

# FH-FDMA 위성 통신 시스템에서 위성 드리프트 보정 동기추적 알고리즘

준회원 배석능\*, 정회원 김수일\*\*, 최영균\*\*, 진병일\*\*\*

## A Synchronization Tracking Algorithm to Compensate the Drift of Satellite in FH-FDMA Satellite Communication System

Suk-neung Bae\* *Associate Member*

Su-il Kim\*\*, Young-kyun Choi\*\*, Byoung-il Jin\*\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 주파수 도약 위성 통신 시스템에서 정지 궤도 위성의 드리프트로 인해 Early-Late gate 동기 추적 알고리즘으로는 홉 동기를 유지할 수 없는 현상이 발생하는 문제를 해결하기 위한 동기추적 알고리즘을 제안하였다. 위성에 탑재된 역도약-재도약 중계기를 통해 신호가 중계될 때, 위성의 드리프트로 인하여 수신된 홉의 양쪽 에지에서의 에너지 유실 때문에 Early-Late gate 동기추적 알고리즘을 사용했을 경우 홉 동기를 유지할 수 없는 현상이 발생한다. 그러한 문제를 해결하기 위해 기존의 Ranging 거리 정보를 사용한 Early-Late gate 홉 에너지를 비교하는 구조를 변형하여 Inner-Outer gate 홉 에너지를 비교하고 송신타이밍을 예측하여 동기를 추적하는 Anti-Shrink 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과, 제안된 알고리즘은 기존의 내부-외부 에너지비율 알고리즘보다 우수하고, Ranging 거리정보를 사용한 Early-Late gate 동기추적 알고리즘보다 성능은 유사하지만 Ranging 정보를 사용하지 않더라도 에너지 손실이 적어 위성의 드리프트에 robust하게 동기유지가 가능하다.

**Key Words** : Synchronization Tracking, Frequency Hopping, FH-FDMA, Early-Late, DRT

### ABSTRACT

In this paper, we proposed an algorithm to solve the problem that can't maintain hop synchronization using only early-late gate tracking loop due to the drift of geo-stationary satellite in frequency hopping satellite communication system. When the signal is transferred to downlink through DRT(Dehop-Rehop Transponder), the problem with synchronization loss is occurred periodically when using only early-late gate tracking loop, because of energy loss in each side portion of hop due to orbital variation of the satellite. To solve this problem, we have developed Anti-Shrink synchronization tracking algorithm which uses the prediction value of transmission timing and the structure of inner-outer gate instead of early-late gate with the ranging information. Through simulations, we showed that the performance of the Anti-Shrink algorithm is better than that of simple inner-outer energy ratio algorithm and similar to that of conventional early-late tracking loop algorithm with ranging information. No synchronization failure in the proposed algorithm was occurred because of less energy loss and robustness without the ranging information.

\* 과학기술연합대학원대학교 대전자전 통신기술 전공(bsnplus@gmail.com), \*\* 국방과학연구소 2기술연구본부, \*\*\* 삼성탈레스 기술연구소

논문번호 : KICS2007-09-423, 접수일자 : 2007년 9월 16일, 최종논문접수일자 : 2008년 1월 28일

## I. 서 론

주파수 도약(Frequency hopping; FH) 기술은 확산 스펙트럼통신 기술 중의 하나로써, 재밍에 강한 특성으로 인해 군 통신 등에서 많이 사용되고 있으며, FH 기술이 위성통신과 결합되어 일정 수준의 항재밍 능력을 제공하게 된다<sup>[1]</sup>.

위성을 사용한 중계 방식은 크게 수동형 방식(Passive Transponder)과 능동형 방식(Active Transponder)으로 나눌 수 있으며, 능동 중계기는 원 신호에서 원치 않는 신호를 분리시키므로 위성 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다<sup>[2][3]</sup>. 이러한 능동 중계기는 군용으로 많이 사용되는데 국내에서도 운용중이다<sup>[4]</sup>.

