



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월06일

(11) 등록번호 10-2336688

(24) 등록일자 2021년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/185 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H04B 7/18513 (2013.01)

H04B 7/18541 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0098344

(22) 출원일자 2020년08월06일

심사청구일자 2020년08월06일

(56) 선행기술조사문헌

Enrico Del Re et al., "Handover Queuing Strategies with Dynamic and Fixed Channel Allocation Techniques in Low Earth Orbit Mobile Satellite Systems," IEEE TR. ON COMM., VOL. 47, NO. 1, (JANUARY 1999)

E. Papapetrou et al., "Analytic study of Doppler-based handover management in LEO satellite systems", IEEE Tr. on aerospace and electronic sys., Vol.41, No.3, p.830, (2005)

Y. Xu et al., "An Elastic handover scheme for LEO satellite mobile communication systems", IEEE Global Telecommunications Conference Record, Vol.2, pp.1161-1165, (2000)

M. Liao et al., "Analysis of maximum traffic intensity under pre-set quality of service requirements in lowearth orbit mobile satellite system for ..." IET Communications, Vol.9, p.1575, (2015)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

정종문

서울특별시 용산구 이촌로 181, 104동 101호(이촌동, 한강대우아파트)

장대회

서울특별시 영등포구 가마산로 540, 103동 502호 (신길동)

황윤하

서울특별시 동작구 여의대방로16길 1, 103동 1503호 (신대방동, 태성대아파트)

(74) 대리인

민영준

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 신상길

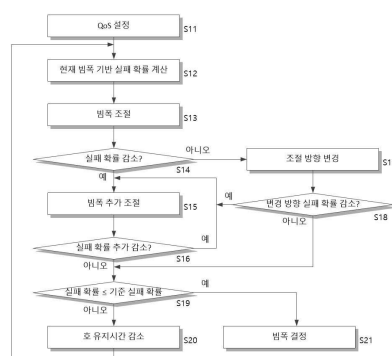
(54) 발명의 명칭 QoS 성능 향상을 위한 저궤도 위성 빔 폭 제어 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 현재 설정된 빔폭을 기지정된 조절 단위로 증가 또는 감소시키는 빔폭 조절부, 현재 빔폭과 증가 또는 감소 조절된 빔폭 각각에 대한 총 핸드오버 실패확률을 기지정된 방식으로 계산하고, 조절된 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 변경 실패확률과 현재 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 실패 확률을 비교하여, 변경 실패

(뒷면에 계속)

대표도 - 도9



확률이 실패확률 미만이면 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하여 빔폭 조절부로 빔폭 조절을 요청하고, 실패확률 이상이면, 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 출력하는 실패확률 계산부 실패확률 계산부에서 출력되는 실패확률이 기지정된 기준 총 핸드오버 실패확률보다 크면, 기설정된 호 유지시간을 기지정된 조절 단위로 감소시키고, 감소된 호 유지시간을 실패확률 계산부로 전송하여 실패확률을 재계산하도록 하는 호 유지시간 조절부 및 호 유지시간 조절부에서 실패확률이 기준 총 핸드오버 실패확률보다 작은 것으로 판별되면 최종 업데이트된 빔폭을 저궤도 위성 통신 시스템의 빔폭으로 결정하는 빔폭 결정부를 포함하여, 핸드오버가 빈번하게 발생하는 저궤도 위성 통신 시스템에서 높은 QoS를 보장할 수 있도록 빔 폭을 자동으로 최적화하는 저궤도 위성 빔폭 제어 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04B 7/18571 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102791
과제번호	2019-0-00685-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원(한국연구재단부설)
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	무선광통신 기반 수직 이동통신 네트워크 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

현재 설정된 빔폭을 기지정된 조절 단위로 증가 또는 감소시키는 빔폭 조절부;

현재 빔폭과 증가 또는 감소 조절된 빔폭 각각에 대한 총 핸드오버 실패확률을 기지정된 방식으로 계산하고, 조절된 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 변경 실패확률과 현재 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 실패 확률을 비교하여, 상기 변경 실패확률이 상기 실패확률 미만이면 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하여 상기 빔폭 조절부로 빔폭 조절을 요청하고, 상기 실패확률 이상이면, 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 출력하는 실패확률 계산부;

상기 실패확률 계산부에서 출력되는 실패확률이 기지정된 기준 총 핸드오버 실패확률보다 크면, 기설정된 호 유지시간을 기지정된 조절 단위로 감소시키고, 감소된 호 유지시간을 상기 실패확률 계산부로 전송하여 실패확률을 재계산하도록 하는 호 유지시간 조절부; 및

상기 호 유지시간 조절부에서 실패확률이 기준 총 핸드오버 실패확률보다 작은 것으로 판별되면 최종 업데이트된 빔폭을 저궤도 위성 통신 시스템의 빔폭으로 결정하는 빔폭 결정부를 포함하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 실패확률 계산부는

조절된 빔폭에 대한 변경 실패확률이 현재 빔폭에 대한 실패확률보다 감소되면, 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하고 상기 빔폭 조절부로 빔폭에 대해 조절 방향으로 추가 조절 요청하며,

상기 실패확률 이상이면, 상기 빔폭 조절부로 빔폭에 대해 조절 방향을 변경 요청하며,

추가 조절 또는 변경 조절되어 인가된 빔폭에 대한 실패확률이 업데이트된 현재 빔폭에 대한 실패확률 이상이면, 이전 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 출력하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 실패확률 계산부는

최종 업데이트된 빔폭이 감소 조절되어 업데이트된 빔폭이면 빔폭이 증가되도록 변경 요청하고, 최종 업데이트된 빔폭이 증가 조절되어 업데이트된 빔폭이면 빔폭이 증가되도록 변경 요청하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 실패확률 계산부는

빔폭(R)에 대한 실패확률(P_{ns})을 수학적

$$P_{ns} = P_{b1} + (1 - P_{b1})P_{drop}$$

(여기서 P_{b1} 은 셀 내에서 신규 호 시도에 대한 차단 확률을 나타내고, P_{drop} 는 유지되던 호가 핸드오버가 실패해서 끊어질 확률이다.)

에 따라 계산하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 저궤도 위성 통신 시스템은

다수의 셀 각각에 미리 채널이 할당되는 고정 채널 할당(Fixed Channel Allocation: FCA) 방식과 각 셀에 핸드오버 호를 처리하기 위해 핸드오버 큐가 할당되는 큐잉 핸드오버(Queueing handover: QH) 기법에 따라 통신 서버

스를 제공하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 저궤도 위성 통신 시스템은

상기 QH 기법에 따라 각 셀에 할당되는 핸드오버 큐는 무한 큐(Infinite queue)이며, 선입 선출(First In First Out: FIFO) 방식으로 서비스를 수행하는 M/M/S(M: Poission arrival process / M: service time exponentially distributed / S: number of channels assigned per cell) 큐잉 모델이 적용되는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 실패확률 계산부는

유지되던 호가 핸드오버가 실패해서 끊어질 확률(P_{drop})을 수학식

$$P_{drop} = \frac{P_{h1} \cdot P_{h2}}{1 - P_{h2} \cdot (1 - P_{b2})}$$

(여기서 P_{h1} , P_{h2} 는 각각 신규 호가 발생된 셀인 소스 셀과 호가 유지된 상태로 이동 가입자가 이동하는 셀인 전 이 셀에서 핸드오버 요청이 이루어질 확률을 나타내고, P_{b2} 는 이동 가입자의 셀 간 이동시 핸드오버 실패확률을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 실패확률 계산부는

신규 호 시도에 대한 차단 확률(P_{b1})을 수학식

$$P_{b1} = \sum_{n=S}^{\infty} \left\{ \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0 \right\}$$

(여기서 S는 각 셀에 할당된 채널 수이고, n은 셀 내 존재하는 이동 가입자 수이며, λ_h 와 λ 는 각각 핸드오버 호 도착률과 신규 호 도착률이다. 그리고 μ 는 평균 호 완료율이고, μ_w 는 기지정된 최대 대기시간(t_{wmax})의 역수($\mu_w = 1/t_{wmax}$)로 계산되는 호 미완료율이다.)

