



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월13일

(11) 등록번호 10-1560099

(24) 등록일자 2015년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 36/26 (2009.01) H04W 36/04 (2009.01)

H04W 36/30 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2014-0142534

(22) 출원일자 2014년10월21일

심사청구일자 2014년10월21일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020080035753 A

KR1020120033906 A

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

이재욱

인천 서구 원당대로685번길 23, 208동 802호 (마전동, 당하3차풍림아이원아파트)

유상조

서울특별시 강남구 선릉로 221, 101동 2005호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

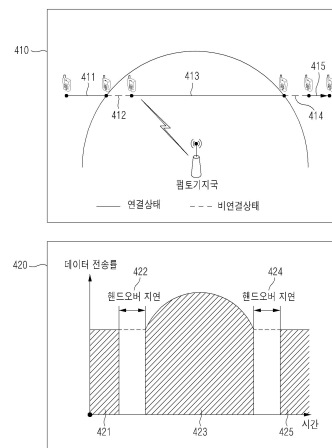
심사관 : 천대녕

(54) 발명의 명칭 **웹토셀 네트워크에서 확률적 경로와 데이터 용량을 고려한 핸드오버 결정 방법**

(57) 요약

본 발명은 매크로셀과 웹토셀 간의 핸드오버 결정 방법에 관한 것으로, 웹토셀에서 단말의 경로를 확률적으로 추정하고, 추정된 경로에서 핸드오버 여부에 따라 얻을 수 있는 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정하는 방법에 관한 것이다. 이때, 단말의 확률적 경로는 웹토셀을 지날 수 있는 모든 경로에 대한 확률적 분석을 통해 추측되는데, 웹토셀을 통과하는 단말의 수가 증가할수록 확률적 추정의 정밀도가 향상되어 단말의 실제경로는 확률적 경로와 비슷할 수 있다. 확률적 경로에서 단말이 시간에 따라 얻을 수 있는 데이터 전송률을 추정하게 되는데, 핸드오버 여부에 따라 얻을 수 있는 데이터 전송률은 다를 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711014156

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 정보통신기술인력양성:NIPA자료에 명시/ OR(2014년 대학IT연구센터육성지원사업:협약서에 명시)

연구과제명 스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술(1차년도)

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2014.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

매크로기지국과 통신중인 단말이 펠토셀로 진입할 때, 펠토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버를 결정하는 방법에 있어서,

매크로기지국 및 펠토기지국으로부터 수신된 신호를 측정하는 단계;

상기 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 상기 펠토기지국으로부터 수신된 신호의 크기를 비교하는 단계;

상기 핸드오버 결정을 위한 파라미터로 펠토셀의 반경을 측정하는 단계;

상기 단말이 펠토셀에 진입할 때, 상기 펠토셀의 반경을 통해 상기 펠토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정하는 단계;

상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펠토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따라 데이터 용량을 추정하는 단계; 및

상기 단말의 확률적 경로에서, 상기 핸드오버 여부에 따라 획득된 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정하는 단계

를 포함하는 펠토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 펠토셀의 반경을 통해 상기 펠토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정하는 단계는,

상기 펠토셀에서 경로의 거리를 확률변수 x 로 정의하고, 상기 x 의 기대값을 거리로 갖는 단말의 확률적 경로를 획득하는 단계; 및

상기 확률변수 x 의 누적분포함수 $F_X(x)$ 를 수학적 식 1을 통해 도출되는 단계

를 포함하고,

r 은 펠토셀의 반경, z 는 단말의 경로와 수직선이 만나는 점을 나타내는

<수학적 식 1>

$$\begin{aligned}\Pr(X < x) &= \frac{1}{2r}(r-z) \times 2 \\ &= \frac{1}{r}\left(r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{x}{2}\right)^2}\right) \\ &= 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4}\left(\frac{x}{r}\right)^2} = F_X(x)\end{aligned}$$

펠토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 펠토셀의 반경을 통해 상기 펠토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정하는 단계는,

상기 확률변수 X 의 확률밀도함수 $f_X(x)$ 를 통해 기대값을 획득함으로써 단말의 확률적 경로를 추정하고, 상기

X 의 확률밀도함수 $f_X(x)$ 는 누적분포함수 $F_X(x)$ 의 도함수로 정의되고, 상기 기대값은 각 사건이 벌어졌을 때의 값과 그 사건이 벌어질 확률의 곱을 전체 사건에 대해 합한 것으로 수학식 2으로 계산되는

<수학식 2>

$$\begin{aligned} E[X] &= \int_0^{2r} x f_X(x) dx = \int_0^{2r} \frac{x^2}{4r \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} dx \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{4r^2 \sin^2 \theta}{4r \sqrt{r^2 - r^2 \sin^2 \theta}} 2r \cos \theta d\theta \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} r(1 - \cos 2\theta) d\theta = r \left[\theta - \left(\frac{1}{2} \right) \sin 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi r}{2} \end{aligned}$$

웹토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단말의 확률적 경로에서 상기 웹토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는,

웹토기지국과 상기 단말 사이의 거리를 나타내는 d 의 최소값 $d_{\min}$ 과 상기 l 을 통해 상기 웹토기지국과 상기 단말 사이의 거리 d 를 수학식 3을 통해 계산되고,

상기 d 는 상기 웹토셀의 반경과 상기 단말의 속도가 주어졌을 때, 시간에 따른 상기 웹토기지국과 상기 단말 사이의 거리인

<수학식 3>

$$\begin{aligned} d^2 &= d_{\min}^2 + l^2 \\ &= \left(r^2 - \left(\frac{\pi r}{4} \right)^2 \right) + \left(\left| \frac{\pi r}{4} - v \Delta t \right| \right)^2 \\ d &= \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

웹토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 단말의 확률적 경로에서 상기 웹토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는,

수신 전력을 송신기와 수신기 사이의 거리에 관한 식을 통하여 시간에 따른 수신 전력의 변화를 수학식 4를 통해 도출되고, G_t 은 전송 안테나 이득, G_r 은 수신 안테나 이득, λ 는 파장, P_t 는 신호의 송신 전력을 의미하는

<수학식 4>

$$\begin{aligned} P_r &= \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2} \left(\frac{1}{d} \right)^\beta P_t = K \left(\frac{1}{d} \right)^\beta P_t \\ &= K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} P_t \end{aligned}$$