본 논문에서 고려된 능동 중계기는 수신신호를 RF 대역에서 IF대역으로 변환 후 필터링을 거친 다음 다시 RF로 변환 처리하는 부분 능동 중계방식의 역도약-재도약 중계기(Dehop-Rehop Transponder; DRT)이다<sup>[5]</sup>. DRT는 단말에서 송신된 상향링크 신호를 Dehopping 하여 중간주파수 대역에서 SAW 필터링 후에 다시 Rehopping하여 단말에게 하향링크로 신호를 전송한다. DRT와 단말 간 상향링크 동기 및 IF 필터링에 기인하여 수신된 홉의 양쪽 에너지에서의 에너지 유실 때문에 기존의 Early-Late gate 동기추적 알고리즘을 사용했을 경우 홉 동기를 유지할 수 없는 현상이 발생한다. 이를 해결하기 위해 통상의 경우 위성 운용국에서 별도의 채널과 장비를 이용하여 위성 Ranging 거리 데이터를 측정하고 각 단말에 정보를 전송한다. 각 단말은 이를 이용하여 위성 드리프트 주기를 미리 고려후 송수신 타이밍을 보정함으로써 위성의 드리프트에 기인된 동기 이탈을 방지하도록 설계하는 Early-Late gate 구조의 동기추적 알고리즘이 통상 사용된다<sup>[6]</sup>. 그러나 이 알고리즘은 별도의 Ranging 측정장비 및 Ranging 정보를 각 단말로 전송하는 별도의 채널이 필요하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 정지궤도 위성 드리프트 영향에 대한 내부-외부 에너지비율 알고리즘을 이용한 타이밍 보정 방안이 제안되었다<sup>[6]</sup>.

본 논문에서는 기존의 Early-Late gate 홉 에너지를 비교하는 구조를 변형하여 Inner-Outer gate 홉 에너지를 비교하여 위성드리프트에 기인된 송신동기 타이밍값을 예측하여 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘을 제안하였다. 기존의 Ranging 데이터를 활용하

는 알고리즘에서는 거리 변동 비율을 송신 타이밍 값으로 환산하여 송신동기를 보정하게 된다. 그러나 제안된 알고리즘에서는 위성이 드리프트 될 때의 Inner-Outer gate 구조의 에너지 비율을 이용하여 송신 타이밍 값을 구하고 이를 누적하여 다음주기의 송신타이밍을 미리 예측하여 반영하는 아이디어가 적용되었다.

제안한 알고리즘은 기존의 Early-Late gate 동기추적 알고리즘과는 달리 홉의 에너지 손실이 적어 동기 이탈이 일어나지 않아 동기 유지가 가능하게 된다.

II에서는 먼저 주파수도약 위성통신 시스템의 특성에 대해 알아보고, 동기 유지 실패의 주요 원인인 DRT의 특성과 정지위성의 드리프트의 영향에 대해 알아본다. III에서는 홉 동기 유지 이탈을 해결하기 위한 알고리즘을 제안하였으며, IV에서는 제안한 알고리즘의 성능을 분석하였다.

## II. 능동중계기를 사용한 주파수 도약 위성통신 시스템에서 위성 드리프트 보상 동기추적기법

### 2.1 DRT를 사용한 FH-FDMA 위성통신 시스템

DRT를 사용한 고속 주파수도약 주파수 분할 다중 접속 방식(Fast Frequency Hopping / Frequency Division Multiple Access; FH-FDMA)의 위성통신 시스템은 여러 명의 사용자가 FDMA 방식으로 그룹을 구성하며 그룹마다 자기 다른 주파수 도약 패턴을 가지고 도약이 이뤄지게 된다. FH-FDMA 시스템에서는 보통 수신기 구조가 간단하고 비용면에서 효율적인 MFSK 변조방식을 사용한다<sup>[7]</sup>.

[그림 1]은 FH-FDMA 방식을 사용하는 위성통신 시스템을 보여준다. [그림 1]에서 DRT는 FH-FDMA 위성통신 시스템에서 가장 중요한 특징 중의 하나이다. DRT에서 상향링크 신호를 수신할 때의 도약패턴과 하향링크로 내려 보낼 때의 도약패턴이 다르기 때문에 그렇지 않은 경우에 비해 항재밍 성능이 뛰어나다<sup>[8][9][10]</sup>.

이러한 위성통신 시스템에서 홉 동기 추적을 위해 Early-Late gate 구조의 동기 추적 알고리즘을 사용한다. DRT 자체로는 동기 추적, 획득을 할 수 있는 기능이 없으며 지상국에서 송수신을 할 때 동기 추적을 위해 Early-Late gate 알고리즘이 사용되게 된다. 고정 궤도 위성은 이론적으로 궤도의 변화가 일어나지 않아야 하나 실제적으로 궤도 변화가 일어나게 되며 이런 이유 때문에 Early-Late gate 알고리즘만으로는 홉 동기를 유지할 수 없게 된다.