에 따라 계산하고, 이동 가입자의 셀 간 이동시 핸드오버 실패확률(P_{b2})을 수학식

$$P_{b2} = \sum_{n=S}^{\infty} 1 - \prod_{j=0}^{\infty} \left[1 - \frac{\mu_w}{(S\mu + \mu_w)2^j} \right] \cdot \left(\left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0 \right)$$

에 따라 계산하는 저궤도 위성 빔폭 조절 장치.

청구항 9

저궤도 위성 통신 시스템을 위한 빔폭 조절 장치의 빔폭 조절 방법에 있어서,

요구되는 QoS로서 기준 총 핸드오버 실패확률을 설정하는 단계;

현재 설정된 빔폭을 기지정된 조절 단위로 증가 또는 감소시키는 단계;

현재 빔폭과 증가 또는 감소 조절된 빔폭 각각에 대한 총 핸드오버 실패확률을 기지정된 방식으로 계산하는 단계;

조절된 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 변경 실패확률과 현재 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 실패 확률을 비교하여, 상기 변경 실패확률이 상기 실패확률 미만이면 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하여 빔 폭을 추가 조절하여 실패확률을 반복 계산하는 단계;

상기 실패확률 이상이면, 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 상기 기준 총 핸드오버 실패확률과 비교 하고, 비교 결과에 따라 기설정된 호 유지시간을 기지정된 조절 단위로 조절하여 실패확률을 재계산하도록 하여 빔폭을 재조절하는 단계; 및

실패확률이 상기 기준 총 핸드오버 실패확률보다 작으면, 최종 업데이트된 빔폭을 저궤도 위성 통신 시스템의 빔폭으로 결정하는 단계를 포함하는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 실패확률을 반복 계산하는 단계는

조절된 빔폭에 대한 변경 실패확률이 현재 빔폭에 대한 실패확률보다 감소되면, 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하고 상기 빔폭으로 결정하는 단계에서 빔폭에 대해 조절 방향으로 추가 조절하는 단계; 및

상기 실패확률 이상이면, 빔폭에 대해 조절 방향을 변경하여 조절하는 단계를 포함하는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 빔폭을 재조절하는 단계는

추가 조절 또는 변경 조절되어 인가된 빔폭에 대한 실패확률이 업데이트된 현재 빔폭에 대한 실패확률 이상이면, 이전 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 상기 기준 총 핸드오버 실패확률과 비교하는 단계;

실패확률이 상기 기준 총 핸드오버 실패확률보다 크면, 기설정된 호 유지시간을 기지정된 조절 단위로 감소시키는 단계; 및

감소된 호 유지시간을 기반으로 실패확률을 재계산하여 빔폭을 재조절하는 단계를 포함하는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 실패확률(P_{ns})은

수학식

$$P_{ns} = P_{b1} + (1 - P_{b1})P_{drop}$$

(여기서 P_{b1} 은 셀 내에서 신규 호 시도에 대한 차단 확률을 나타내고, P_{drop} 는 유지되던 호가 핸드오버가 실패 해서 끊어질 확률이다.)

에 따라 계산되는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 저궤도 위성 통신 시스템은

다수의 셀 각각에 미리 채널이 할당되는 고정 채널 할당(Fixed Channel Allocation: FCA) 방식과 각 셀에 핸드 오버 호를 처리하기 위해 핸드오버 큐가 할당되는 큐잉 핸드오버(Queuing handover: QH) 기법에 따라 통신 서비스를 제공하는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 저궤도 위성 통신 시스템은

상기 QH 기법에 따라 각 셀에 할당되는 핸드오버 큐는 무한 큐(Infinite queue)이며, 선입 선출(First In

First Out: FIFO) 방식으로 서비스를 수행하는 M/M/S(M: Poission arrival process / M: service time exponentially distributed / S: number of channels assigned per cell) 큐잉 모델이 적용되는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 유지되던 호가 핸드오버가 실패해서 끊어질 확률(P_{drop})은 수학적

$$P_{drop} = \frac{P_{h1} \cdot P_{h2}}{1 - P_{h2} \cdot (1 - P_{b2})}$$

(여기서 P_{h1} , P_{h2} 는 각각 신규 호가 발생된 셀인 소스 셀과 호가 유지된 상태로 이동 가입자가 이동하는 셀인 전이 셀에서 핸드오버 요청이 이루어질 확률을 나타내고, P_{b2} 는 이동 가입자의 셀 간 이동시 핸드오버 실패확률을 나타낸다.)

에 따라 계산되는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 신규 호 시도에 대한 차단 확률(P_{b1})은

수학적

$$P_{b1} = \sum_{n=S}^{\infty} \left\{ \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0 \right\}$$

(여기서 S는 각 셀에 할당된 채널 수이고, n은 셀 내 존재하는 이동 가입자 수이며, λ_h 와 λ 는 각각 핸드오버 호 도착률과 신규 호 도착률이다. 그리고 μ 는 평균 호 완료율이고, μ_w 는 기지정된 최대 대기시간(t_{wmax})의 역수($\mu_w = 1/t_{wmax}$)로 계산되는 호 미완료율이다.)

에 따라 계산되고,

상기 이동 가입자의 셀 간 이동시 핸드오버 실패확률(P_{b2})은

수학적

$$P_{b2} = \sum_{n=S}^{\infty} 1 - \prod_{j=0}^{\infty} \left[1 - \frac{\mu_w}{(S\mu + \mu_w)2^j} \right] \cdot \left(\left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0 \right)$$

에 따라 계산되는 저궤도 위성 빔폭 조절 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 빔 폭 제어 장치 및 기법에 관한 것으로, 저궤도 위성 빔 폭 제어 장치 및 기법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 위성통신 시스템은 위성이 위치하는 궤도의 고도에 따라서 나눌 수 있으며 정지궤도(Geostationary Earth Orbit: GEO), 중간궤도(Medium Earth Orbit: MEO), 저궤도(Low Earth Orbit: LEO) 위성으로 구분할 수 있다.

[0003] 도 1은 고도에 따른 위성 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0004] 정지궤도 위성(GEO)은 고도 약 36,000 km 상공에 위치하여 지구의 자전속도와 같은 속도로 궤도를 회전하여 지상에서 인공위성을 볼 때 항상 정지한 것처럼 보이기 때문에 정지궤도 위성이라고 한다. 중간궤도 위성(MEO)은

고도 약 10,000 km에 위치하는 인공위성이다. 저궤도 위성(LEO)은 주로 500 km 이상, 1,500 km 이하의 궤도에서 회전하는 인공위성으로, 고도 700 km 상공에서 26,000 km의 속도로 회전할 정도로 이동속도가 매우 빠르다.

