



본 발명은, 무선통신시스템에서 단말기의 간섭을 제거하기 위한 오프라인 DLL(Delay Lock Loop) 모듈을 통해 순방향 파일럿 신호 수를 적어도 3개 이상이 되게 하여 이에 대한 도달시간차(TDOA)를 추정함으로써, 단말기 위치 결정의 정확도를 높이기 위한 단말기 위치결정장치 및 그 방법과, 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하고자 함.

### 3. 발명의 해결방법의 요지

본 발명은, 무선통신시스템에서 단말기의 위치를 결정하기 위한 방법에 있어서, 상기 단말기가 파일럿 채널 및 동기 채널을 통해 동기를 획득한 후 유희상태로 천이하고, 주기적으로 호출채널을 수신하여 착신호 여부를 확인하는 단계; 오프라인(Offline) 모듈과 함께 동작하기 위해, 소속 기지국으로부터의 파일럿 신호를 지속적으로 수신하고, 수신된 파일럿 신호를 복원하여 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하는 단계; 상기 오프라인 모듈의 다수의 동기 블록을 통해 각각 다른 기지국의 파일럿 신호를 수신하여 소정의 다항식으로 근사화된 도달시간(TOA)을 예측하고, 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하는 단계; 및 상기 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 동기채널 및 호출채널을 통해 수신된 의사잡음(PN) 오프셋 정보 및 기지국 위치정보에 의해 위치 결정에 필요한 기지국 셋 결정 정보를 추출하여 위치를 결정하는 단계를 포함함.

### 4. 발명의 중요한 용도

본 발명은 단말기의 위치 결정 서비스 등에 이용됨.

#### 대표도

도 2

#### 색인어

도달시간차(TDOA), 도달시간(TOA), 오프라인(Offline), 위치결정, 파일럿 신호

#### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명이 적용되는 측위 서비스 시스템의 구성 예시도.

도 2 는 본 발명에 따른 단말기 위치결정장치에 대한 일실시에 구성도.

도 3 은 본 발명에 따른 단말기 위치결정방법에 대한 일실시에 흐름도.

\*도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

21 : 간섭제거부 22,23 : 동기화부

24 : 동기채널부 25 : 호출채널부

26 : 기지국 셋 선정부 27 : 도달각(TOA) 예측부

28 : 도달시간차(TDOA) 계산부 29 : 위치결정부

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 현재 사용중인 무선가입자망(WLL), 광대역무선가입자망(B-WLL), 이동전화망(Cellullar), 개인휴대통신망(PCS), 지능형교통망(ITS), 외국에서 사용중인 타 이동전화망, 현재 유럽방식과 북미방식으로 표준화가 추진되고 있는 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000), UMTS(Universal Mobile Telecommunication Service) 등과 같은 차세대 이동통신망 등을 포함하는 무선통신시스템에서 무선 단말기의 위치를 결정하기 위한 단말기 위치결정장치 및 그 방법과, 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것이다.

일반적으로, 위치를 결정하는 기술은 다음의 망 기반, 단말기 기반, 전용망 기반, 기타 기술 등으로 분류할 수 있다.

본 발명의 이해를 돕기 위하여 위치를 결정하는 기술에 대해 보다 상세히 설명한다.

우선, 망 기반의 기술에 대해 살펴보면, 이는 이동통신망을 구성하는 기지국을 이용하여 위치를 결정하는 방법으로, 이에 필요한 매개변수로는 전파의 도달 각(AOA : Angle Of Arrival), 도달시간(TOA : Time Of Arrival), 도달시간차(TDOA : Time Difference Of Arrival), 진폭, 위상, 신호세기 등에 의한 방법으로 분류할 수 있다. 이러한 매개변수에 대해 위치에 대한 계산을 망측에서 수행하는 경우를 망 기반의 기술이라 하며, 매개변수는 기지국에서 수신하는 경우와 단말기에서 수신하여 이를 망 측으로 전달하는 방법으로 분류할 수 있다.

망 기반의 기술을 이용하는 경우, 별도의 장비없이 기존 단말기의 변경없이 위치를 결정할 수 있다.