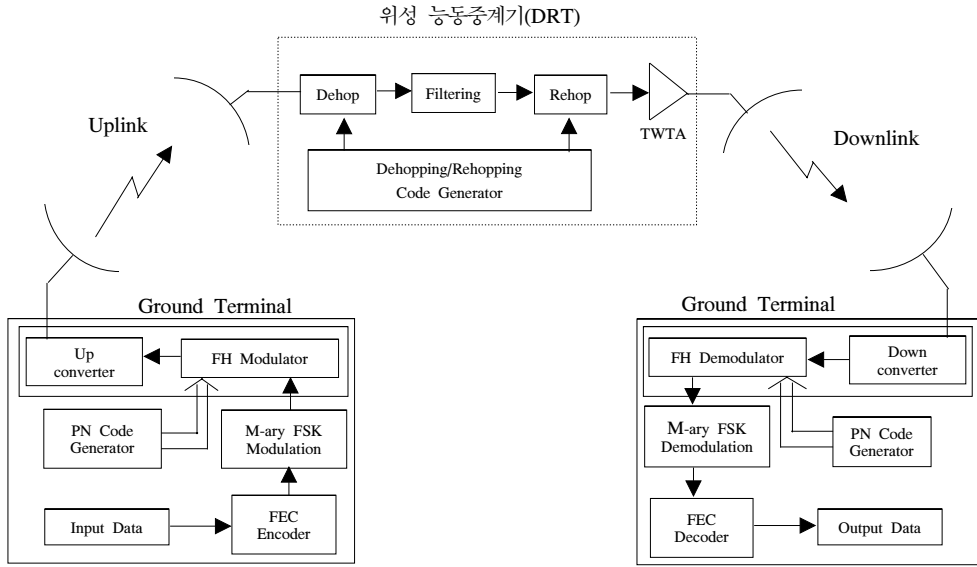


그림 1. DRT를 사용한 FH-FDMA 위성통신 시스템

### 2.2 위성 드리프트 보정 동기추적 알고리즘

정지궤도를 이용하는 통신 위성의 궤도는 적도 상공 약 36,000km에 위치하게 된다. 지상 운용국이 위성 중계기와 항상 마주보고 있어야 하므로 자세 제어를 하게 되는데 이때 중계기는 하루를 주기로 스테이션 키팅 윈도우(위경도  $\pm 0.05$ 도)내에 8자 모양의 궤도를 그리면서 지상 운용국과 마주보게 된다. 이때 위성과의 지상 운용국 사이의 거리가 [그림 2]와 같이 태양과 달 그리고 지구의 인력 영향으로 주기적으로 변하게 되며, 그로 인해 동기가 완벽히 맞았던 위성통신 시스템의 동기는 시간이 지나면서 [그림 3(A)]에서 [그림 3(B)]와 같이 흡 에너지의 앞과 끝 에지 부분의 에너지가 유실되어 흡 동기를 유지하기 어렵게 된다. 이러한 드리프트가 주기적으

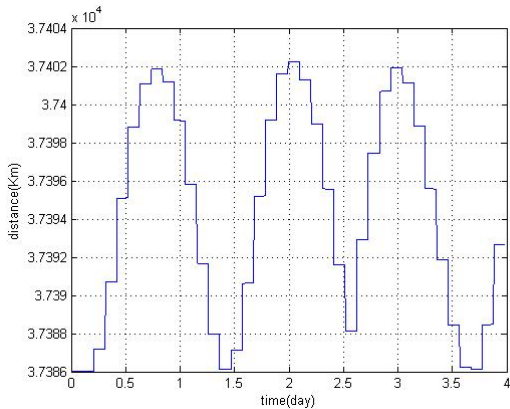
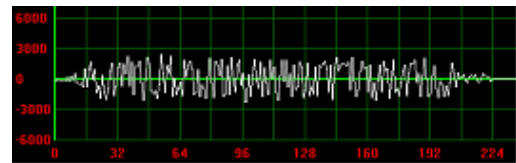
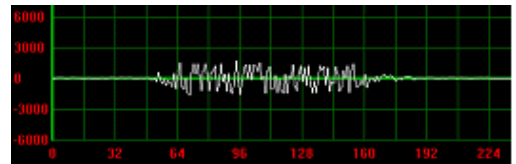


그림 2. 위성의 궤도 변화 그래프

로 발생하게 되므로 정확한 거리 변화를 알게 되면 송신 동기를 미리 보정하여 위성의 드리프트에 적용할 수 있게 된다. 통상의 경우 별도의 채널과 장비를 이용하여 위성의 Ranging 데이터를 측정하고 각 단말에 정보를 전송함으로써 위성의 드리프트에 기인된 동기이탈을 방지하도록 설계된다. 무궁화 5호의 DRT를 사용한 FH-FDMA 위성통신 시스템에서는 운용국에서 위성 Ranging 데이터를 측정하지만 여러 지상단말의 동기유지 알고리즘에는 사용되지 않으며, 본 논문에서 제안한 형태의 유사 형태의 알고리즘이 사용되었다<sup>6)</sup>.



(A) 최초 동기 획득 시



(B) 동기획득 6시간 후(동기 추적알고리즘 적용하지 않은 경우)

그림 3. 위성의 FH-FDMA 수신 신호

### III. Anti-Shrink 알고리즘

이번 장에서는 위성의 드리프트로 인해 발생하는 동기 이탈의 문제점을 분석하여 그를 해결할 수 있는 알고리즘을 도출하였다.