[0005] 정지궤도 위성(GEO)은 이론적으로 단지 세 개의 위성으로도 지구의 전 영역을 커버할 수 있지만 지상으로부터 인공위성까지의 거리가 약 36,000 km로 거리가 멀기 때문에 전송 지연이 발생하고 고전력의 출력이 필요하여 휴대용 송수신기 보다는 지상 기지국 중심으로 운용되고 있다. 군사적 측면에서 정지궤도 위성(GEO)의 위치는 고정되어 있기 때문에 적 재머에 의한 재밍과 같은 전자전의 위협 노출되어 있는 단점이 있다.

[0006] 중간궤도 위성(MEO)은 정지궤도 위성(GEO)과 저궤도 위성(LEO)의 중간 고도에 위치하므로 정지궤도 위성(GEO) 대비 통신지연은 낮고 저궤도 위성(LEO)에 대비해서는 위성의 상대속도가 느리기 때문에 핸드오버의 횟수가 줄어드는 특징을 보인다.

[0007] 저궤도 위성(LEO)은 위성의 고도가 낮기 때문에 전파 감쇠나 전파지연시간 등이 적으므로 단말기의 소형화가 가능하며 다수의 위성을 사용하여 주파수를 재사용 할 수 있으므로 전체적인 시스템 용량을 증가시킬 수 있는 장점이 있으나, 빔 커버리지가 작고 위성의 상대속도가 높기 때문에 핸드오버(Handover) 현상이 빈번하게 발생한다는 단점이 있다.

[0008] 저궤도 위성(LEO)은 낮은 고도로 인해 무선 신호(Radio Frequency: RF) 뿐만 아니라 무선 광 신호(Free Space Optics: FSO) 또한 이용할 수 있으나, 무선 신호와 무선 광 신호 중 어느 쪽을 이용하는 경우에도, 스폿(spot) 빔 폭에 의해 빔 커버리지가 작으므로, 핸드오버가 빈번하게 발생하게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제2017-0129143호 (2017.11.24 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 변화하는 트래픽 상황에서 높은 QoS를 보장할 수 있도록 빔 폭을 적응적으로 조절할 수 있는 저궤도 위성 빔 폭 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 저궤도 위성 빔 폭 제어 장치는 현재 설정된 빔폭을 기 지정된 조절 단위로 증가 또는 감소시키는 빔폭 조절부; 현재 빔폭과 증가 또는 감소 조절된 빔폭 각각에 대한 총 핸드오버 실패확률을 기지정된 방식으로 계산하고, 조절된 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 변경 실패확률과 현재 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 실패 확률을 비교하여, 상기 변경 실패확률이 상기 실패확률 미만이면 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하여 상기 빔폭 조절부로 빔폭 조절을 요청하고, 상기 실패확률 이상이면, 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 출력하는 실패확률 계산부; 상기 실패확률 계산부에서 출력되는 실패확률이 기지정된 기준 총 핸드오버 실패확률보다 크면, 기설정된 호 유지시간을 기지정된 조절 단위로 감소시키고, 감소된 호 유지시간을 상기 실패확률 계산부로 전송하여 실패확률을 재계산하도록 하는 호 유지시간 조절부; 및 상기 호 유지시간 조절부에서 실패확률이 기준 총 핸드오버 실패확률보다 작은 것으로 판별되면 최종 업데이트된 빔폭을 저궤도 위성 통신 시스템의 빔폭으로 결정하는 빔폭 결정부를 포함한다.

[0012] 상기 실패확률 계산부는 조절된 빔폭에 대한 변경 실패확률이 현재 빔폭에 대한 실패확률보다 감소되면, 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하고 상기 빔폭 조절부로 빔폭에 대해 조절 방향으로 추가 조절 요청하며, 상기 실패확률 이상이면, 상기 빔폭 조절부로 빔폭에 대해 조절 방향을 변경 요청하며, 추가 조절 또는 변경 조절되어 인가된 빔폭에 대한 실패확률이 업데이트된 현재 빔폭에 대한 실패확률 이상이면, 이전 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 출력할 수 있다.

[0013] 상기 실패확률 계산부는 최종 업데이트된 빔폭이 감소 조절되어 업데이트된 빔폭이면 빔폭이 증가되도록 변경 요청하고, 최종 업데이트된 빔폭이 증가 조절되어 업데이트된 빔폭이면 빔폭이 증가되도록 변경 요청할 수

있다.

[0014] 상기 실패확률 계산부는 빔폭(R)에 대한 실패확률(P_{ns})을 수학식

$$P_{ns} = P_{b1} + (1 - P_{b1})P_{drop}$$

[0015] (여기서 P_{b1} 은 셀 내에서 신규 호 시도에 대한 차단 확률을 나타내고, P_{b2} 는 이동 가입자의 셀 간 이동시 핸드 오버 실패확률을 나타내며, P_{drop} 는 유지되던 호가 핸드오버가 실패해서 끊어질 확률이다.)에 따라 계산할 수 있다.

[0017] 상기 저궤도 위성 통신 시스템은 다수의 셀 각각에 미리 채널이 할당되는 고정 채널 할당(Fixed Channel Allocation: FCA) 방식과 각 셀에 핸드오버 호를 처리하기 위해 핸드오버 큐가 할당되는 큐잉 핸드오버(Queuing handover: QH) 기법에 따라 통신 서비스를 제공할 수 있다.

[0018] 상기 저궤도 위성 통신 시스템은 상기 QH 기법에 따라 각 셀에 할당되는 핸드오버 큐는 무한 큐(Infinite queue)이며, 선입 선출(First In First Out: FIFO) 방식으로 서비스를 수행하는 M/M/S(M: Poission arrival process / M: service time exponentially distributed / S: number of channels assigned per cell) 큐잉 모델이 적용될 수 있다.

[0019] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 저궤도 위성 빔 폭 제어 방법은 요구되는 QoS로서 기준 총 핸드오버 실패확률을 설정하는 단계; 현재 설정된 빔폭을 기지정된 조절 단위로 증가 또는 감소시키는 단계; 현재 빔폭과 증가 또는 감소 조절된 빔폭 각각에 대한 총 핸드오버 실패확률을 기지정된 방식으로 계산하는 단계; 조절된 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 변경 실패확률과 현재 빔폭에 대한 총 핸드오버 실패확률인 실패 확률을 비교하여, 상기 변경 실패확률이 상기 실패확률 미만이면 조절된 빔폭을 현재 빔폭으로 업데이트하여 빔폭을 추가 조절하여 실패확률을 반복 계산하는 단계; 상기 실패확률 이상이면, 최종 업데이트된 빔폭에 대응하는 실패확률을 상기 기준 총 핸드오버 실패확률과 비교하고, 비교 결과에 따라 기설정된 호 유지시간을 기지정된 조절 단위로 조절하여 실패확률을 재계산하도록 하여 빔폭을 재조절하는 단계; 및 실패확률이 상기 기준 총 핸드오버 실패확률보다 작으면, 최종 업데이트된 빔폭을 저궤도 위성 통신 시스템의 빔폭으로 결정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0020] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 저궤도 위성 빔 폭 제어 장치 및 방법은 핸드오버가 빈번하게 발생하는 저궤도 위성 통신 시스템에서, 트래픽이 변화하는 상황에서도 높은 QoS를 보장할 수 있는 최적의 빔 폭을 추출하여, 저궤도 위성의 무선 신호 또는 광 신호의 빔 폭을 제어함으로써 핸드오버 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 고도에 따른 위성 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 고정 채널 할당 방식의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 동적 채널 할당 방식의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 큐잉 핸드오버 기법을 적용할 수 있는 중첩 영역을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 이동 가입자의 이동성 파라미터에 따른 소스 셀과 전이 셀의 핸드 오버 확률을 나타낸다.