웹토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는,

상기 도출된 수신 전력을 통하여 시간에 따라 상기 단말이 획득할 수 있는 데이터 전송률을 수학적 식 5와 같이 나타내고,

W 는 대역폭, N_0 는 잡음전력스펙트럼밀도인

<수학적 식 5>

$$R = W \log_2 \left(1 + \frac{P_r}{N_0 W} \right) \\ = W \log_2 \left(1 + K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} \frac{P_t}{N_0 W} \right)$$

펌토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는,

상기 확률적 경로에서 상기 단말의 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량은 수학적 식 6으로 계산되고,

$R_{HO}(t)$ 는 상기 확률적 경로에서 상기 단말이 핸드오버를 하는 경우 획득하는 데이터 전송률, $R_{Non-HO}(t)$ 는 상기 단말이 핸드오버를 하지 않는 경우에 획득하는 데이터 전송률인

<수학적 식 6>

$$C_{HO} = \int R_{HO}(t) dt \\ C_{Non-HO} = \int R_{Non-HO}(t) dt$$

펌토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 펌토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버 결정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 펌토셀을 통과하는 단말의 경로와 머무는 시간을 추정하고, 추정된 경로에서 핸드오버 여부에 따라 얻을 수 있는 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

펌토셀은 기존 이동통신 서비스보다 훨씬 작은 지역을 커버하는 시스템으로 비교적 적은 비용으로 음영지역을 해소하고 통신용량을 증가시킬 수 있는 기술이다. 매크로셀과 펌토셀 간의 적절한 핸드오버를 통해 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있지만, 매크로셀과 펌토셀 간의 무분별한 핸드오버는 굳이 핸드오버가 필요하지 않는 상황에서 불필요한 핸드오버를 발생시키고, 이는 오히려 오버헤드를 발생시켜 네트워크의 성능을 떨어뜨리게 된다. 특히, 매크로셀에 다수의 펌토셀이 존재하는 경우에는 일시적으로 펌토셀을 지나가는 사용자에게 불필요한

핸드오버가 자주 발생할 수 있다.

- [0003] 또한, 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있는 핸드오버 방법도 중요하지만, 핸드오버를 결정하는데 비교적 많은 정보를 필요로 한다거나 별도의 장비를 필요로 하는 방법은 지양되어야 한다. 이에 따라 성공적인 펌토셀 기술 적용을 위해서는 간단하지만 보다 적절하고 우수한 성능의 핸드오버 결정 방법에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명은 단말이 매크로기지국에서 펌토기지국으로 진입할 때, 핸드오버를 결정하는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0005] 또한, 본 발명은 단말이 펌토셀을 통과하는 동안 기지국으로부터 얻을 수 있는 데이터 용량을 최대화 하는데 또 다른 목적이 있다.
- [0006] 또한, 본 발명은 상기 핸드오버 결정 방법을 통해 비교적 짧은 시간동안 펌토셀을 지나가는 단말의 불필요한 핸드오버를 줄이고 네트워크 전체의 오버헤드를 줄이는데 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 일 실시예에 따른 매크로기지국과 통신중인 단말이 펌토셀로 진입할 때, 펌토셀 네트워크에서 단말의 핸드오버를 결정하는 방법은, 매크로기지국 및 펌토기지국으로부터 수신된 신호를 측정하는 단계; 상기 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 상기 펌토기지국으로부터 수신된 신호의 크기를 비교하는 단계; 상기 핸드오버 결정을 위한 파라미터로 펌토셀의 반경을 측정하는 단계; 상기 단말이 펌토셀에 진입할 때, 상기 펌토셀의 반경을 통해 상기 펌토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정하는 단계; 상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따라 데이터 용량을 추정하는 단계; 및 상기 단말의 확률적 경로에서, 상기 핸드오버 여부에 따라 획득된 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0008] 일측에 따르면, 상기 펌토셀의 반경을 통해 상기 펌토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정하는 단계는, 상기 펌토셀에서 경로의 거리를 확률변수 x 로 정의하고, 상기 x 의 기대값을 거리로 갖는 단말의 확률적 경로를

$$\begin{aligned} \Pr(X < x) &= \frac{1}{2r}(r-z) \times 2 \\ &= \frac{1}{r} \left(r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{x}{2}\right)^2} \right) \\ &= 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r}\right)^2} = F_X(x) \end{aligned}$$

획득하는 단계; 및 상기 확률변수 x 의 누적분포함수 $F_X(x)$ 를 통해 도출되는 단계를 포함하고, r 은 펌토셀의 반경, z 는 단말의 경로와 수직선이 만나는 점을 나타낼 수 있다.

- [0009] 또 다른 일측에 따르면, 상기 펌토셀의 반경을 통해 상기 펌토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정하는 단계는, 상기 확률변수 x 의 확률밀도함수 $f_X(x)$ 를 통해 기대값을 획득함으로써 단말의 확률적 경로를 추정하고, 상기 x 의 확률밀도함수 $f_X(x)$ 는 누적분포함수 $F_X(x)$ 의 도함수로 정의되고, 상기 기대값은 각 사건이 벌어졌을 때의 값과 그 사건이 벌어질 확률의 곱을 전체 사건에 대해 합한 것으로

$$\begin{aligned}
 E[X] &= \int_0^{2r} x f_X(x) dx = \int_0^{2r} \frac{x^2}{4r \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} dx \\
 &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{4r^2 \sin^2 \theta}{4r \sqrt{r^2 - r^2 \sin^2 \theta}} 2r \cos \theta d\theta \\
 &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} r(1 - \cos 2\theta) d\theta = r \left[\theta - \left(\frac{1}{2} \right) \sin 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi r}{2}
 \end{aligned}$$

을 통해 계산될 수 있다.

[0010]

또 다른 일측에 따르면, 상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는, 펌토기지국과 상기 단말 사이의 거리를 나타내는 d 의 최소값 $d_{\min}$ 과 상기 l 을 통해 상기 펌토기지국과 상기 단말 사이의 거리 d 를

$$\begin{aligned}
 d^2 &= d_{\min}^2 + l^2 \\
 &= \left(r^2 - \left(\frac{\pi r}{4} \right)^2 \right) + \left(\left| \frac{\pi r}{4} - v \Delta t \right| \right)^2 \\
 d &= \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned}$$

을 통해 계산되고, 상기 d 는 상기 펌토셀의 반경과 상기 단말의 속도가 주어졌을 때, 시간에 따른 상기 펌토기지국과 상기 단말 사이의 거리일 수 있다.