#### 3.1 위성 드리프트에 기인된 동기이탈 문제점

DRT를 사용한 FH-FDMA 위성통신 시스템에서 위성 능동중계기와 지상국간 홉 동기가 완벽히 맞아 있을 때 얼마간의 시간이 흐른 후에 위성이 지상국에서 멀어지게 되면 위성 DRT에서의 수신 신호는 [그림 4(B)]의 왼쪽과 같이 홉 에너지의 전반부의 에너지가 유실된다. 그림에서  $T_h$ 는 hop duration,  $n$ 은 정수를 나타낸다. DRT에서는 이 신호를 필터링 후에 하향링크로 내려 보내게 되므로 지상 수신부에서는 다시 동기가 맞지 않은 신호가 수신되며, 지상부에서 이 신호를 사용하여 Early-Late gate 알고리즘을 통해 수신 홉 동기 추적을 실행하게 된다. Early gate 에너지와 Late gate 에너지의 차이를 이용하여 동기를 잡고 난 후의 결과를 보면 [그림 4(B)]의 오른쪽과 같이 홉 에너지의 후반부의 에너지까지도 유실하게 된다. 동기획득 후 궤도를 6시간 지난 경우 실제 측정되었던 수신 신호가 [그림 3(B)]에 보여졌듯이 양쪽 에너지가 유실됨을 알 수 있다. 위성이 지상국과 거리가 가까워질 때도 마찬가지로의 결과가 되며 [그림 4(C)]를 보면 알 수 있다.

결국 수신된 홉의 양쪽 에지에서의 에너지 유실

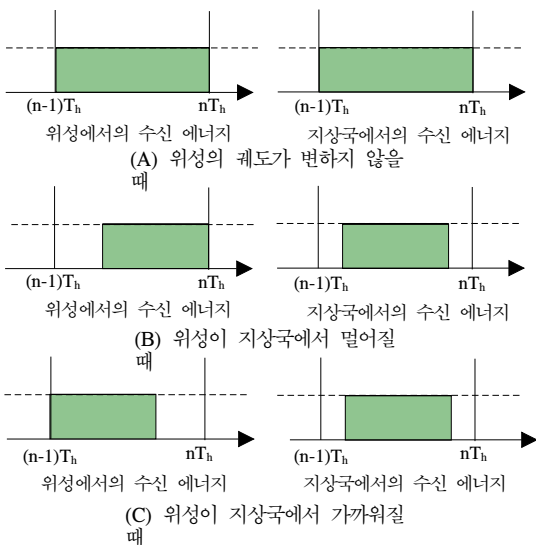


그림 4. 위성 드리프트에 따른 주파수 도약 홉에서의 에너지 비율

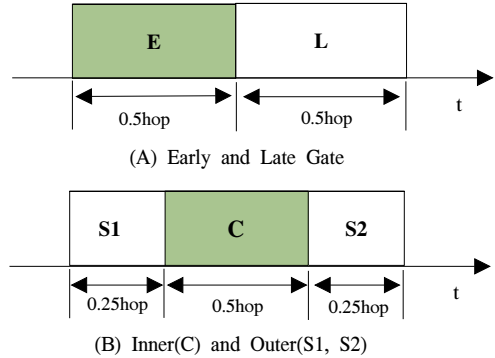


그림 5. Early-Late gate와 Inner-Outer gate의 홉 에너지

때문에 기존의 Early-Late gate 동기추적 알고리즘으로는 홉 동기를 유지할 수 없는 현상이 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 Early-Late gate 에너지 비교 구조의 [그림 5(A)]를 [그림 5(B)]의 Inner-Outer gate 구조로 바꾼 에너지 비교 구조를 이용한다.

#### 3.2 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘

제안한 동기 보정 알고리즘은 [그림 6]과 같이 위성 드리프트가 일어날때 송신동기 타이밍 예측값을 구하는 부분과 송신동기 예측값을 사용하여 동기 보정을 하는 부분으로 나눌 수 있다.

먼저 송신동기 타이밍 예측값을 구하는 단계에서는 FH-FDMA 시스템에서 DRT의 상하향 도약 동기 불일치에 기인하여 Early-Late 구조로는 알아낼 수 없는 위성 드리프트로 생기는 홉 비율 감소를 Inner-Outer gate의 구조를 이용하여 측정한다.