도 6은 저궤도 위성의 고도가 낮아질수록 평균 핸드오버 횟수 사이의 관계를 나타낸다.

도 7은 FCA-QH 모델의 일 예를 나타낸다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 저궤도 위성 빔폭 제어 장치의 개략적 구성을 나타낸다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 저궤도 위성 빔폭 제어 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0025] 도 2는 고정 채널 할당 방식의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 저궤도 위성통신 시스템에서 사용하는 채널할당 방식은 크게 고정 채널 할당(Fixed Channel Allocation: 이하 FCA) 방식과 동적 채널 할당(Dynamaic Channel Allocaiton: 이하 DCA) 방식으로 나눌 수 있다.

[0027] FCA 방식은 채널 간섭이 발생하지 않도록 채널을 미리 각 셀에 할당해 두고, 채널 할당 요청이 발생하면 현재 셀에 미리 할당된 채널들 가운데 미사용 채널을 할당하는 기법이다.

[0028] 도 2에서는 저궤도 위성(LEO)이 빔 커버리지 영역(Beam Coverage Area: BCA)을 7개의 셀로 구분하여 채널을 할당하는 경우를 예로 들어 도시하였다. 도 2의 예와 같이 빔 커버리지 영역(BCA)을 7개의 셀로 구분하여 채널을 할당하는 경우, k번째 셀에 할당되는 채널들의 집합 F(K)는 수학적 식 1과 같이 나머지 연산자를 이용하여 할당될 수 있다.

수학적 식 1

$$F(K) = \{n | n \bmod 7 = k\}, \quad k = 1, 2, \dots, 6 \quad n = 1, 2, \dots, m$$

[0029]
$$F(7) = \{n | n \bmod 7 = 0\}, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

[0030] 여기서 m은 전체 채널수이다.

[0031] 그리고 구분된 셀 들 중 특정 셀(x)에 새로운 호(call)가 발생했을 때 셀(x)에 사용 가능한 채널이 없다면 그 호는 차단된다. 마찬가지로 인접 셀에서 셀(x)로 핸드오버 호가 넘어왔을 때에 셀(x)에 사용가능한 채널이 없다면 그 호는 중단된다. 즉, 호의 차단과 중단은 그 호가 발생한 셀 내의 사용가능한 채널 유무로 결정된다.

[0032] FCA는 DCA와 비교해서 시스템 구성이 단순하며 인접 셀 간의 정보교환이나 인접 위성 간의 정보교환이 없으며 트래픽이 큰 상황에서 우수한 성능을 보여준다.

[0033] 도 3은 동적 채널 할당 방식의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0034] DCA 방식은 사용자 단말이 위치한 임의의 셀로부터 인접거리 내에서 사용되고 있지 않은 시스템 내의 모든 채널을 사용할 수 있다. 일정 거리 내에서 사용되고 있는 채널을 재사용하게 되면 간섭현상이 발생하여 통화 품질이 떨어지며, 이러한 간섭 현상 때문에 특정 셀에서 사용 가능한 채널들의 집합이 계속 변하게 된다. 여기서 특정 셀(x)에 간섭을 일으키는 주위 18개 셀들의 집합을 간섭벨트(Interference belt)(I(x))라고 한다.

[0035] 특정 셀(x)에 새로운 호가 발생했을 때에 셀(x)과 간섭벨트(I(x))에 사용가능한 채널이 없다면 그 호는 차단된다. 마찬가지로 이러한 경우에 인접 셀에서 핸드오버 호가 넘어오면 그 호는 중단된다. 즉, 호의 차단과 중단은 그 호가 발생한 셀과 그 셀의 간섭벨트 내의 사용가능한 채널의 유무로 결정된다.

[0036] 한편, 저궤도 위성통신시스템을 포함한 모든 이동통신 시스템에서 가입자에게는 새로운 호가 차단되는 것 보다 핸드오버 실패로 인하여 통화중인 호가 중단되는 것이 더 치명적이다. 따라서 핸드오버 우선권 방법을 고려해야 하는데, 기술적 방법으로는 핸드오버 호를 위한 전용 채널을 사용하는 방법, 핸드오버를 처리하기 위해 큐를 사용하는 방법 등이 있다. 이를 큐잉 핸드오버(Queuing handover: 이하 QH) 기법이라 한다.

[0037] 도 4는 큐잉 핸드오버 기법을 적용할 수 있는 중첩 영역을 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 도 4에 도시된 바와 같이, 서로 인접한 셀 영역이 중첩되어 가입자가 인접한 두 셀 모두로부터 서비스 받을 수 있는 지역을 중첩 영역(Overlap area: OA)이라고 한다. QH 기법을 적용하기 위해서는 이러한 중첩 영역(OA)이

반드시 존재해야만 한다.

- [0039] 인접한 두 셀의 중첩 영역(OA)에서 단말은 두 셀의 채널을 동시에 사용할 수 있게 된다. 중첩 영역(OA)의 길이는 가입자의 이동방향 위성의안테나 특성, 전파 상태 등에 따라 결정된다.
- [0040] QH 기법에서 각각의 셀은 핸드오버 호를 처리하기 위해 핸드오버 큐를 갖게 되는데, 핸드오버 큐는 무한 큐(Infinite queue)이며, 선입 선출(First In First Out: FIFO) 방식으로 서비스하게 된다.
- [0041] QH 기법을 적용하면, 단말이 중첩 영역(OA)에 들어가는 순간에 핸드오버 요청을 하게 된다. 그러므로 중첩 영역(OA)의 길이가 길어질수록 핸드오버 실패율이 낮아지게 되므로 시스템 성능에 직접적으로 영향을 미치는 변수가 되며, 일반적으로 평균길이를 $R/5$ 로 계산한다.
- [0042] 인접 셀로부터 현재 셀에 핸드오버를 요청했을 때 현재 셀에 사용 가능한 채널이 없으면 진행중인 통화는 현재 셀의 핸드오버 큐에 들어가서 대기하게 된다. 이때 핸드오버 큐의 최대 대기시간($t_{w\max}$)은 가입자가 중첩 지역을 통과하는 시간이 된다. 통화중인 호가 핸드오버 큐에 진입하여 최대 대기시간($t_{w\max}$)동안 대기하여도 핸드오버가 처리되지 않으면 호 차단현상이 발생하며, 핸드오버 큐에서 제거된다.
- [0043] 저궤도 위성 통신 시스템에서는 FCA 방식과 QH 기법을 결합한 FCA-QH 기법이 주로 이용되고 있다.
- [0044] 상기한 바와 같이, 저궤도 위성 통신 시스템에서는 핸드오버는 매우 빈번하게 발생한다. 이때 이동 가입자(Mobile Subscriber: MS)에 의해 신규 호가 발생된 셀을 소스 셀(Source cell)이라 하고, 호가 유지된 상태로 이동 가입자(MS)가 이동하여 인접한 셀로 이동하게 되면 이동된 인접 셀을 전이 셀(Transit cell)이라고 한다. 이동 가입자(MS)의 이동속도의 위성의 상대속도에 비해 매우 작기 때문에 이동 가입자(MS)가 셀을 이동하는 속도는 위성의 상대속도로 계산될 수 있다. 이에 이동 가입자(MS)의 이동 속도 특성을 나타내는 이동성 파라미터(User mobility parameter)(α)를 수학식 2에 따라 계산할 수 있다.