미국의 연방통신위원회(FCC)의 의무사항에는 "2001년 10월 1일"까지 무선 E911(Enhanced 911) 서비스에 대해 망 기반 기술은 반경 100m 이내의 오차로 위치 결정이 가능하도록 하고 있다.

다음으로, 단말기 기반의 기술에 대해 살펴보면, 이는 위치측정시스템(GPS : Global Positioning System) 기반의 기술이라고도 할 수 있다. 즉, 단말기에 내장된 GPS 모듈에 의해 수신된 GPS 위성의 신호 정보를 이용하여 자신의 위치를 결정하는 방법으로, GPS 모듈에 의해 자신의 위치를 결정하기만 하는 방법과 GPS 모듈을 내장한 단말기와 GPS 위성에 대한 정보를 갖고 있는 망측 장비와의 데이터 송수신을 통해 위치를 결정하는 방법 등이 있다.

외장형 GPS를 이용하는 경우, GPS를 별도로 구매하여야 하는 비용이 소요되고, 단말기 크기가 커져 휴대하기가 불편하게 된다.

한편, 전용망 기반의 기술에 대해 살펴보면, 이는 위치 확인을 위한 전용망을 이용하는 기술로, 일반적인 무선통신시스템과 다른 주파수를 사용한다. 예를 들면, 미국의 LMS(location and monitoring) 대역의 전용망을 이용하는 방식을 들 수 있으며, 위치 결정을 위해 별도의 신호를 사용한다. 이는 일종의 도로 표지(Signpost) 방식으로 지능형교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System)의 노면 기지국도 이 범주에 포함된다고 할 수 있다.

전용망 기반의 기술은 위치 확인을 위해 별도의 망을 구축하여야 하므로 경제성이 부족한 것이 일반적이다. 반면에, 특정 응용을 위해 신호도 별도로 설계하여 일부 지역에 설치하는 경우, 높은 정확도를 얻을 수 있다.

이상과 같은 방법외에, 망 기반의 기술과 유사하게 망에서 단말기에서 송신한 신호를 수신하여 위치를 결정하는 기술로 무선카메라(RadioCamera) 기술이 있다.

RadioCamera 기술은 특정 지역에 대해 미리 알고 있는 무선 신호 형태와 현재 사용자의 무선 신호 형태의 지문(Fingerprint)을 비교하여 위치를 알아내는 방식이다. 이 기술은 다중경로를 통해 수신되는 사용자 신호와 이미 구축되어 있는 무선신호 전파에 대한 데이터베이스를 이용하여 사용자 자신의 위치 요구와 관계없이 연속적으로 위치 측정이 가능하다.

이외에, 특별한 위치 확인 기술을 사용하지는 않으나, 기지국 또는 기지국 영역내의 섹터의 식별자(ID : Identifier)에 의해 위치를 확인하는 방법이다. 즉, 디지털 셀룰라 이동통신시스템이나 PCS 시스템에서 서비스받고 있는 기지국 또는 기지국 영역내의 섹터 ID에 의해 자신의 위치를 확인할 수 있다. 그러나, 셀룰라 이동통신시스템이나 PCS에서의 기지국 또는 기지국 영역내의 섹터 크기는 다양하므로 위치에 대한 정확도도 편차가 심하게 된다.

이러한 기술중 본 발명은 망 기반, 특히 코드분할다중접속(CDMA : Code Division Multiple Access) 이동통신망 기반의 위치 결정 기술에 대해 문제점을 개선하여 위치 결정이 가능하도록 한 것이다. 즉, CDMA 망의 셀 설계가 최적화됨에 따라

입의 위치에서 단말기는 자신의 위치 결정을 위해 필요한 순방향 파일럿 신호를 3개 이상을 수신할 수 없는 순방향 "Hearability" 문제가 발생하여 이를 개선하기 위해 무선 단말기에 오프라인(Offline) DLL(Delay Lock Loop) 모듈을 탑재하여 순방향 파일럿 신호에 의한 TDOA를 추정하는 측위 방법이 가능하도록 하고자 한 것이다.