기존의 Ranging 데이터를 활용하는 알고리즘에서는 거리 변동 비율을 송신 타이밍 값으로 환산하여 송신동기를 보정하게 된다. 그러나 제안된 알고리즘에서는 위성이 드리프트 될 때의 Inner-Outer gate 구조의 에너지 비율을 이용하여 송신 타이밍 값을 구하고 이를 누적하여 다음주기의 송신타이밍을 미리 예측하여 반영하는 아이디어가 적용되었다.

[그림 7]은 적용된 Anti-Shrink 동기보정 알고리즘과 기존 알고리즘과의 차이를 보여준다.

Inner-Outer gate 구조<sup>[6]</sup>의 내부-외부 에너지 비율과 다른 점은 Inner-Outer 알고리즘에서는 Inner-Outer 결과로 생기는 동기 보정값을 사용하고 바로 폐기하지만 Anti-Shrink 알고리즘에서는 그 값들을 한 주기 동안 누적하여 다음 주기의 송신동기 타이밍 예측값으로 활용한다는 사실이다. 이렇게 예

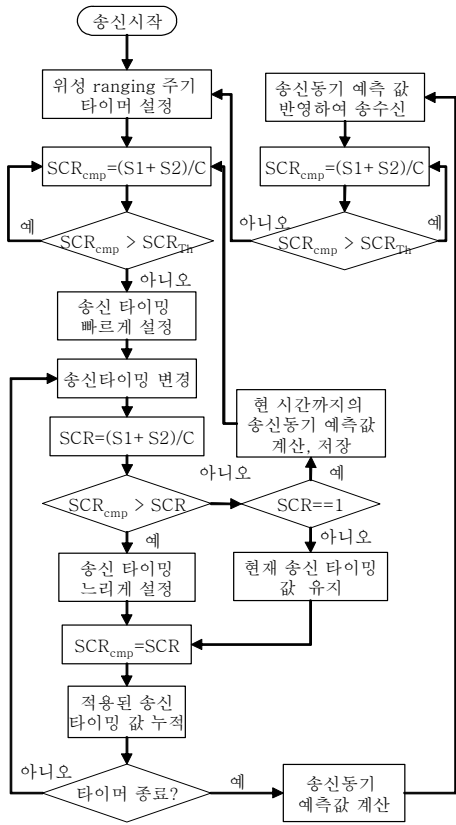
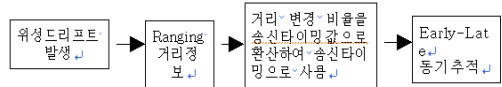


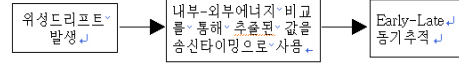
그림 6. Anti-Shrink 동기추적 알고리즘

측된 송신 동기를 적용하게 되면 동기 예측값을 구하는 순간에는 처리시간이 길어 질 수 있으나 드리프트의 다음 주기에서는 Inner-Outer 처리 시간이 필요 없으므로 오히려 전체 처리 시간에서 잇점이 있다. 동기 손실 시 재획득될 때의 시간 지연 처리 과정에서도 같은 장점이 발생되어 질 수 있다. 기존 통신 시스템에서는 동기이탈 허용 오차가 클수록 사용자의 통화 품질에 손해가 있으므로 신호 전력을 크게 보상하고 있는 현실을 고려할 때 동기 획득 및 유지 허용 오차가 작아질수록 시스템 설계에 마진을 줄 수 있다. 적용된 알고리즘은 동기이탈 편차가 작아지므로 정확한 송수신 동기획득 및 유지에 기인하여 사용자의 BER이 낮아지므로 통화 품질이 더 좋아지는 장점이 생기게 된다. 그러나 Inner-Outer 알고리즘 보다 약간 복잡한 단점이 있다.

위성의 드리프트로 인해 Outer gate의 에너지(S1, S2)가 줄어들게 되면 에너지 감소는 Outer gate 에너지 대 Inner gate 에너지(C)의 비율, 즉  $SCR = (S1 + S2) / C$  값의 변화를 통해 알 수 있다. 동