수학식 2

$$\alpha = \frac{2R}{V_{orb} \cdot T_m}$$

- [0045]
- [0046] 여기서 V_{orb} 는 위성의 상대 속도를 나타내고, T_m 은 평균 호 유지시간을 나타내며, 시간을 R은 셀 반경을 나타낸다.
- [0047] 상기한 바와 같이 QH 기법을 적용하는 경우, 이동 가입자(MS)는 인접한 전이 셀로 진입하면 즉시 핸드오버 요청을 전송하고, 이때, 핸드오버를 위한 최대 대기시간($t_{w\max}$)은 수학식 3으로 계산될 수 있다.

수학식 3

$$t_w \max = \frac{\alpha \cdot T_m}{10}$$

- [0048]
- [0049] 최대 대기시간($t_{w\max}$)은 핸드오버가 가능한 대기시간의 최대값으로 실제로는 통화가 오버랩지역을 지나기 전에 종료될 수도 있다.
- [0050] 도 5는 이동 가입자의 이동성 파라미터에 따른 소스 셀과 전이 셀의 핸드 오버 확률을 나타낸다.
- [0051] 도 5에 도시된 바와 같이, 소스 셀과 전이 셀에서 핸드오버 요청이 이루어질 확률(P_{h1} , P_{h2})은 서로 상이하며, 수학식 4 및 5로 각각 계산될 수 있다.

수학식 4

$$P_{h1} = \frac{1-e^{-\alpha}}{\alpha}$$

수학식 5

$$P_{h2} = e^{-\alpha}$$

수학식 4 및 5로부터 i 번의 핸드오버($i=1,2,\dots$) 기간 동안 호가 유지될 확률(Q_i)은 수학식 6으로 계산되고, i 번의 핸드오버 후에도 호가 연결될 확률(V_i)은 수학식 7로 계산되며, i 번의 핸드오버에서 호가 끊어질 확률(B_i)은 수학식 8로 계산될 수 있다.

수학식 6

$$Q_i = P_{h1} \cdot P_{h2}^{i-1}$$

수학식 7

$$V_i = (1 - P_{b2})^{i-1} \cdot (1 - P_{b1})$$

여기서 P_{b1} 과 P_{b2} 는 각각 신규 호의 시도에 대한 차단 확률과 핸드오버 실패확률을 나타낸다.

수학식 8

$$B_i = (1 - P_{b2})^{i-1} \cdot P_{b2}$$

수학식 6 및 7로부터 이동 가입자(MS)가 신규 호를 시작하여 호를 유지하는 시간 동안 성공해야 하는 평균 핸드오버 횟수(n_h)는 수학식 9로 계산된다.

수학식 9

$$n_h = \sum_{i=1}^{\infty} \{Q_i \cdot V_i\} = \frac{(1-P_{b1}) \cdot P_{h1}}{1-(1-P_{b2}) \cdot P_{h2}}$$

도 6은 저궤도 위성의 고도가 낮아질수록 평균 핸드오버 횟수 사이의 관계를 나타낸다. 도 6은 신규 호 시도에 대한 차단 확률(P_{b1})과 핸드오버 실패확률(P_{b2})이 모두 0인 경우를 가정하여 시뮬레이션한 결과로서, 신규 호 시도에 대한 차단 확률(P_{b1})과 핸드오버 실패확률(P_{b2})이 0인 경우에도, 저궤도 위성(LEO)의 고도가 낮아질수록 평균 핸드오버 횟수(n_h)가 증가됨을 알 수 있다.

한편, QH 기법을 적용한 통신 시스템의 성능은 신규 호 시도가 블록 되거나 유지되던 호가 핸드오버의 실패로

끊어질 확률을 나타내는 총 핸드오버 실패확률(P_{ns})로 표현될 수 있으며, 수학식 10으로 계산될 수 있다.

수학식 10

$$P_{ns} = P_{b1} + (1 - P_{b1})P_{drop}$$

여기서 P_{drop} 는 유지되던 호가 핸드오버가 실패해서 끊어질 확률이다.

즉 수학식 10에 따라 총 핸드오버 실패확률(P_{ns})을 계산하기 위해서는 신규 호 시도에 대한 차단 확률(P_{b1})과 핸드오버 실패확률(P_{b2}) 및 유지되던 호가 핸드오버의 실패로 끊어질 확률(P_{drop})을 획득해야 한다.

우선 유지되던 호가 핸드오버의 실패로 끊어질 확률(P_{drop})은 수학식 11과 같이 계산될 수 있다.

수학식 11

$$P_{drop} = \frac{P_{h1} \cdot P_{h2}}{1 - P_{h2} \cdot (1 - P_{b2})}$$

한편, 신규 호 시도에 대한 차단 확률(P_{b1})과 핸드오버 실패확률(P_{b2})을 계산하기 위해서는 호 도착률(λ , λ_h)에 따른 평균 호 완료율(μ)을 계산해야 한다.

우선 소스 셀($i=1$)과 전이 셀($i=2$) 각각에서의 평균 채널 홀딩 시간(channel holding time)($E[t_{hi}]$)은 수학식 12로 표현될 수 있다.

수학식 12

$$E[t_{hi}] = T_m \cdot (1 - P_{hi})$$

핸드오버 요청이 포아송 분포를 따른다고 가정하면, 신규 호와 핸드오버 호는 서로 독립적인 관계이므로 셀 내 핸드오버 호 도착률(λ_h)과 신규 호 도착률(λ) 사이의 비(λ_h / λ)는 수학식 13으로 계산될 수 있다.

수학식 13

$$\frac{\lambda_h}{\lambda} = \frac{(1 - P_{b1}) \cdot P_{h1}}{1 - (1 - P_{b2}) \cdot P_{h2}}$$

즉 수학식 13의 핸드오버 호 도착률(λ_h)과 신규 호 도착률(λ)은 수학식 9의 평균 핸드오버 횟수(n_h)와 동일하게 계산될 수 있다.

하나의 셀에서 평균 채널 홀딩 시간($E[t_{hi}]$)은 지수 분포를 따르며, 각 셀의 평균 서비스 시간($1/\mu$)은 평균 호 완료율(μ)의 역수로 수학식 14로 계산될 수 있다.

수학식 14

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\lambda + \lambda_h} \cdot E[t_{h1}] + \frac{\lambda_h}{\lambda + \lambda_h} \cdot E[t_{h2}]$$

[0075]

[0076] 도 7은 FCA-QH 모델의 일 예를 나타낸다.

[0077] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 실시예에서는 FCA-QH 모델이 M/M/S(M : Poission arrival process / M : service time exponentially distributed / S : number of channels assigned per cell) 큐잉 모델을 따른다고 가정한다. 그리고 상기한 바와 같이 핸드오버 큐가 무한 큐(Infinite queue)이며, 선입 선출(FIFO) 방식으로 서비스를 수행하는 경우를 가정하였으므로, 각 셀에 할당된 S개의 채널이 모두 이용되고 있는 경우, 핸드오버를 위한 최대 대기시간(t_{wmax})을 초과하게 되어 서비스를 받지 못하게 되는 호 미완료율(μ_w)은 최대 대기시간(t_{wmax})의 역수($\mu_w = 1/t_{wmax}$)로 계산될 수 있다. 그리고 호 미완료율(μ_w)로부터 셀에 n명의 이동 가입자가 존재할 확률(P_n)을 수학식 15와 같이 계산할 수 있다.