일반적으로, TDOA 측위 기법은 두 기지국에서 무선 단말기까지 거리의 차에 비례하는 전파 도달 시간차를 측정하여 두 기지국을 초점으로 하는 쌍곡선을 구하고, 다른 기지국쌍으로부터 측정된 TDOA를 이용하여 또 다른 쌍곡선을 구하여 두 곡선의 교점으로부터 무선 단말기의 위치를 추정한다.

일반적으로, TDOA 추정은 상호 상관(Cross-correlation) 방법을 사용하여 기지국과 단말기간 시각동기가 필요없이 상대적인 시간차만을 추정하면 되지만, 기지국간 시각동기가 완벽하고 기지국들과 단말기간에는 동일한 시각 동기 바이어스를 갖는다고 가정했을 때, TOA를 추정해서 차이를 구하면 등가의 TDOA를 구할 수 있다. 즉, i번째 기지국으로부터 무선 단말기까지의 전파 도달 시간,  $\hat{d}_i$ 은 하기의 (수학식 1)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\hat{d}_i = d_{i0} + n_i + BIAS, \quad i = 1, 2, \dots, M$$

여기서, "d<sub>i0</sub>"은 i번째 기지국 신호의 참 TOA값, "n<sub>i</sub>"은 i번째 기지국 신호 추정 오차, "BIAS"는 기지국과 단말기 사이의 시각 동기 바이어스를 각각 나타낸다.

상기 (수학식 1)로부터 i번째 기지국과 j번째 기지국 사이의 TDOA,  $\hat{d}_{ij}$ 는 하기의 (수학식 2)와 같이 주어지며, 시각 동기 바이어스인 BIAS의 영향이 제거됨을 알 수 있다.

수학식 2

$$\hat{d}_{ij} = \hat{d}_i - \hat{d}_j = d_{i0} - d_{j0} + n_i - n_j$$

추정된 TDOA값으로부터 얻어진 쌍곡선 방정식의 해를 구하여 무선 단말기의 위치를 좌표화하는 알고리즘으로서 가장 최적의 성능을 보여주는 것이 "Chan"이 제안한 방법이다.

이를 살펴보면, 무선 단말기와 기지국이 동일 평면위에 위치해 있다고 가정하고, [x y]가 무선 단말기의 위치라고 할 때, 측정된 TDOA와 기지국 및 단말기 사이의 위치관계는 하기의 (수학식 3)과 같다.

수학식 3

$$\begin{aligned} r_{ij} &= cd_{ij} = r_i - r_j = r_{ij}^0 + \Delta r_{ij} \\ &= \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} \end{aligned}$$

여기서, "c"는 i번째 기지국과 무선 단말기 사이의 거리를 나타내며, 하기의 (수학식 4)와 같은 최대 근사 함수(ML : Maximum Likelihood function)의 지수부분을 최소화 하는 최적화 문제의 최소 자승 근(least square solution)이 무선 단말기의 위치가 된다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{z}_a} \{ (\mathbf{h} - \mathbf{G}_a \mathbf{z}_a)^T \Psi^{-1} (\mathbf{h} - \mathbf{G}_a \mathbf{z}_a) \} \\ \hat{\mathbf{z}}_a^0 = (\mathbf{G}_a \Psi^{-1} \mathbf{G}_a)^{-1} \mathbf{G}_a^T \Psi^{-1} \mathbf{h} \end{aligned}$$

여기서,

$$\begin{aligned} \mathbf{G}_a &= \begin{bmatrix} x_{21} & y_{21} & r_{21} \\ x_{31} & y_{31} & r_{31} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ x_{M1} & y_{M1} & r_{M1} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{h} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} r_{21}^2 - K_2 + K_1 \\ r_{31}^2 - K_3 + K_1 \\ \mathbf{M} \\ r_{M1}^2 - K_M + K_1 \end{bmatrix} \\ \mathbf{z}_a &= [x \ y \ r_1]^T, \quad \Psi = c^2 \mathbf{B} \mathbf{Q} \mathbf{B}, \\ \mathbf{B} &= \text{diag}\{r_2^0, r_3^0, \dots, r_M^0\} \end{aligned}$$

여기서, Q는 TDOA 측정 잡음의 공분산 행렬이다.