(A) Ranging 정보를 이용한 Early-Late 동기추적 알고리즘



(B) 내부-외부 에너지 비교 동기추적 알고리즘



(C) 제안된 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘

그림 7. 동기 추적 알고리즘 비교

기가 거의 완벽히 맞을 경우에 SCR 값은 거의 1에 가깝게 되지만 Outer gate의 에너지가 줄어들면서 값은 1이하가 된다. 따라서 이렇게 값이 줄어들게 될 때 송신동기를 조절하여 다시 1에 가깝게 만드는 것이 이 알고리즘이 목표이다. 현재 위성의 이동 방향을 모른다고 할 때 먼저 송신주기 타이밍을 빠르게 설정한다. 만약 위성이 멀어지고 있을 때 송신 동기 타이밍을 빠르게 변경하게 되면 지상 수신부에서는 원래의 동기에 맞게 흡을 수신할 수 있으므로 SCR 값이 이전  $SCR_{cmp}$  보다 커진다. 만약 위성이 가까워지고 있었다면 송신주기 변경으로 인해 지상 수신부에서는 현재 관측한 SCR 값이  $SCR_{cmp}$  보다 작아진다. 따라서 이러한 경우에는 처음 설정했던 것과 반대로 송신주기 변경을 해야 한다. 송신 동기 변경이 위성의 드리프트 방향을 보정하는 방향으로 설정이 되면 SCR 값은 1로 회복되게 되며 값이 1이 되면 송신주기 조절이 완료되고, 동기가 회복되는 과정에서 송신주기 변경을 위해 사용했던 값을 누적하여 송신주기 타이밍 예측값을 계산하는데 사용한다. 위성 드리프트 한 주기 동안 앞의 과정이 반복되면서 송신주기 예측값도 한 주기에 맞는 값이 계산된다.

타이머가 종료하게 되면 알고리즘의 다음단계가 작되며, 이 단계에서는 앞에서 계산된 송신주기 예측값이 반영되어 송수신이 이루어진다. 송신주기 예측값을 반영하여 송수신이 이루어질 때도  $SCR_{cmp}$  값으로 동기 이탈 여부를 감시하며, 동기 이탈 발생 시 알고리즘의 흐름은 송신주기 예측값을 계산하는 루틴으로 들어가게 된다.

IV. 시뮬레이션 결과

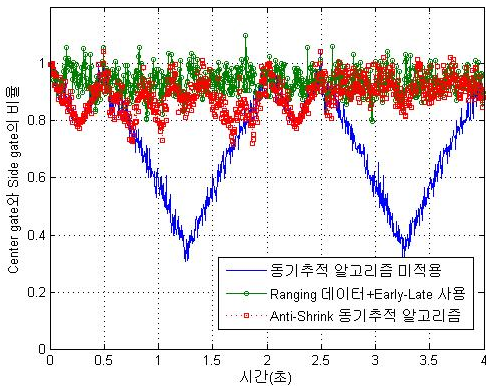
본 장에서는 III에서 소개한 알고리즘을 사용한 시뮬레이션 결과를 보여준다. [표 1]은 시뮬레이션 파라미터들을 보여주며, 동기 채널의 변조방식은 BFSK(Binary Frequency Shift Keying), 비트율은 100bps, 도약 대역은 10KHz ~ 24KHz를 사용하였다.

[그림 8]에서는 위성의 드리프트가 있을 때 동기 보정 알고리즘이 적용되지 않은 경우, Ranging 데이터를 사용한 Early-Late gate 동기추적 알고리즘이 적용된 경우와 제안된 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘이 적용된 경우의 성능을 보여준다. [그림 8(A)]는 Inner gate와 Outer gate의 비율을 보여주는 것으로 알고리즘이 적용되지 않은 경우는 실선으로 된 그래프이며 값이 약 0.37까지 내려가는 것을 확인할 수 있다. Ranging 데이터를 이용한 동기

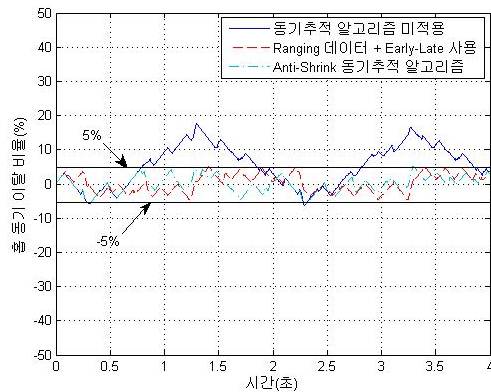
표 1. 시뮬레이션 파라미터

Item	Value
Modulation type	BFSK
Sampling Rate	100KHz
Bit Rate	100BPS
Hopping Rate	2hops/bit
Symbol Frequency	1KHz, 2KHz
Hopping Band	10KHz ~ 24KHz

보정 알고리즘의 경우 동그라미가 있는 실선으로 비율의 변화가 가장 적은 것을 알 수 있다. Anti-Shrink 동기추적 알고리즘의 경우 네모가 있는 실선으로 첫 번째 부분과 두 번째 부분으로 나뉘게 되며 첫 번째 부분에서는 비율의 값이 약 0.75 이하로는 떨어지지 않게 되며, 다음 주기, 즉 2초 이후부터는 송신동기 예측값을 사용하게 되어서 비율 값이 0.8이하로 떨어지지 않으며, Ranging 데이터를

