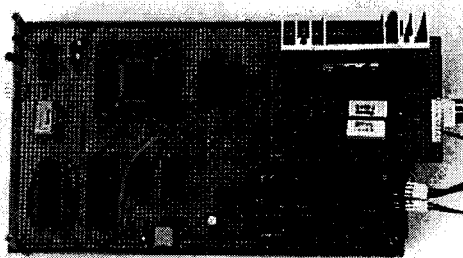


그림 4 제안 제어기 구성  
Fig. 4 Configuration of proposed controller

표 2 실험 결과 분석  
Table 2 Analysis of experiment results

|      |       | 주행시간   | 초기시간 | 방송시간   | 방송비율   |
|------|-------|--------|------|--------|--------|
| 경우-A | 기존시스템 | 60.08  | 5.36 | 54.82  | 91.26  |
|      | 제안시스템 | 76.76  | 3.40 | 73.39  | 95.60  |
| 경우-B | 기존시스템 | 36     | 6.5  | 29.7   | 82.5   |
|      | 제안시스템 | 40.46  | 3.81 | 36.68  | 90.66  |
| 경우-C | 기존시스템 | 72.92  | 4.5  | 64.56  | 88.54  |
|      | 제안시스템 | 74.91  | 4.05 | 70.87  | 94.61  |
| 경우-D | 기존시스템 | 27.54  | 4    | 23.4   | 84.97  |
|      | 제안시스템 | 27.04  | 3.84 | 23.22  | 85.87  |
| 경우-E | 기존시스템 | 154    | 6.4  | 133.2  | 86.49  |
|      | 제안시스템 | 129.15 | 3.97 | 121.86 | 94.36  |
| 경우-F | 기존시스템 | 122.8  | 12.4 | 97.8   | 79.64  |
|      | 제안시스템 | 86.09  | 4.12 | 80.69  | 93.72  |
|      |       | 단위 : 초 |      |        | 단위 : % |

## 5. 결 론

본 논문은 무궁화 위성에 의한 통신방송 서비스의 한 부분인 이동체용 직접위성방송 시스템에 대하여 연구하였다. 이동체는 항상 정지궤도 위성인 무궁화 위성을 지향해야 한다. 초기의 정지된 이동체의 기준 위성 지향 방위각과 양각을 결정할 수 있는 기준 위성 지향 알고리즘을 유도하였다. 이를 바탕으로 이동체의 이동 자세 및 위치를 고려한 실제 위성 지향 알고리즘으로 확장하였다. 제안된 제어시스템은 이동체의 위치와 위성 방송 신호를 이용한 이중 궤환 알고리즘을 제시하였다. 이동체의 위치자세 궤환 제어기는 측정장치의 연산오차와 누적

오차를 보정할 수 없었고 방송 신호 궤환 제어기는 신호의 차단 상태나 이동체의 급격한 자세 변화에 대한 대책이 미흡하였다. 그러므로 제안된 이중 궤환 제어 알고리즘은 위성 지향 방위각과 무궁화 위성으로부터의 방송신호 이득을 동시에 처리함으로써 전체적으로 자세 연산에 대한 기준을 제시하고 누적오차를 제거할 수 있는 효과적인 제어 시스템을 구성할 수 있었다. 제시된 모의실험 결과에서 제안된 이동체의 위성 지향 알고리즘이 정확하고 효율적이며 폭넓게 적용될 수 있음을 알 수 있었다. 실제 차량 실험에서는 제한된 6가지 경로에 대한 방송신호 이득 결과들을 타사의 제품과 비교하였다. 초기의 추적 시간과 위성 신호 차단 상태에서 복귀시간 등을 비교해 볼 때 제안된 이동체용 직접위성방송 시스템의 우수한 추적성 및 유효성을 입증할 수 있었다.

본 논문에서 제안된 이동체용 직접위성방송 제어시스템의 문제점은 복잡성에 있다. 특히 위성 지향 알고리즘과 4단계의 보완 알고리즘과 이중 궤환 제어 알고리즘의 구성요소가 복잡적으로 얽혀 있는 시스템에서 각각 구성요소의 간략화가 요구되어 진다. 또한 시스템의 효율성을 고려한 기구학 개념에 대한 연구 검토가 있어야 할 것이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Lal C. Godara, "Application of Antenna Arrays to Mobile Communications Part. : Beam-Forming and Direction-of-Arrival Considerations", Proceedings of the IEEE, Vol.85, No.7, pp.1031-1060, 1997.
- [2] H. Bazak Jr., A. Montalvo, D. Bell, G. Busche, D. Carroll Jr. and B. Clebawicz, "Space-borne Processing Technology for Mobile Communications Systems" Proceedings IEEE International Conference on Telecommunications, Vol.4, pp.7-14, 1998.
- [3] Thomson Microsonics, "Satellite Tracking Systems Antenna to Serve Mobile Platform DBS Customers" Microwave Journal, Vol.41, No.10, pp.48, 1998.
- [4] Alberto Morello, "Flash-TV : a Flexible Bit-Rate Transmission System for Digital HDTV Outsi Broadcasting by Satellite", Proceedings IEEE Globecom '93, Vol. 3, pp. 1662-1627, 1993.
- [5] Akinori Hashimoto, Hisakazu Katoh, "Development of a Transmission System and an Intergrated Receiver f Satellite ISDB", Proceedings IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp.42-43, 1997.
- [6] Francesco Vatalaro, Giovanni Emanuele Corazza, Carlo Caini and Carlo Ferrarelli, "Analysis of LEO, MEO, and GEO Global Mobile Satellite Systems in the Presence of Interference and Fading", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.13 No.2, pp.291-230, 1995.
- [7] John J. Craig, Introduction to Robotics Mechanics and Control, Addison-Wesley Publishing Company, Second Edition, pp.43-56, 1989.
- [8] Charles L. Phillips, H. Troy Nagle, Digital Control System Analysis and Design, Prentice-Hall International Editions, Second Edition, pp.6-12, 552-561, 1990.
- [9] Brian D. O. Anderson, John B. Moore, Optimal Control : Linear Quadratic Methods, Prentice-Hall International Editions, pp.68-99, 1989.