[0011]

또 다른 일측에 따르면, 상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는, 수신 전력을 송신기와 수신기 사이의

$$\begin{aligned}
 P_r &= \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2} \left(\frac{1}{d} \right)^{\beta} P_t = K \left(\frac{1}{d} \right)^{\beta} P_t \\
 &= K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} P_t
 \end{aligned}$$

거리에 관한 식을 통하여 시간에 따른 수신 전력의 변화를
고, G_t 은 전송 안테나 이득, G_r 은 수신 안테나 이득, λ 는 파장, P_t 는 신호의 송신 전력을 의미할 수 있다.

[0012]

또 다른 일측에 따르면, 상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는, 상기 도출된 수신 전력을 통하여 시

$$\begin{aligned}
 R &= W \log_2 \left(1 + \frac{P_r}{N_0 W} \right) \\
 &= W \log_2 \left(1 + K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} \frac{P_t}{N_0 W} \right)
 \end{aligned}$$

간에 따라 상기 단말이 획득할 수 있는 데이터 전송률을

통해 계산되고, W 는 대역폭, N_0 는 잡음전력스펙트럼밀도를 의미할 수 있다.

[0013]

또 다른 일측에 따르면, 상기 단말의 확률적 경로에서 상기 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 추정하는 단계는, 상기 확률적 경로에서 상기 단말의

$$C_{HO} = \int R_{HO}(t) dt$$

핸드오버 여부에 따른 데이터 용량은 $C_{Non-HO} = \int R_{Non-HO}(t) dt$ 로 계산되고, $R_{HO}(t)$ 는 상기 확률적 경로에서 상기 단말이 핸드오버를 하는 경우 획득하는 데이터 전송률, $R_{Non-HO}(t)$ 는 상기 단말이 핸드오버를 하지 않는 경우에 획득하는 데이터 전송률일 수 있다.

발명의 효과

[0014]

본 발명의 일실시예에 따르면, 단말이 펌토셀에 진입할 때 펌토셀에서 단말의 경로와 데이터 용량을 확률적 수학적 모델을 통해 구함으로써 매크로기지국에서 펌토기지국으로의 핸드오버를 결정할 수 있다.

[0015]

이때, 본 발명에서 핸드오버 결정 방법은 비교적 간단한 계산을 통해 핸드오버를 결정할 수 있다.

- [0016] 또한, 본 발명은 불필요한 핸드오버 시도를 줄여 네트워크 전체의 부하를 줄이는데 도움이 될 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명은 동일한 시간동안 단말이 얻을 수 있는 데이터 전송률 및 데이터 용량을 최대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 일실시예에 따른 핸드오버 결정 시스템의 구조를 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 일실시예에 따른 펙토셀에서 단말의 경로를 추정하기 위한 도면이다.
- 도 3는 펙토셀에서 확률적 경로를 지나가는 단말을 도시한 것으로, 펙토셀을 통과하는 단말이 펙토기지국으로부터 얻을 수 있는 데이터 용량을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 펙토셀에서 단말의 확률적 경로와 핸드오버시에 얻을 수 있는 데이터 전송률을 도시한 도면이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 펙토셀에서 단말의 확률적 경로와 데이터 용량을 고려한 핸드오버를 결정하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0020] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.
- [0021] 제 1, 제 2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0022] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는"이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0023] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.
- [0024] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0025] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 펙토셀 네트워크에서 확률적 경로와 데이터 용량을 고려한 핸드오버 결정 방법을 상세하게 설명하기로 한다.
- [0026] 또한, 하기에는 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명을 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0027] 도 1은 일실시예에 따른 핸드오버 결정 시스템의 구조를 나타낸 블록도이다.
- [0028] 핸드오버 결정 시스템(100)은 단말의 핸드오버를 결정하기 위한 시스템으로서, 기지국 신호 측정부(110), 기지국 신호 비교부(120), 펙토셀 반경 측정부(130), 데이터 용량 추정부(140) 및 핸드오버 결정부(150)를 포함할 수 있다.
- [0029] 기지국 신호 측정부(110)는 매크로기지국 및 펙토기지국으로부터 수신된 신호를 측정할 수 있다.
- [0030] 기지국 신호 비교부(120)는 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 펙토기지국으로부터 수신된 신호의 크기를 비교할 수 있다. 매크로기지국 및 펙토기지국으로부터 수신된 신호를 측정할 수 있다. 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 펙토기지국으로부터 수신된 신호의 크기보다 크다면, 단말기를 매크로기지국과의 연결을 유지하고, 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 펙토기지국으로부터 수신된 신호의 크기보다 작다

면, 핸드오버를 결정하기 위한 과정을 수행할 수 있다.

[0031] 펌토셀 반경 측정부(130)는 핸드오버 결정을 위한 파라미터로 펌토셀의 반경을 측정할 수 있다. 단말의 수신 신호 세기(Received Signal Strength) 기반으로 측정할 수 있다.

[0032] 이때, 펌토셀 반경 측정부(130)는 단말이 펌토셀을 진입할 때, 펌토셀의 반경을 통해 펌토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정할 수 있다. 펌토셀이 확률적으로 추정된 단말의 경로를 확률적 경로라고 하며, 펌토셀에서 단말의 확률적 경로는 단말의 실제 경로는 아니지만, 펌토셀에서 단말의 경로를 확률적으로 분석함으로써 획득된 단말의 예상경로일 수 있다. 이때, 확률적 경로는 펌토셀 경계의 한 점에서 임의의 한 점으로 이동하는 거리를 확률변수 x 로 정의하고 x 의 기대값을 계산하여 구할 수 있다.