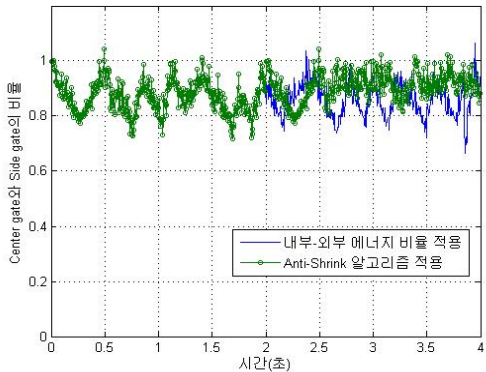


(A) Outer gate와 Inner gate의 비율

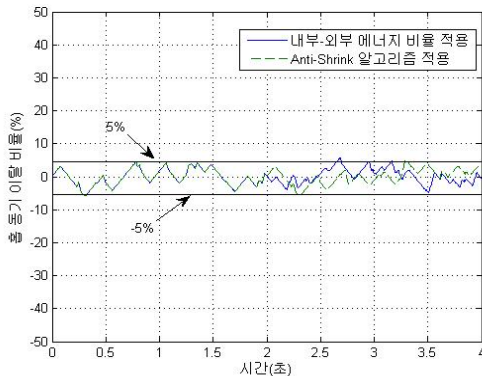


(B) 동기 이탈 비율

그림 8. 동기추적 알고리즘 성능 비교



(A) Outer gate와 Inner gate의 비율



(B) 동기 이탈 비율

그림 9. 내부-외부 에너지 비율 알고리즘과 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘의 성능비교



사용한 것과 거의 동등한 성능을 보인다는 것을 알 수 있다. [그림 8(B)]는 홉 동기 이탈 비율을 보여주는 것으로 알고리즘이 적용되지 않은 경우 홉 동기 이탈비율이 최고 18%까지 되는 것을 볼 수 있다. 2초 이내에서의 구간에서는 Ranging 데이터를 이용한 Early-Late gate 동기추적 알고리즘이 적용된 경우가 이탈 비율 변화가 가장 적은 것을 알 수 있다. 그러나 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘의 경우 2초 이내에서보다 2초 이후의 동기 이탈 비율의 변화가 적어 Ranging 데이터를 사용한 Early-Late 동기추적 알고리즘과 비슷한 변화를 보여주는 것을 알 수 있다.

[그림 9]에서는 제안한 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘과 참고문헌[6]에서 제안한 내부-외부 에너지 비율 알고리즘의 성능을 비교하였다. 내부-외부 에너지비율 알고리즘은 내부와 외부의 에너지 비율이 특정한 값이 될 때 동작하게 되므로 값의 변화가 크다. 그러나 제안한 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘은 에너지 비율이 크더라도 이전의 송신동기 타이밍 조정값을 다음 주기에 미리 예측하여 송신동기 타이밍을 보정하게 되므로 2초 이후에는 송신동기 예측값을 적용한 효과로 인해 내부-외부 에너지 비율 알고리즘보다 성능이 개선됨을 보여준다. [그림 9(A)]에서는 홉 비율의 변화를 보여주는 것으로 위성의 동기획득 위치에 따른 홉 비율의 평균과 편차는 내부-외부 에너지 비율만 적용했을 경우 각각 평균 0.86898, 편차 0.0629, 예측값을 사용했을 경우 평균 0.91394, 편차 0.0465로써, 에너지 비율 감소폭이 작아지는 것을 확인할 수 있다. [그림 9(B)]은 동기 이탈 비율을 나타내는 그래프로써 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘의 평균 이탈 비율은 1.446%, 편차 1.0384%로 내부-외부 에너지비율 알고리즘을 사용한 경우의 평균 동기 이탈 비율 1.9738%, 편차 1.3042% 보다 변화의 폭이 작음을 알 수 있어 송신동기 예측값을 적용하여 동기보정을 하는 것이 더 효과적임을 보여준다.

결론적으로, Inner-Outer gate 에너지를 이용한 Anti-Shrink 동기추적 제안 알고리즘은 기존에 제안된 내부-외부 에너지비율 알고리즘보다도 성능 측면에서 우수하다. 또한, Ranging 거리 데이터를 활용하여 위성의 드리프트 주기를 미리 고려하여 송수신 타이밍을 보정하여 주는 Early-Late gate 동기추적 알고리즘과 비교하여도 성능이 거의 유사함을 보여준다. 따라서, Ranging 거리 정보를 사용하지 않고도 에너지 손실이 적어 위성의 드리프트에 robust하

게 동기유지가 가능하고 Ranging 데이터를 활용하지 않으므로 Ranging 측정장비 및 Ranging 정보를 전송하는 별도의 채널이 불필요하다는 장점이 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 고속 주파수 도약 방식을 사용한 FH-FDMA 위성 통신 시스템에서 동기 획득 후 정지 궤도 위성의 드리프트로 인하여 수신된 홉의 양쪽 에지에서의 에너지 유실 때문에 Early-Late gate 동기 추적 알고리즘으로는 홉 동기를 유지할 수 없는 현상을 해결하기 위한 Anti-Shrink 동기추적 알고리즘을 제안하였다.