단말기가 기지국들로 매우 멀리 떨어져 있다고 가정하면,  $B \approx r_0 I$ 으로 근사화할 수 있고, 무선 단말기의 위치는 하기의 (수학식 5)로 간략화된다.

수학식 5

$$\hat{\mathbf{z}}_a^0 = (\mathbf{G}_a \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{G}_a)^{-1} \mathbf{G}_a^T \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{h}$$

현재, 상용화되어 국내에서 사용되고 있는 측위 기술은 위치 확인을 위한 GPS와 셀룰라 시스템 또는 PCS 단말기를 결합하는 기술과 기지국 ID에 의해 위치를 확인하는 기술이 있다.

전자의 경우에는, 기존 이동통신 단말기 외에 추가적으로 GPS 수신기를 구입하여 장착하여야 하므로 많은 비용이 소요되고, 단말기의 크기가 커져 휴대하기에는 부적합하여 주로 차량에 장착한 형태로 사용된다. 또한, GPS 신호를 수신할 수 없는 지역에서는 위치를 결정할 수 없거나 오차가 매우 크게 된다.

후자의 경우, 기지국 ID를 이용하는 기술은 기지국의 반경이 수백 m에서 수 km까지 변화하므로 위치에 대한 정확도가 일정하지 않다는 단점이 있으며, 위치도 매우 부정확한 편이어서 수백 m의 오차에도 서비스 제공이 가능한 차량 추적 등 일부 서비스로 서비스가 제한되는 단점이 있다.

한편, CDMA 이동통신망에서는 단말기가 서비스를 받고 있는 기지국에 가까이 접근할수록 소속 기지국 파일럿 신호의 전력은 증가하나, 인접 기지국 파일럿 신호의 전력은 감소한다.

일반적으로, 순방향 파일럿 신호의 간섭 밀도에 대한 칩당 에너지 비율을 의미하는, 즉 수신 대역폭내의 총 전력 스펙트럼 밀도( $I_0$ )에 대한 하나의 의사잡음(PN) 칩 주기동안 누적된 파일럿 에너지( $E_c$ )와의 비율( $E_c/I_0$ )값을 하기의 (수학식 6)과 같이 표시할 수 있다.

수학식 6

$$\frac{E_c}{I_0} = \frac{\alpha_o P_o(\theta_o) L_o(\theta_o, d_o) G}{I_h + I_n + I_o + I_m + I_i + N}$$

무선 단말기가 소속 기지국의 근처에 위치해 있을 때, 소속 기지국의 강한 파일럿 신호는 타 기지국의 파일럿 신호에 대해 강한 간섭 신호( $I_0$ )로 작용하여  $E_c/I_0$ 값을 현저히 감소시켜 타 기지국의 약한 파일럿 신호의 TOA 추정 성능을 저하시킨다. 따라서, 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 재구성하여 수신신호로부터 제거하면, 상기 (수학식 6)의 우변 분모에 있는 타 기지국 오버헤드(Overhead) 전력을 나타내는  $I_0$ 를 제거하는 효과를 보이게 된다. 따라서, 상대적으로 타 기지국 신호의  $E_c/I_0$ 값을 증가시켜 TOA 추정 성능을 높일 수 있고, 나아가 "hearability"까지 개선할 수 있다.

무선 단말기의 위치 추정 성능은 무선 단말기의 위치와 수신 가능한 파일럿 신호 개수 및 기지국의 배열 형태에 큰 영향을 받는다.

무선 단말기의 전력소모와 크기, 무게 등을 고려할 때, 탑재할 수 있는 DLL(Delay Lock Loop) 모듈은 제한될 수 밖에 없으므로, TOA 추정 가능한 파일럿 신호가 많은 환경에서는 제한된 TDOA 값을 가지고 최소 오차를 보일 수 있는 기지국 집합을 선정할 필요가 있다.