[0033] 펌토셀 반경 측정부(130)는 펌토셀에서 단말의 경로를 추정하기 위하여 펌토셀을 통과하는 단말의 경로를 펌토셀 경계의 한 점에서 임의의 펌토셀 경계를 이동하는 경로를 분석할 수 있고, 확률적 모델을 통해 확률적 경로를 추정할 수 있다. 펌토셀에서 경로의 거리를 확률변수 x 로 정의하고, 상기 x 의 기대값을 거리로 갖는 단말의 확률적 경로를 획득할 수 있고, 확률변수 x 의 누적분포함수 $F_X(x)$ 를 수학적 1을 통해 도출될 수 있다. 이때, r 은 펌토셀의 반경, z 는 단말의 경로와 수직선이 만나는 점을 의미할 수 있다.

[0034] 수학적 1

$$\begin{aligned} \Pr(X < x) &= \frac{1}{2r}(r-z) \times 2 \\ &= \frac{1}{r} \left(r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{x}{2}\right)^2} \right) \\ &= 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r}\right)^2} = F_X(x) \end{aligned}$$

[0035]

[0036] 상기 누적분포함수를 나타내는 상기 수학적 1의 도함수를 통하여 확률밀도함수가 정의되고, 상기 확률변수 X 의 확률밀도함수는 수학적 2로 계산될 수 있다. 이때, 확률변수 X 의 확률밀도함수 $f_X(x)$ 는 단말이 거리가 x 인 경로로 펌토셀을 지나가는 사건 $\{X=x\}$ 의 확률을 의미할 수 있다.

[0037] 수학적 2

$$\begin{aligned} \frac{dF_X(x)}{dx} &= \left(-\frac{1}{2}\right) \left\{ 1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r}\right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \left(-\frac{x}{2r^2}\right) \\ &= \frac{x}{4r \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} = f_X(x) \end{aligned}$$

[0038]

[0039] 또한, 상기 확률변수 X 의 확률밀도함수를 통해 기대값을 획득함으로써 단말의 확률적 경로를 추정할 수 있다. 이때, 상기 기대값은 각 사건이 벌어졌을 때의 값과 그 사건이 벌어질 확률의 곱을 전체 사건에 대해 합한 것으로 수학적 3을 통하여 계산될 수 있다.

[0040] 수학적 3

$$\begin{aligned} E[X] &= \int_0^{2r} x f_X(x) dx = \int_0^{2r} \frac{x^2}{4r \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} dx \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{4r^2 \sin^2 \theta}{4r \sqrt{r^2 - r^2 \sin^2 \theta}} 2r \cos \theta d\theta \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} r(1 - \cos 2\theta) d\theta = r \left[\theta - \left(\frac{1}{2}\right) \sin 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi r}{2} \end{aligned}$$

[0041]

[0042] 상기 단말이 v 라는 속도로 이동한다면, 상기 펌토셀에서 상기 단말의 예상체류시간은 수학적 4로 계산될 수 있

다.

수학식 4

$$\tau_{ETS} = \frac{B[X]}{v} = \frac{\pi r}{2v}$$

상기 펜토기지국과 상기 단말 사이의 거리를 나타내는 d 의 최대값 $d_{\max}$ 과 최소값 $d_{\min}$ 을 수학식 5와 같이 도출될 수 있다.

수학식 5

$$d_{\max} = r$$

$$d_{\min} = \sqrt{r^2 - \left(\frac{B[X]}{2}\right)^2} = r \sqrt{1 - \left(\frac{\pi}{4}\right)^2}$$

데이터 용량 추정부(140)는 단말의 확률적 경로에서 펜토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고, 핸드오버 여부에 따라 데이터 용량을 추정할 수 있다. 이때, 데이터 용량은 어떤 시간동안 전달되는 총 데이터의 양을 의미할 수 있고, 어떤 시간에 대한 데이터 전송률의 합으로 구할 수 있다. 데이터 전송률은 단위시간당 전달되는 데이터 양을 의미할 수 있고, 이는 수신 전력에 관한 식을 의미한다. 수신 전력은 단말과 기지국 사이의 거리를 매개변수로 갖지만, 확률적 경로에서 단말과 기지국 사이의 거리는 시간에 관한 함수로 나타낼 수 있기 때문에 단말이 기지국으로부터 획득할 수 있는 데이터 전송률은 시간에 관한 함수로 나타낼 수 있다. 이에 따라 확률적 경로를 지나는 단말의 데이터 용량은 일정 시간 동안의 데이터 전송률의 합으로 도출될 수 있다.

상기 단말과 점 M 사이의 거리 l 을 수학식 6을 통해 도출되고, 상기 M 은 확률적 경로의 중점, Δt 는 상기 단말이 상기 펜토셀에 머문 시간, $v\Delta t$ (313)는 상기 단말이 상기 펜토셀에서 이동한 거리를 의미할 수 있다.

수학식 6

$$l = \left| \frac{B[X]}{2} - v\Delta t \right| = \left| \frac{\pi r}{4} - v\Delta t \right|$$

상기 $d_{\min}$ 과 상기 l 을 통해 상기 펜토기지국과 상기 단말 사이의 거리 d 를 수학식 7을 통해 계산되고, 상기 d 는 상기 펜토셀의 반경과 상기 단말의 속도가 주어졌을 때, 시간에 따른 상기 펜토기지국과 상기 단말 사이의 거리를 의미할 수 있다.

수학식 7

$$d^2 = d_{\min}^2 + l^2$$

$$= \left(r^2 - \left(\frac{\pi r}{4} \right)^2 \right) + \left(\left| \frac{\pi r}{4} - v\Delta t \right| \right)^2$$

$$d = \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v\Delta t + r^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

수신 전력을 송신기와 수신기 사이의 거리에 관한 식을 통하여 시간에 따른 수신 전력의 변화를 수학식 8을 통해 도출될 수 있다. 이때, G_t 은 전송 안테나 이득, G_r 은 수신 안테나 이득, λ 는 파장, P_t 는 신호의 송신 전력을 의미할 수 있다.

수학식 8

$$P_r = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2} \left(\frac{1}{d} \right)^2 P_t = K \left(\frac{1}{d} \right)^2 P_t$$

$$= K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v\Delta t + r^2 \right)^{-\frac{2}{2}} P_t$$

상기 수학식 8에서 도출된 수신 전력을 통하여 시간에 따라 상기 단말이 획득할 수 있는 데이터 전송률을 수학

식 9와 같이 나타낼 수 있다. 이때, W 는 대역폭, N_0 는 잡음전력스펙트럼밀도를 의미할 수 있다.