수학식 15

$$P_n = \begin{cases} \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^n}{n! \mu^n} \right] \cdot P_0, & 1 \leq n \leq S - 1 \\ \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0, & n \geq S \end{cases}$$

[0078]

[0079] 수학식 15로부터 유휴 상태(idle) 확률(P_0)은 수학식 16으로 계산될 수 있다.

수학식 16

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{S-1} \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^n}{n! \mu^n} \right] + \sum_{n=S}^{\infty} \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \right\}^{-1}$$

[0080]

[0081] 그리고 신규 호를 위한 가용 채널이 없는 경우($n \geq S$)이면, 신규 호 시도를 차단하는 차단 확률(P_{b1})은 수학식 17에 따라 계산될 수 있다.

수학식 17

$$P_{b1} = \sum_{n=S}^{\infty} \left\{ \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0 \right\}$$

[0082]

[0083] 그리고 핸드오버 요청 발생 시, 가용 채널이 존재한다면($n < S$), 즉시 핸드오버가 가능하지만, 가용 채널이 없는 경우($n \geq S$)에는 큐에서 대기한다. 그리고 큐에서의 대기 시간이 최대 대기시간($t_{wmax} = 1/\mu_w$)를 초과하게 되면, 핸드오버가 실패하게 된다. 따라서 n명의 이동 가입자에 상태에서 핸드오버 실패확률($P_{b2|n}$)은 수학식 18

로 계산될 수 있다.

수학식 18

$$P_{b2|n} = 1 - \prod_{j=0}^{\infty} \left[1 - \frac{\mu_w}{(S\mu + \mu_w)2^j} \right]$$

수학식 18로부터 핸드오버 실패확률(P_{b2})은 수학식 19로 계산된다.

수학식 19

$$P_{b2} = \sum_{n=S}^{\infty} 1 - \prod_{j=0}^{\infty} \left[1 - \frac{\mu_w}{(S\mu + \mu_w)2^j} \right] \cdot \left(\left[\frac{(\lambda + \lambda_k)^S \cdot \lambda^{n-S}}{S! \mu^S \cdot \prod_{j=1}^{n-S} (S\mu + j\mu_w)} \right] \cdot P_0 \right)$$

수학식 13으로 표현되는 핸드오버 호 도착률(λ_h)과 신규 호 도착률(λ)의 관계가 신규 호 시도 차단 확률(P_{b1})과 핸드오버 실패확률(P_{b2})과도 연관되므로 신규 호 시도 차단 확률(P_{b1})과 핸드오버 실패확률(P_{b2})은 회귀 접근(recursive approach) 방식으로 획득될 수 있다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 저궤도 위성 빔폭 제어 장치의 개략적 구성을 나타낸다.

도 8을 참조하면, 본 실시예에 따른 저궤도 위성 빔폭 제어 장치는 QoS 설정부(110), 빔폭 조절부(120), 실패확률 계산부(130), 호 유지시간 조절부(140) 및 빔폭 결정부(150)를 포함할 수 있다.

QoS 설정부(110)는 저궤도 위성 통신 시스템에서 요구하는 QoS를 설정한다. 여기서 본 실시예의 FCA-QH 모델과 같이, QH 기법이 적용된 통신 시스템에서는 QoS를 판별하기 위한 성능 평가 지표로 총 핸드오버 실패확률(P_{ns})이 이용된다. 이에 QoS 설정부(110)는 통신 시스템에서 요구하는 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th})을 설정한다. QoS 설정부(110)는 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th})과 함께 초기 호 유지시간(T_m)을 설정할 수 있다.

빔폭 조절부(120)는 이전 설정된 위성의 빔폭(R)을 기지정된 조절 단위(R_{adj})만큼 조절된 빔폭($R \mp R_{adj}$)을 획득하여 실패확률 계산부(130)로 전달한다. 이때 빔폭 조절부(120)는 실패확률 계산부(130)에서 계산되는 총 핸드오버 실패확률(P_{ns})의 변화를 피드백받아 빔폭(R)에서 조절 단위(R_{adj})만큼 감소된 빔폭($R - R_{adj}$) 또는 증가된 빔폭($R + R_{adj}$)을 실패확률 계산부(130)로 반복적으로 전달할 수 있다.

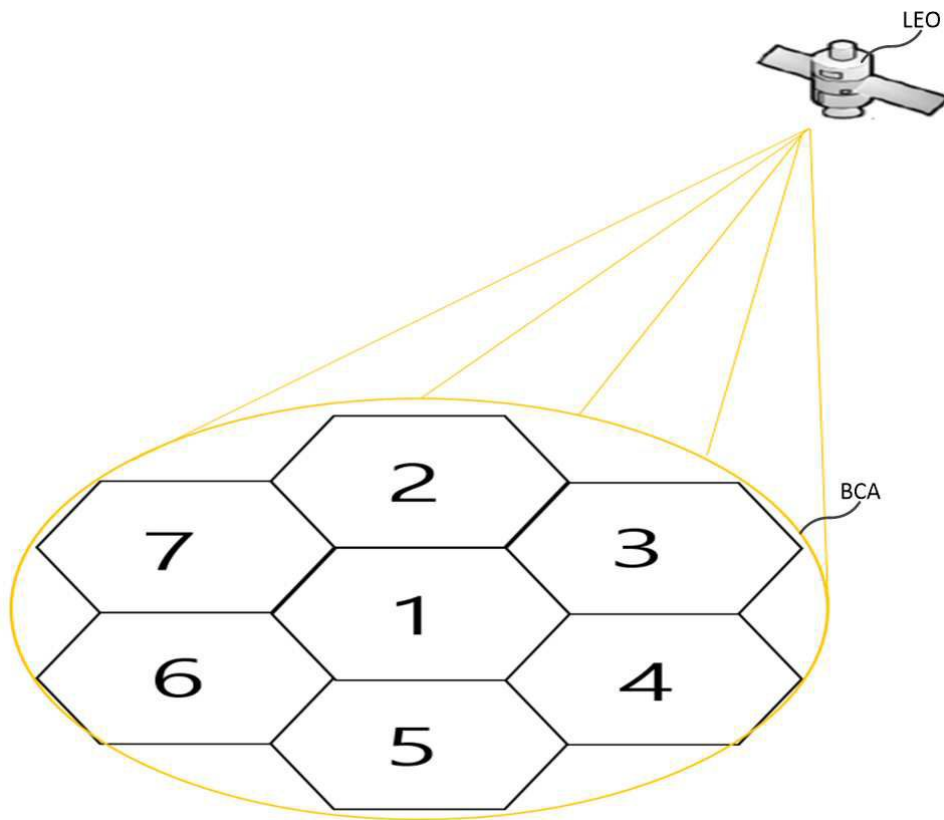
실패확률 계산부(130)는 빔폭 조절부(120)에서 인가되는 조절된 빔폭($R - R_{adj}$ 또는 $R + R_{adj}$)에 따라 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 수학식 10에 따라 계산하고, 계산된 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 이전 빔폭(R)에 대해 계산된 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})과 비교하여, 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 이전 빔폭(R)에서 계산된 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})보다 낮아지면 조절된 빔폭($R - R_{adj}$ 또는 $R + R_{adj}$)을 현재 빔폭으로 업데이트하여 빔폭 조절부(120)로 전달하고, 빔폭 조절부(120)에서 이전 조절된 방향으로 추가 조절되도록 한다.