일반적으로, 시간 측정 오차와 수신 기지국의 배치가 위치 추정 정확도에 미치는 영향을 나타내는 주요 척도로 "GDOP (Geometric Dilution Of Precision)"가 사용된다. 이는 위치 추정 서비스를 위한 GPS 위성 배치 최적화 설계에서 사용하지만, 역으로 M개의 DLL 모듈을 갖는 본 발명에서에서는 기존에 배치되어 있는 기지국에 대하여 1차적으로 높은 수신 전력 레벨을 갖는 M개의 파일럿 신호를 이용하여 무선 단말기의 위치를 추정하고, 2차적으로 추정된 단말기 위치에서의 최소 GDOP를 갖는 M개의 기지국 파일럿 신호 집합을 찾아서 더욱 정확한 위치를 추정하여 위치 추정오차를 최소화한다.

2차원 평면 TDOA기법에서의 GDOP는 다음의 (수학식 7)와 같이 주어진다.

수학식 7

$$GDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} / \sigma_R$$

여기서,  $\sigma_x^2$  와  $\sigma_y^2$  는 x축과 y축의 위치 추정 평균 자승 오차이고,  $\sigma_R^2$ 는 평균 자승 TDOA 의사 거리 추정 오차(mean square TDOA ranging error)를 나타낸다.

일반적으로, 무선 단말기는 특정 기지국에서의 위치가 임의적이므로 단말기가 기지국으로부터 매우 멀리 떨어져 있다고 가정한 상기 (수학식 5)로부터 구해진 해를 그대로 사용하지 못하고, 구해진 해로부터 B행렬을 재구성하여 상기 (수학식 4)에 다시 대입해서 해를 구하는 반복수행이 필요하다. 이에 따라 정확한 계산을 위해서는 많은 계산량이 요구된다.

따라서, CDMA 방식을 이용하는 이동통신망(셀룰라, PCS, IMT-2000 등)에서 셀 설계가 최적화됨에 따라 핸드오프 지역이 감소하고 단말기 위치 결정을 위해 필요한 순방향 파일럿 신호를 3개 이상을 수신할 수 없는 순방향 Hearability 문제를 해결하기 위하여, 무선통신망에서 무선 단말기에 오프라인 DLL 모듈을 탑재하여 수신할 수 있는 순방향 파일럿 신호 수를 3개 이상이 되게 하여 이에 의한 TDOA를 추정함으로써, 위치 결정의 정확도를 높일 수 있는 방안이 필수적으로 요구된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기한 바와 같은 요구에 부응하기 위하여 안출된 본 발명은, 무선통신시스템에서 단말기의 간섭을 제거하기 위한 오프라인 DLL(Delay Lock Loop) 모듈을 통해 순방향 파일럿 신호 수를 적어도 3개 이상이 되게 하여 이에 대한 도달시간차(TDOA)를 추정함으로써, 단말기 위치 결정의 정확도를 높이기 위한 단말기 위치결정장치 및 그 방법과, 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 무선통신시스템에서 단말기의 위치를 결정하기 위한 장치에 있어서, 기지국으로부터 수신된 수신신호의 의사잡음(PN) 부호를 획득 및 추적하여 동기를 맞추기 위한 제1 동기화수단; 상기 제1 동기화수단에서 동기화된 수신신호의 순방향 파일럿 신호에 대해, 순방향 예측 및 파일럿 신호 복원을 통해 재생된 파일럿을 이용하여 신호를 수신하고 있는 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하기 위한 간섭제거수단; 상기 제1 동기화수단에서 전달된 수신신호로부터 호출채널을 획득하기 위한 호출채널 획득수단; 상기 호출채널 획득수단에서 획득된 호출채널로부터의 기지국 위치정보와 위치결정수단으로부터 전달된 단말기 위치정보를 바탕으로 최소치 GDOP(Geographical Dilution Of Precision, 이하 GDOP라 함)를 갖는 기지국을 선정하기 위한 기지국 선정수단; 상기 기지국 선정수단에서 선정된 적어도 세 개의 타 기지국으로부터 수신된 수신신호의 상기 간섭제거수단에서 간섭이 제거된 순방향 파일럿 신호의 의사잡음(PN) 부호를 획득 및 추적하여 동기를 맞추기 위한 제2 동기화수단; 상기 제1 및 제2 동기화수단으로부터 전달된 순방향 파일럿 신호를 평활화(Smoothing) 기법을 통해 흔들림에 의한 오차를 최소화하여 도달시간(TOA)을 예측하기 위한 도달시간 예측수단; 상기 도달시간 예측수단에서 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하기 위한 도달시간차 계산수단; 및 상기 도달시간차 계산수단에서 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 상기 호출채널 획득수단에서 획득된 호출채널로부터의 상기 기지국 위치정보를 바탕으로 단말기의 위치를 결정하고, 결정된 상기 단말기 위치정보를 상기 기지국 선정수단으로 전달하는 상기 위치결정수단을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