수학식 9

$$R = W \log_2 \left(1 + \frac{P_r}{N_0 W} \right) \\ = W \log_2 \left(1 + K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} \frac{P_t}{N_0 W} \right)$$

상기 확률적 경로에서 상기 단말의 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량은 수학식 10으로 계산될 수 있고, $R_{HO}(t)$ 는 상기 확률적 경로에서 상기 단말이 핸드오버를 하는 경우 획득하는 데이터 전송률, $R_{Non_HO}(t)$ 는 상기 단말이 핸드오버를 하지 않는 경우에 획득하는 데이터 전송률을 의미할 수 있다.

수학식 10

$$C_{HO} = \int R_{HO}(t) dt \\ C_{Non_HO} = \int R_{Non_HO}(t) dt$$

핸드오버 결정부(150)는 단말의 확률적 경로에서, 핸드오버 여부에 따라 획득된 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정할 수 있다. 상기 수학식으로부터 획득된 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정할 수 있다.

도 2는 일실시예에 따른 펜토셀에서 단말의 경로를 추정하기 위한 도면이다.

도 2에서 펜토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로는 다음과 같은 과정을 통해 찾을 수 있다. 단말이 직선운동을 한다고 가정할 때, 펜토셀에서 단말의 경로는 펜토셀 경계의 한 점에서 펜토셀 경계의 임의의 한 점으로 이동하는 경로와 같다(210). 상기 경로들의 거리를 고려하면, 상기 경로는 동등한 경로로써 펜토셀에 수평하게 입사하는 경로들로 나타낼 수 있다(220).

펜토셀에서 각 경로의 거리를 확률변수 x (221)로 정의하고, x (221)의 기대값을 거리로 갖는 단말의 확률적 경로를 구할 수 있다. 이때, 수직선의 원점(231)은 펜토셀의 중심, r (232)은 펜토셀의 반경, r (233)은 단말의 경로와 수직선이 만나는 점을 의미한다. 확률변수 x 의 누적분포함수($F_X(x)$)는 수학식 1과 같이 구할 수 있다.

수학식 1

$$\Pr(X < x) = \frac{1}{2r} (r - z) \times 2 \\ = \frac{1}{r} \left(r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{x}{2} \right)^2} \right) \\ = 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r} \right)^2} = F_X(x)$$

$$\Pr(X < x) = \frac{1}{2r} (r - z) \times 2 \\ = \frac{1}{r} \left(r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{x}{2} \right)^2} \right) \\ = 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r} \right)^2} = F_X(x)$$

확률밀도함수는 누적분포함수의 도함수로 정의되므로 확률변수 x 의 확률밀도함수는 수학식 2와 같이 구할 수 있다.

[0072] 수학식 2

$$\begin{aligned}\frac{dF_X(x)}{dx} &= \left(-\frac{1}{2}\right) \left\{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r}\right)^2\right\}^{-\frac{1}{2}} \left(-\frac{x}{2r^2}\right) \\ &= \frac{x}{4r\sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} = f_X(x)\end{aligned}$$

[0073]

[0074] 이때, 확률변수 X 의 확률밀도함수($f_X(x)$)는 단말이 거리가 x 인 경로로 펌토셀을 지나가는 사건 ($X=x$)의 확률을 의미한다.

[0075] 다음으로 확률변수 X 의 확률밀도함수를 통해 기대값을 구함으로써 단말의 확률적 경로를 구할 수 있다. 기대값은 각 사건이 벌어졌을 때의 값과 그 사건이 벌어질 확률의 곱을 전체 사건에 대해 합한 것으로 수학식 3와 같이 계산할 수 있다.

[0076] 수학식 3

$$\begin{aligned}E[X] &= \int_0^{2r} x f_X(x) dx = \int_0^{2r} \frac{x^2}{4r\sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} dx \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{4r^2 \sin^2 \theta}{4r\sqrt{r^2 - r^2 \sin^2 \theta}} 2r \cos \theta d\theta \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} r(1 - \cos 2\theta) d\theta = r \left[\theta - \left(\frac{1}{2}\right) \sin 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi r}{2}\end{aligned}$$

[0077]

[0078] 이때, 단말이 v 라는 속도로 이동한다면, 펌토셀에서 단말의 예상체류시간은 수학식 4와 같다.

[0079] 수학식 4

$$\tau_{ETS} = \frac{E[X]}{v} = \frac{\pi r}{2v}$$

[0080]

[0081] 도 3는 펌토셀에서 확률적 경로를 지나가는 단말을 도시한 것으로, 펌토셀을 통과하는 단말이 펌토기지국으로부터 얻을 수 있는 데이터 용량을 설명하기 위한 도면이다.

[0082] 점 $O(310)$ 는 펌토기지국, 점 $M(311)$ 은 확률적 경로의 중점, $d(312)$ 는 펌토기지국과 단말 사이의 거리를 의미한다. 또한, Δt 는 단말이 펌토셀에 머문 시간으로 $v\Delta t(313)$ 는 단말이 펌토셀에서 이동한 거리가 되고, $l(314)$ 은 단말과 점 $M(311)$ 사이의 거리를 의미한다. 펌토기지국과 단말 사이의 거리 d 의 최대값과 최소값을 각각 $d_{\max}(315)$ 와 $d_{\min}(316)$ 이라고 하고, $d_{\max}(315)$ 와 $d_{\min}(316)$ 을 수학식 5와 같이 구할 수 있다.

[0083] 수학식 5

$$\begin{aligned}d_{\max} &= r \\ d_{\min} &= \sqrt{r^2 - \left(\frac{E[X]}{2}\right)^2} = r \sqrt{1 - \left(\frac{\pi}{4}\right)^2}\end{aligned}$$

[0084]

[0085] 단말이 펌토셀에 존재할 때, 단말과 점 $M(311)$ 사이의 거리 $l(314)$ 은 수학식 6과 같이 구할 수 있다.

[0086] 수학식 6

$$l = \left| \frac{E[X]}{2} - v\Delta t \right| = \left| \frac{\pi r}{4} - v\Delta t \right|$$

[0087]

[0088] 앞에서 구한 $d_{\min}(316)$ 과 $l(314)$ 을 통해 펌토기지국과 단말 사이의 거리 d 를 수학식 7와 같이 나타낼 수 있다.