일 예로 빔폭 조절부(120)가 이전 조절 단위(R_{adj})만큼 감소 조절($R - R_{adj}$)하여 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 감소된 것으로 판별되면, 빔폭 조절부(120)추가적으로 감소 조절하도록 하며, 이전 조절 단위(R_{adj})만큼 증가 조절($R + R_{adj}$)하여 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 감소된 것으로 판별되면, 빔폭 조절부(120)추가적으로 증가 조절하도록 한다.

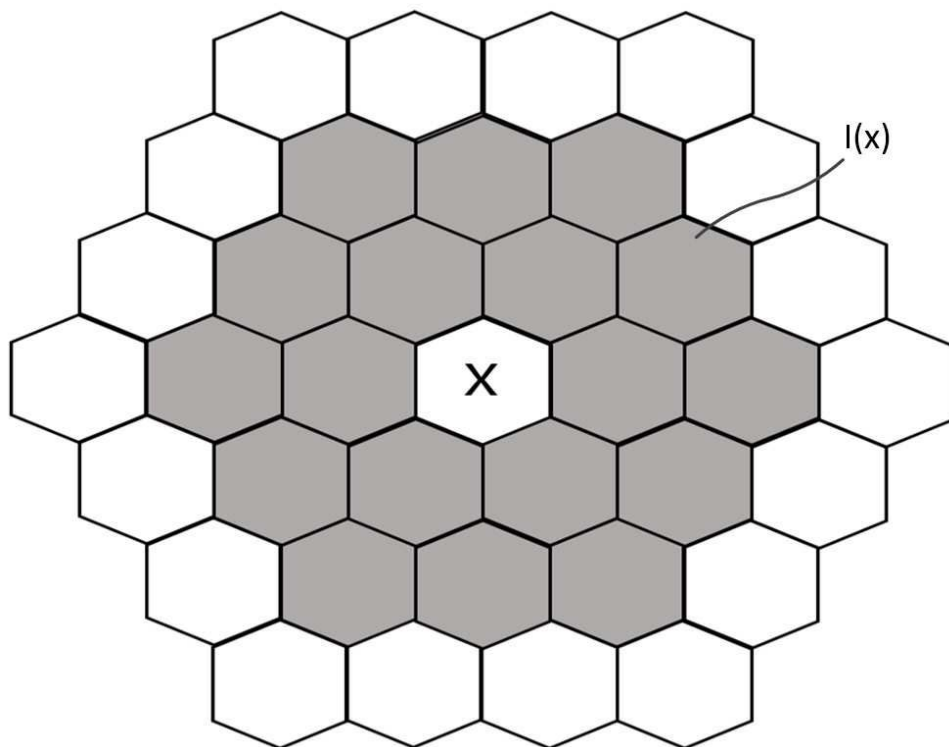
그러나 실패확률 계산부(130)는 조절된 빔폭($R - R_{adj}$ 또는 $R + R_{adj}$)에 따른 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 증가된 것으로 판별되면, 빔폭을 조절된 빔폭($R - R_{adj}$ 또는 $R + R_{adj}$)으로 업데이트하지 않고, 이전 빔폭(R)에서 계산된 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})을 호 유지시간 조절부(140)로 전달한다.

- [0095] 호 유지시간 조절부(140)는 실패확률 계산부(130)에서 전달된 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})과 QoS 설정부(110)에서 설정된 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th})을 비교한다. 호 유지시간 조절부(140)는 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})이 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th})보다 크면, 이전 설정된 호 유지시간(T_m)을 기지정된 조절 단위(T_{adj})만큼 감소 조절($T_m - T_{adj}$)한다. 그리고 감소 조절된 호 유지시간($T_m - T_{adj}$)을 현재 호 유지시간(T_m)으로 업데이트하여 실패확률 계산부(130)로 전송하고 다시 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})을 계산하며, 실패확률 계산부(130)는 빔폭 조절부(120)로 빔폭 조절을 요청한다.
- [0096] 반면, 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})이 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th}) 이하이면, 획득된 빔폭(R)과 호 유지시간(T_m)을 빔폭 결정부(150)로 전달한다.
- [0097] 빔폭 결정부(150)는 전달된 빔폭(R)을 저궤도 위성의 빔폭(R)으로 결정하고, 저궤도 위성이 결정된 빔폭(R)으로 빔을 형성하도록 한다. 여기서 빔폭 결정부(150)는 호 유지시간 조절부(140)와 통합될 수도 있다.
- [0098] 상기에서는 저궤도 위성 빔폭 제어 장치가 저궤도 위성이 무선 신호를 기반으로 통신을 수행하는 경우를 가정하여 설명하였으나, 저궤도 위성은 무선 광 신호를 기반으로 통신을 수행할 수도 있으며, 저궤도 위성이 무선 광 신호를 이용하는 경우에도 동일한 방식으로 저궤도 위성의 빔폭을 조절할 수 있다.
- [0099] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 저궤도 위성 빔폭 제어 방법을 나타낸다.
- [0100] 도 8을 참조하여, 도 9의 저궤도 위성 빔폭 제어 방법을 설명하면, 우선 저궤도 위성 통신 시스템에서 요구하는 QoS로서 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th})을 설정한다(S11). 이때, 초기 호 유지시간(T_m)을 함께 설정할 수도 있다.
- [0101] 요구되는 QoS로서 기준 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_th})이 설정되면, 현재 설정된 위성의 빔폭(R)을 기반으로 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})을 수학적 식 11, 17 및 19를 참조하여 수학적 식 10에 따라 계산한다(S12).
- [0102] 그리고 현재 설정된 위성의 빔폭(R)을 기지정된 조절 단위(R_{adj})만큼 증가 또는 감소시켜 조절한다(S13). 여기서는 우선적으로 빔폭(R)을 조절 단위(R_{adj})로 감소($R - R_{adj}$)시키는 것으로 가정한다.
- [0103] 그리고 조절된 빔폭($R - R_{adj}$)에 따른 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 계산하여 이전 빔폭(R)에 대해 계산된 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})과 비교하여 감소하였는지 여부를 판별한다(S14). 만일 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})보다 감소된 것으로 판별되면, 조절된 빔폭($R - R_{adj}$)과 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 각각 현재 빔폭(R)과 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})로 업데이트하고, 빔폭(R)을 직전 조절 방향으로 추가적으로 조절 단위(R_{adj})만큼 조절한다(S15). 즉 이전 빔폭(R)을 조절 단위(R_{adj})로 감소($R - R_{adj}$)시킨 경우, 추가적으로 빔폭을 조절 단위(R_{adj})만큼 감소시킨다. 그러나 이전 빔폭(R)을 조절 단위(R_{adj})로 증가($R + R_{adj}$)시킨 경우, 추가적으로 빔폭을 조절 단위(R_{adj})만큼 증가시킨다.
- [0104] 그리고 추가 조절된 빔폭에서도 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 계산하여 업데이트된 빔폭(R)에 대해 계산된 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})과 비교하여 감소하였는지 여부를 판별한다(S16). 만일 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})보다 감소된 것으로 판별되면, 조절된 빔폭($R - R_{adj}$)과 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 각각 현재 빔폭(R)과 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})로 업데이트하고, 빔폭(R)을 직전 조절 방향으로 추가적으로 조절 단위(R_{adj})만큼 조절한다(S15).
- [0105] 그러나 초기 조절된 빔폭($R - R_{adj}$)에 따른 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R})보다 감소되지 않은 것으로 판별되면, 즉 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})이 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_R}) 이상이면, 이전 빔폭(R)에 대해 조절 방향을 변경하여 조절한다. 일 예로 이전 빔폭($R - R_{adj}$)을 감소 조절하였다면, 감소되기 이전 빔폭(R)에 대해 기지정된 조절 단위(R_{adj})만큼 증가($R + R_{adj}$)시켜 조절한다(S17).
- [0106] 그리고 변경 조절된 빔폭($R + R_{adj}$)에 따른 변경 총 핸드오버 실패확률(P_{ns_adj})을 계산하여 이전 빔폭(R)에 대해 계