그리고, 본 발명은, 무선통신시스템에서 단말기의 위치를 결정하기 위한 방법에 있어서, 상기 단말기가 파일럿 채널 및 동기 채널을 통해 동기를 획득한 후 유희상태로 천이하고, 주기적으로 호출채널을 수신하여 착신호 여부를 확인하는 단계; 오프라인(Offline) 모듈과 함께 동작하기 위해, 소속 기지국으로부터의 파일럿 신호를 지속적으로 수신하고, 수신된 파일럿 신호를 복원하여 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하는 단계; 상기 오프라인 모듈의 다수의 동기 블록을 통해 각각 다른 기지국의 파일럿 신호를 수신하여 소정의 다항식으로 근사화된 도달시간(TOA)을 예측하고, 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하는 단계; 및 상기 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 동기채널 및 호출채널을 통해 수신된 의사잡음(PN) 오프셋 정보 및 기지국 위치정보에 의해 위치 결정에 필요한 기지국 셋 결정 정보를 추출하여 위치를 결정하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

한편, 본 발명은, 프로세서를 구비한 무선통신 단말기에 있어서, 상기 무선통신 단말기가 파일럿 채널 및 동기 채널을 통해 동기를 획득한 후 유희상태로 천이하고, 주기적으로 호출채널을 수신하여 착신호 여부를 확인하는 기능; 오프라인

(Offline) 모듈과 함께 동작하기 위해, 소속 기지국으로부터의 파일럿 신호를 지속적으로 수신하고, 수신된 파일럿 신호를 복원하여 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하는 기능; 상기 오프라인 모듈의 다수의 동기 블록을 통해 각각 다른 기지국의 파일럿 신호를 수신하여 소정의 다항식으로 근사화된 도달시간 (TOA)을 예측하고, 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하는 기능; 및 상기 계산된 도달시간차 (TDOA) 정보와 동기채널 및 호출채널을 통해 수신된 의사잡음(PN) 오프셋 정보 및 기지국 위치정보에 의해 위치 결정에 필요한 기지국 셋 결정 정보를 추출하여 위치를 결정하는 기능을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

본 발명은 CDMA 이동통신망에서 위치를 결정하기 위한 것으로, 무선 단말기에 간섭제거 기능을 갖는 오프라인 탐색 (Offline Searcher) 모듈을 구현하여 위치 결정이 가능하게 한다.

이를 위해, 본 발명은 셀룰라, PCS 및 IMT-2000 등 CDMA 이동통신망의 셀 설계가 최적화됨에 따라 단말기 위치 결정을 위해 필요한 순방향 파일럿 신호를 3개 이상을 수신할 수 없는 순방향 Hearability 문제가 발생하여 이를 개선하기 위해, 무선 단말기에 "Offline DLL(Delay Lock Loop)" 모듈을 탑재하여 순방향 파일럿 신호에 의한 TDOA를 추정하는 측위 방법이 가능하도록 한다.

이처럼, 본 발명은 무선 단말기에 "Offline DLL" 모듈을 탑재하여 순방향 파일럿 신호에 의한 TDOA를 추정하는 측위 방법이 가능하도록 하기 위해, 간섭 신호 제거 기술을 도입하여 약한 수신 레벨의 파일럿 신호 TOA 추정 성능을 향상시키고, N차 다항식 근사화의 평활화(Smoothing) 기술을 통해 DLL의 흔들림에 의한 TOA 추정 오차를 줄이며, 낮은 GDOP가 갖는 기지국 집합을 이용하여 위치 추정 정확도를 높이고, "Chan"의 방법에 효과적인 초기조건 값을 제안하여 기존의 계산량을 줄이면서 효과적인 위치 좌표화를 수행한다.