[0089] 수학식 7

$$\begin{aligned} d^2 &= d_{\min}^2 + l^2 \\ &= \left(r^2 - \left(\frac{\pi r}{4} \right)^2 \right) + \left(\left| \frac{\pi r}{4} - v \Delta t \right| \right)^2 \\ d &= \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

[0090]

[0091] 수학식 7에서 d 는 확률적 경로에서 펠토기지국과 단말 사이의 거리를 나타낸 것으로 펠토셀의 반경과 단말의 속도가 주어졌을 때, 시간에 따른 펠토기지국과 단말 사이의 거리를 알 수 있다.

[0092] 프리스 경로 손실 모델에서 수신 전력은 송신기와 수신기 사이의 거리에 관한 식이지만, 수학식 8을 이용하여 시간에 따른 수신 전력의 변화를 알 수 있다. 이때, G_t 와 G_r 은 각각 전송 안테나 이득과 수신 안테나 이득, λ 는 파장, P_t 는 신호의 송신 전력을 의미한다.

[0093] 수학식 8

$$\begin{aligned} P_r &= \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2} \left(\frac{1}{d} \right)^\beta P_t = K \left(\frac{1}{d} \right)^\beta P_t \\ &= K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} P_t \end{aligned}$$

[0094]

[0095] AWGN 채널에서 데이터 전송률은 샤논-하틀리 정리를 이용하여 구할 수 있고, 수학식 8에서 얻은 수신 전력을 적용하면, 수학식 9와 같이 시간에 따라 단말이 얻을 수 있는 데이터 전송률을 구할 수 있다. 이때, W 는 대역폭, N_0 는 잡음전력스펙트럼밀도를 의미한다.

[0096] 수학식 9

$$\begin{aligned} R &= W \log_2 \left(1 + \frac{P_r}{N_0 W} \right) \\ &= W \log_2 \left(1 + K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} \frac{P_t}{N_0 W} \right) \end{aligned}$$

[0097]

[0098] 도 4는 펠토셀에서 단말의 확률적 경로와 핸드오버시에 얻을 수 있는 데이터 전송률을 도시한 도면이다.

[0099] 단말은 펠토셀 밖에서는 매크로기지국과 통신을 하고(411, 415), 펠토셀 안에서는 펠토셀과 통신을 할 수 있다(413). 이때, 단말이 핸드오버를 하는 경우에서 펠토셀에 진입할 때와 벗어날 때 일정한 시간동안 기지국과의 연결이 끊어지는데(412, 414), 이는 펠토셀의 제한된 주파수 자원을 고려하여 하드 핸드오버 방식을 사용하기 때문이다. 이때, 하드 핸드오버란, 기존의 연결을 먼저 끊고 새로운 기지국과 연결하는 방법으로 새로운 기지국과 연결하고, 기존의 연결을 끊는 소프트 핸드오버와 대조를 이루는 방식이다. 이에 따라 펠토셀에서 발생하는 핸드오버는 기존의 연결을 끊고, 새로운 연결을 맺는 과정과 함께 핸드오버 지연(422, 424)을 동반한다.

[0100] 핸드오버를 하는 경우와 하지 않는 경우에서 동일 시간동안 얻을 수 있는 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정할 수 있다. 이때, 데이터 용량은 데이터 전송률을 시간에 대해 적분함으로써 구할 수 있고, 핸드오버를 하는 경우에는 핸드오버 지연을 고려하여 데이터 용량을 구할 수 있다.

[0101] 상세하게는, $R_{HO}(t)$ (420)는 확률적 경로에서 단말이 핸드오버를 하는 경우 얻을 수 있는 데이터 전송률로 핸드오버 지연(422, 424)으로 인해 데이터 전송이 중단되는 것을 포함하고, $R_{Non-HO}(t)$ 는 핸드오버를 하지 않는 경우에 얻을 수 있는 데이터 전송률을 나타낸다. 이때, 각각의 전송률을 시간에 대해 적분함으로써 각각의 경우에 얻을 수 있는 데이터 용량을 구할 수 있다. 확률적 경로에서 단말의 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량은 수학식 10와 같이 계산될 수 있다.

[0102] 수학식 10

$$C_{HO} = \int R_{HO}(t) dt$$

$$C_{Non-HO} = \int R_{Non-HO}(t) dt$$

[0103]

[0104] 상기 수학식에서 얻은 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정할 수 있다.

[0105] 도 5는 일 실시예에 따른 펌토셀에서 단말의 확률적 경로와 데이터 용량을 고려한 핸드오버를 결정하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0106] 단계(510)에서 핸드오버 결정 시스템은 매크로기지국 및 펌토기지국으로부터 수신된 신호를 측정할 수 있다.

[0107] 단계(520)에서 핸드오버 결정 시스템은 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 펌토기지국으로부터 수신된 신호의 크기를 비교할 수 있다. 매크로기지국 및 펌토기지국으로부터 수신된 신호를 측정할 수 있다. 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 펌토기지국으로부터 수신된 신호의 크기보다 크다면, 단말기를 매크로기지국과의 연결을 유지하고, 매크로기지국으로부터 수신된 신호의 크기와 펌토기지국으로부터 수신된 신호의 크기보다 작다면, 핸드오버를 결정하기 위한 과정을 수행할 수 있다.

[0108] 단계(530)에서 핸드오버 결정 시스템은 핸드오버 결정을 위한 파라미터로 펌토셀의 반경을 측정할 수 있다. 핸드오버 결정을 위해 필요한 파라미터인 펌토셀의 반경을 측정하는 단계로써 수신 신호 세기(Received Signal Strength) 기반으로 측정할 수 있다.

[0109] 단계(540)에서 핸드오버 결정 시스템은 단말이 펌토셀을 진입할 때, 펌토셀의 반경을 통해 펌토셀을 통과하는 단말의 확률적 경로를 추정할 수 있다. 핸드오버 결정 시스템은 펌토셀에서 단말의 경로를 추정하기 위하여 펌토셀을 통과하는 단말의 경로를 펌토셀 경계의 한 점에서 임의의 펌토셀 경계를 이동하는 경로를 분석할 수 있고, 확률적 모델을 통해 확률적 경로를 추정할 수 있다. 펌토셀에서 경로의 거리를 확률변수 X 로 정의하고, 상기 X 의 기대값을 거리로 갖는 단말의 확률적 경로를 획득할 수 있고, 확률변수 X 의 누적분포함수 $F_X(x)$ 를 수학식 1을 통해 도출될 수 있다. 이때, r 은 펌토셀의 반경, x 는 단말의 경로와 수직선이 만나는 점을 의미할 수 있다.