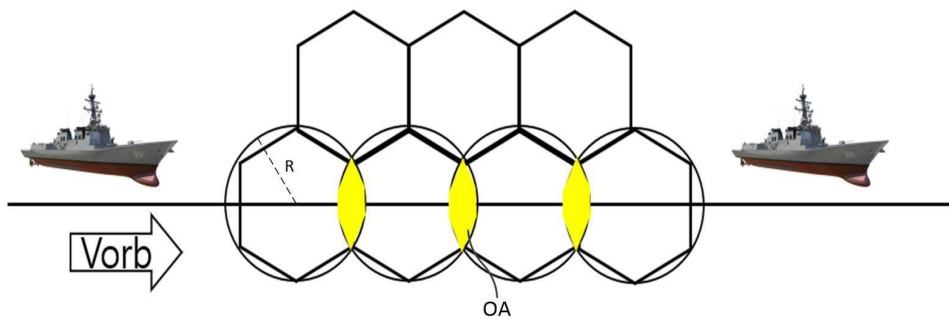
도면2



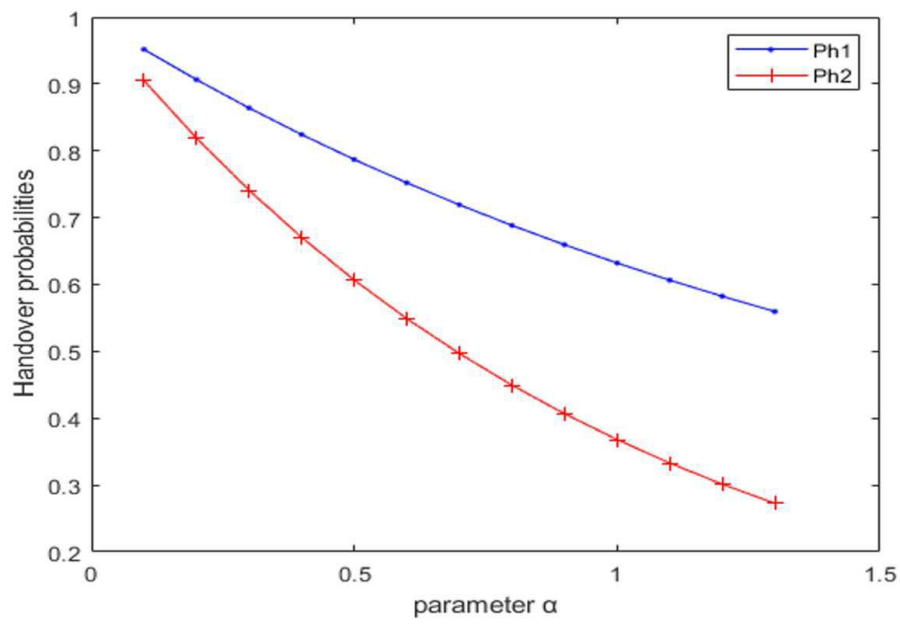
도면3



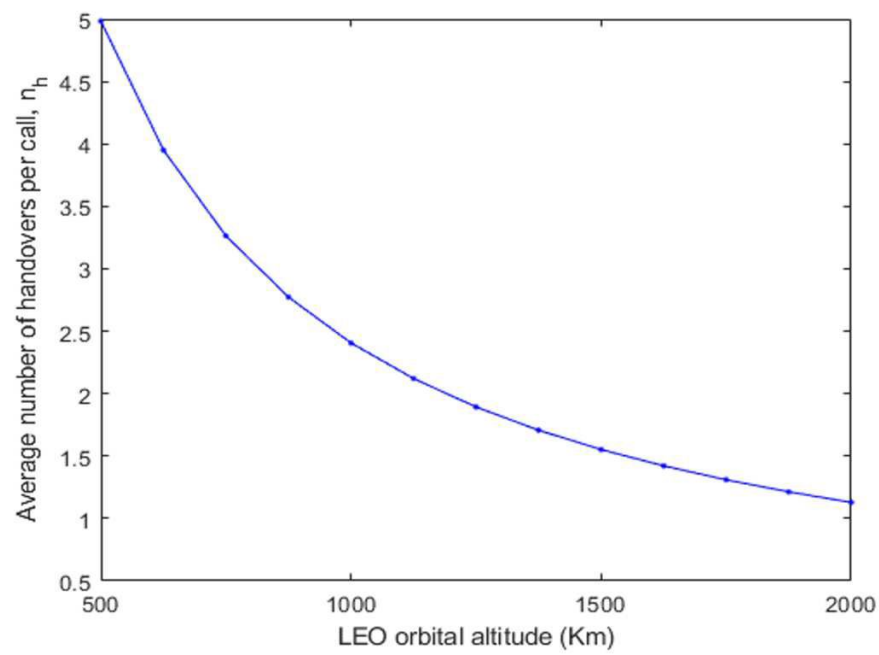
도면4



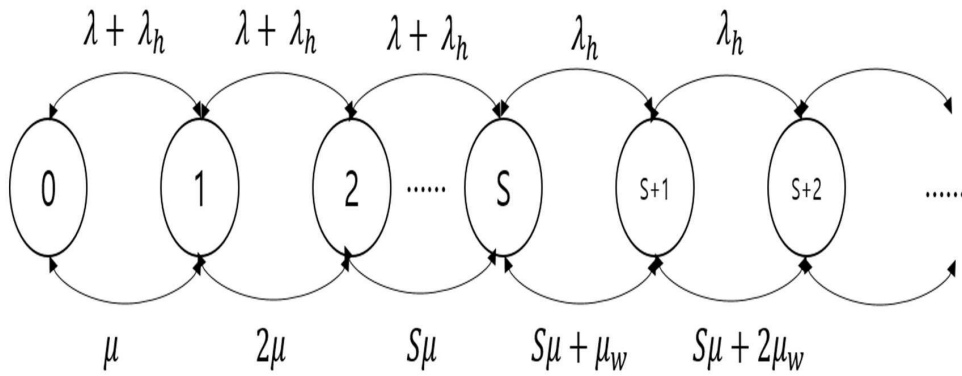
도면5



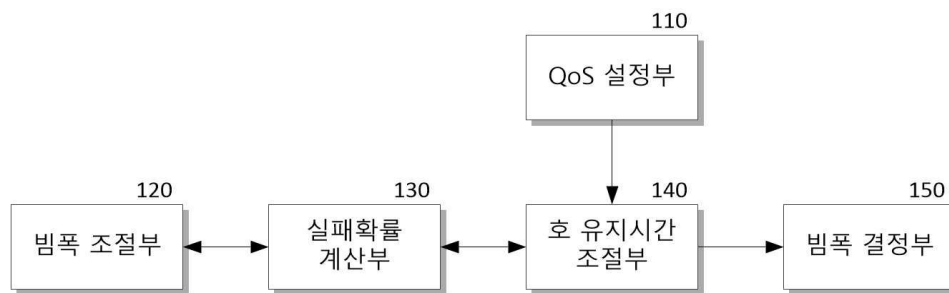
도면6



도면7



도면8



도면9