Ranging 거리 데이터를 활용하여 거리변동 비율을 송신 타이밍값으로 환산하여 송신동기를 보정하는 기존 알고리즘의 원리를 이용하여 제안된 알고리즘에서는 기존의 Early-Late gate 에너지 비교 구조를 Inner-Outer gate 에너지 비교 구조로 변경하여 실제 위성이 드리프트될 때의 Inner-Outer gate 구조의 에너지 비율로 얻어지는 송신보정 타이밍 값들을 구하고 이를 누적하여 다음주기의 송신 타이밍을 미리 예측하여 반영하는 아이디어가 적용되었다.

제안된 알고리즘은 기존에 제안된 내부-외부 에너지비율 알고리즘보다도 성능 측면에서 우수하며, 기존의 Ranging 정보를 사용한 Early-Late gate 동기추적 알고리즘 성능과 유사하지만 Ranging 정보를 사용하지 않고도 에너지 손실이 적어 위성의 드리프트에 robust하게 동기유지가 가능하다. 따라서, Ranging 데이터를 활용하지 않으므로 별도의 Ranging 측정장비 및 전송채널이 불필요하다는 장점이 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Robert C. Dixon, "Spread Spectrum Systems with Commercial Applications, 3rd edition", John Wiley & Sons, INC., 1994
- [2] Tri T. Ha, "Digital Satellite Communications", McGraw-Hill 1990
- [3] Robert M. Gagliardi, "Satellite Communications, 2nd edition", Van Nostrand Reinhold, 1991
- [4] 김원철, "최초의 민·군 복합위성, 8월 발사", 과학과 기술, pp.62~65, 2006. 8
- [5] 이광억 외 4명, "AIAA 2006-5401 Dehop Rehop

- Transponder Unit”, Comm. satellite systems ; ICSSC, pp. 777-782, 2006
- [6] 진병일 외 1명, “정지궤도위성 드리프트 영향에 대한 내부-외부 에너지 비율을 이용한 타이밍 보정 방안”, 2007년도 추계 마이크로파 및 전파학술대회, pp.737-740, 2007
  - [7] 윤여민 외 4명, “Performace Comparison of Fast FH-FDMA Systems with Diversity Combining Receivers under Multitone Interference”, IEICE TRANS. COMMUN., v.87 No.5, pp.1397-1402, 2004
  - [8] 문성돈 외 3명, “다양한 재밍 환경하에서 DRT 시스템의 데이터율에 따른 BER 성능 분석”, 통신/전자 학술대회, Volume 4, pp. 1B8-1B12, 2000
  - [9] 권오주 외 2명, “재밍환경하에서 위성통신 능동처리기법 성능분석”, 한국통신학회, Vol 25. No.7B, pp.185-193, 2000
  - [10] 김도선 외 2명, “주파수 도약방식 위성통신 시스템의 항재밍 성능분석”, 한국통신학회, '01-1 Vol.26 No.1A, pp.34-41, 2001

**배 석 능 (Suk-neung Bae)** 준회원




2006년 2월 충남대학교 전자전파 정보통신 전공 학사  
 2006년 3월~현재 과학기술연합대학원대학교 대전전자통신 전공 석사과정  
 <관심분야> ECCM, 이동통신, 통계신호처리

**김 수 일 (Su-il Kim)** 정회원




1982년 2월 숭실대학교 전자공학 학사  
 1988년 2월 숭실대학교 전자공학 석사  
 2000년 8월 한국과학기술원 전자전산학과/ 전기 및 전자공학 박사  
 1988년 2월~현재 국방과학연구소 책임연구원  
 <관심분야> 위성통신 및 이동통신의 망 제어기, 주파수 도약 대전자전 기술, 다중 사용자 간섭 제거

**최 영 균 (Young-kyun Choi)** 정회원



1974년 2월 한양대학교 전자공학 석사  
 1987년 2월 Univ. of South Florida 전기공학 석사  
 1989년 2월 Univ. of South Florida 전기공학 박사  
 1975년 3월~현재 국방과학 연구소 책임연구원  
 <관심분야> 위성통신, 이동통신, ECCM

**진 병 일 (Byung-il Jin)** 정회원



2001년 2월 충북대학교 전자공학 학사  
 2003년 2월 충북대학교 전자공학 석사  
 2002년~현재 삼성탈레스 기술 연구소 근무  
 <관심분야> OFDM, Frequency Hopping system, The satellite communication system.