[0110] 수학식 1

$$\Pr(X < x) = \frac{1}{2r}(r - z) \times 2$$

$$= \frac{1}{r} \left(r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{x}{2}\right)^2} \right)$$

$$= 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r}\right)^2} = F_X(x)$$

[0111]

[0112] 상기 누적분포함수를 나타내는 상기 수학식 1의 도함수를 통하여 확률밀도함수가 정의되고, 상기 확률변수 X 의 확률밀도함수는 수학식 2로 계산될 수 있다. 이때, 확률변수 X 의 확률밀도함수 $f_X(x)$ 는 단말이 거리가 x 인 경로로 펌토셀을 지나가는 사건 $\{X=x\}$ 의 확률을 의미할 수 있다.

[0113] 수학식 2

$$\frac{dF_X(x)}{dx} = \left(-\frac{1}{2}\right) \left\{ 1 - \frac{1}{4} \left(\frac{x}{r}\right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \left(-\frac{x}{2r^2}\right)$$

$$= \frac{x}{4r \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} = f_X(x)$$

[0114]

[0115] 또한, 상기 확률변수 X 의 확률밀도함수를 통해 기대값을 획득함으로써 단말의 확률적 경로를 추정할 수 있다. 이때, 상기 기대값은 각 사건이 벌어졌을 때의 값과 그 사건이 벌어질 확률의 곱을 전체 사건에 대해 합한 것으로 수학식 3을 통하여 계산될 수 있다.

[0116] 수학식 3

$$\begin{aligned} B[X] &= \int_0^{2r} x f_X(x) dx = \int_0^{2r} \frac{x^2}{4r \sqrt{r^2 - \frac{1}{4}x^2}} dx \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{4r^2 \sin^2 \theta}{4r \sqrt{r^2 - r^2 \sin^2 \theta}} 2r \cos \theta d\theta \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} r(1 - \cos 2\theta) d\theta = r \left[\theta - \left(\frac{1}{2} \right) \sin 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi r}{2} \end{aligned}$$

[0117]

[0118] 상기 단말이 v 라는 속도로 이동한다면, 상기 펌토셀에서 상기 단말의 예상체류시간은 수학식 4로 계산될 수 있다.

[0119] 수학식 4

$$r_{ETS} = \frac{B[X]}{v} = \frac{\pi r}{2v}$$

[0120]

[0121] 상기 펌토기지국과 상기 단말 사이의 거리를 나타내는 d 의 최대값 $d_{\max}$ 과 최소값 $d_{\min}$ 을 수학식 5와 같이 도출될 수 있다.

[0122] 수학식 5

$$\begin{aligned} d_{\max} &= r \\ d_{\min} &= \sqrt{r^2 - \left(\frac{B[X]}{2} \right)^2} = r \sqrt{1 - \left(\frac{\pi}{4} \right)^2} \end{aligned}$$

[0123]

[0124] 단계(550)에서 핸드오버 결정 시스템은 단말의 확률적 경로에서 펌토기지국으로부터 시간에 따라 생성되는 데이터 전송률을 획득하고, 핸드오버 여부에 따라 데이터 용량을 추정할 수 있다.

[0125] 상기 단말과 점 M 사이의 거리 l 를 수학식 6을 통해 도출되고, 상기 M 은 확률적 경로의 중점, Δt 는 상기 단말이 상기 펌토셀에 머문 시간, $v\Delta t$ (313)는 상기 단말이 상기 펌토셀에서 이동한 거리를 의미할 수 있다.

[0126] 수학식 6

$$l = \left| \frac{B[X]}{2} - v\Delta t \right| = \left| \frac{\pi r}{4} - v\Delta t \right|$$

[0127]

[0128] 상기 $d_{\min}$ 과 상기 l 을 통해 상기 펌토기지국과 상기 단말 사이의 거리 d 를 수학식 7을 통해 계산되고, 상기 d 는 상기 펌토셀의 반경과 상기 단말의 속도가 주어졌을 때, 시간에 따른 상기 펌토기지국과 상기 단말 사이의 거리를 의미할 수 있다.

[0129] 수학식 7

$$\begin{aligned} d^2 &= d_{\min}^2 + l^2 \\ &= \left(r^2 - \left(\frac{\pi r}{4} \right)^2 \right) + \left(\left| \frac{\pi r}{4} - v\Delta t \right| \right)^2 \\ d &= \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v\Delta t + r^2 \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

[0130]

[0131] 수신 전력을 송신기와 수신기 사이의 거리에 관한 식을 통하여 시간에 따른 수신 전력의 변화를 수학식 8을 통해 도출될 수 있다. 이때, G_t 은 전송 안테나 이득, G_r 은 수신 안테나 이득, λ 는 파장, P_t 는 신호의 송신 전력을 의미할 수 있다.

[0132] 수학식 8

$$P_r = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2} \left(\frac{1}{d} \right)^\beta P_t = K \left(\frac{1}{d} \right)^\beta P_t$$

$$= K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} P_t$$

[0133]

[0134] 상기 수학식 8에서 도출된 수신 전력을 통하여 시간에 따라 상기 단말이 획득할 수 있는 데이터 전송률을 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다. 이때, W 는 대역폭, N_0 는 잡음전력스펙트럼밀도를 의미할 수 있다.

[0135] 수학식 9

$$R = W \log_2 \left(1 + \frac{P_r}{N_0 W} \right)$$

$$= W \log_2 \left(1 + K \left(v^2 \Delta t^2 - \frac{\pi r}{2} v \Delta t + r^2 \right)^{-\frac{\beta}{2}} \frac{P_t}{N_0 W} \right)$$

[0136]

[0137] 상기 확률적 경로에서 상기 단말의 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량은 수학식 10으로 계산될 수 있고, $R_{HO}(t)$ 는 상기 확률적 경로에서 상기 단말이 핸드오버를 하는 경우 획득하는 데이터 전송률, $R_{Non-HO}(t)$ 는 상기 단말이 핸드오버를 하지 않는 경우에 획득하는 데이터 전송률을 의미할 수 있다.

[0138] 수학식 10

$$C_{HO} = \int R_{HO}(t) dt$$

$$C_{Non-HO} = \int R_{Non-HO}(t) dt$$

[0139]

[0140] 단계(560)에서 핸드오버 결정 시스템은 단말의 확률적 경로에서, 핸드오버 여부에 따라 획득된 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정할 수 있다. 상기 수학식에서 얻은 핸드오버 여부에 따른 데이터 용량을 비교하여 핸드오버를 결정할 수 있다. 랩토셀 네트워크에서 발생하는 불필요한 핸드오버를 효과적으로 줄여주어 네트워크의 성능을 향상시켜줄 뿐만 아니라 보다 높은 데이터 전송을 가능하게 하고, 비교적 간단한 정보들로 핸드오버를 결정할 수 있다.

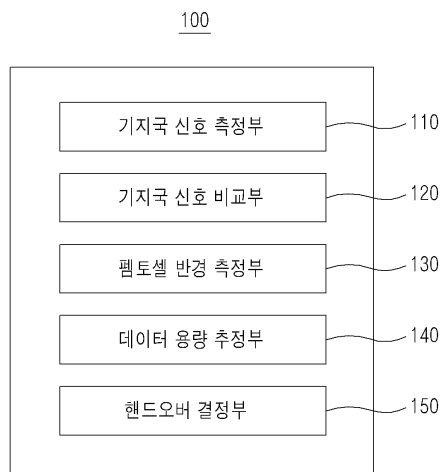
[0141] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0142] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

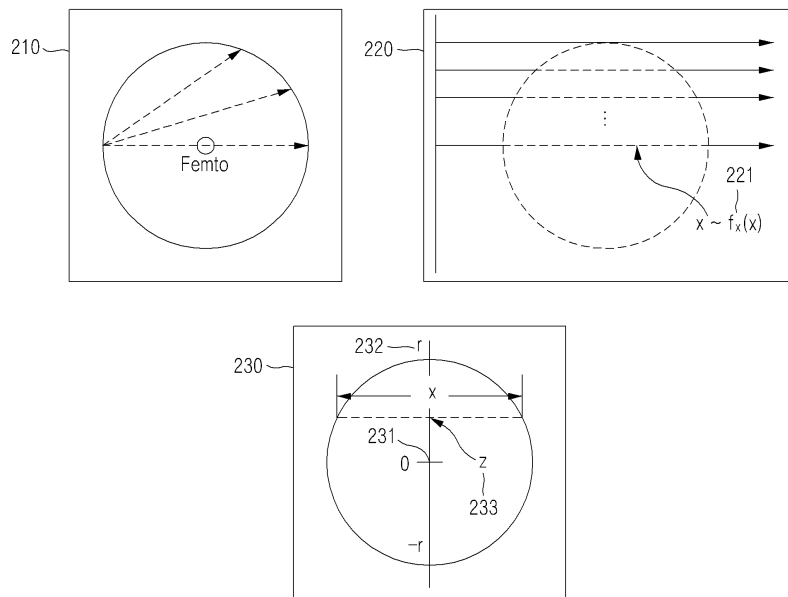
- [0143] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0144] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0145] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

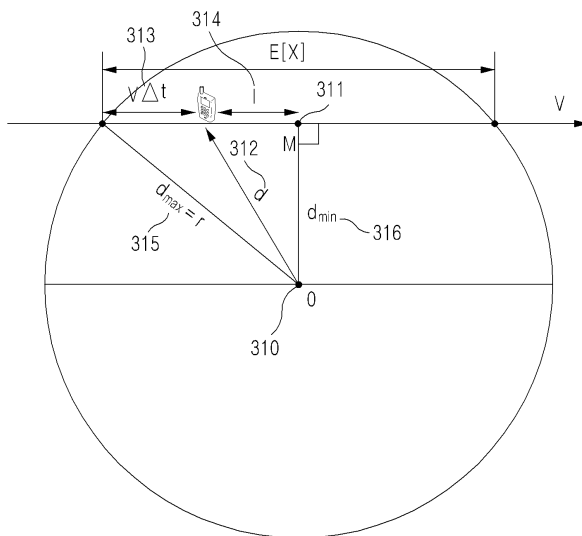
도면1



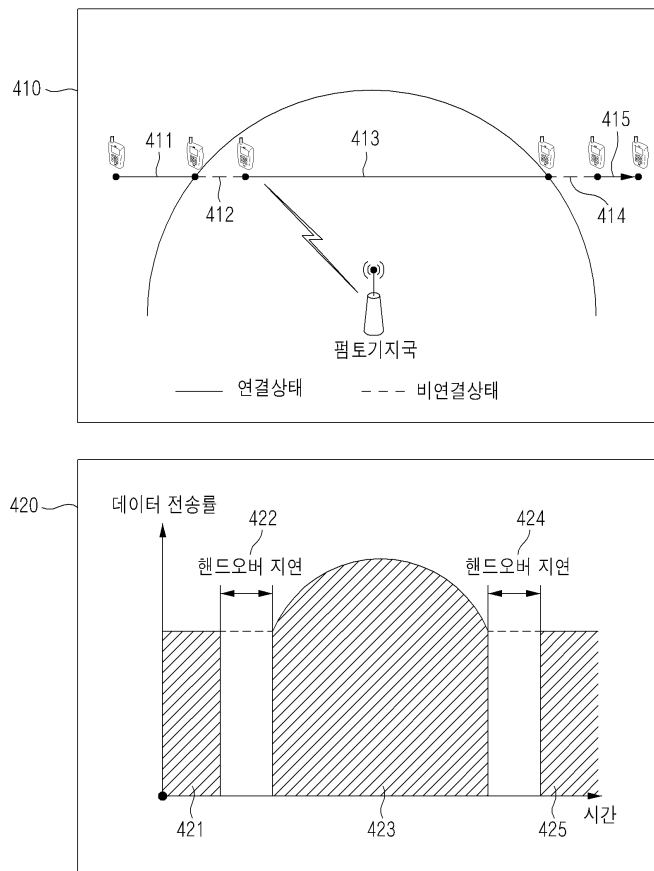
도면2



도면3



도면4



도면5