이로써, 본 발명은 셀룰라 및 PCS 등 이동통신 가입자 수가 기존의 유선전화 가입자 수를 초과한 현실에서, 국내 경제 활동 인구의 필수품이 된 휴대전화를 이용하여 자신의 위치를 확인할 수 있도록 함으로써, 이를 통해 미국의 무선 E911 서비스와 같은 긴급호 서비스 등 다양한 위치 관련 서비스를 제공할 수 있다.

상술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다.

도 1 은 본 발명이 적용되는 측위 서비스 시스템의 구성 예시도로서, 도면에서 "11"은 이동국(MS : Mobile Station), "12" 기지국(BTS : Base station Transceiver Subsystem), "13"은 제어국(BSC : Base Station Controller), "14"는 위치관련 서비스(LCS : Location Service) 서버, 그리고 "15"는 지리정보체계(GIS : Geographic Information System) 데이터베이스(DB)를 각각 나타낸다.

CDMA 이동통신시스템 환경은 당해 분야에서 이미 주지된 기술에 지나지 아니하므로 여기에서는 그에 관한 자세한 설명은 생략하기로 한다.

이동국(MS)(11)은 임의의 기지국(12)의 범위내에 있고, 이동국(11)의 정보는 기지국(12)과 이를 제어하는 제어국(13)을 거쳐 CDMA망의 교환국(MSC)에 전송되며, 교환국으로부터 전송되는 정보는 제어국(13) 및 기지국(12)을 거쳐 이동국 (11)으로 전송된다.

이동국(11)은 사용자가 소지하고 이동하면서 통신할 수 있는 단말기이다.

기지국(BTS)(12)은 이동국(11)을 제어국(13)에 접속시키며, 디지털 채널 장치(DCU : Digital Channel Unit), 시간/주파수 제어 장치(TCU : Timing/Frequency Control Unit), 무선 주파수 장치(RFU : Radio Frequency Unit), 및 광역 측위 시스템(GPS : Global Positioning System) 등으로 구성된다.

그리고, 기지국(12)은 이동국(11)과 무선을 통해 통신하고, 제어국(13)과 유선으로 통신을 수행하는 유무선 변환 기능을 수행한다.

제어국(BSC)(13)은 기지국(12)을 교환국에 접속시켜 기지국(12)간의 연결을 조정하며, 기지국(12)과 교환국(14)간의 통신을 위한 신호처리 기능을 한다.

그리고, 교환국은 제어국(13)과 접속하여 이동국(11)의 통화설정 및 해제 기능 등을 수행하고, 호처리 및 부가서비스 관련 각종 기능을 수행한다.

이제, 위치 확인 기술을 위한 각 구성요소들의 기능을 살펴보면 다음과 같다.

기지국(12)은 이동국(11)과 무선을 통해 통신하고, 제어국(13)과 유선으로 통신을 수행하는 유무선 변환 기능을 수행한다. 이때, 무선을 통해 이동국(11)으로부터 위치확인신호를 넘겨받아 유선을 통해 제어국(13)으로 전달하고, 확인된 위치에 따른 발신호의 과금 등급을 이동국(11)으로 전달한다. 전술한 바와 같이 이동국(11)에는 하기의 도 2와 같은 "Offline DLL" 모듈이 탑재되어 있어, 이를 통해 순방향 파일럿 신호를 3개 이상 수신할 수 있어, TDOA에 의한 측위가 가능하다.

제어국(BSC)(13)은 기지국(12)을 CDMA 이동통신망에 접속시켜 기지국(12)간의 연결을 조정하며, 기지국(12)과 CDMA 이동통신망간의 통신을 위한 신호처리 기능을 한다. 이때, CDMA 이동통신망을 통해 위치결정을 위한 관련 정보를 위치관련 서비스 서버(14)로 전달한다.

위치관련 서비스 서버(14)는 제어국(13)의 위치확인 요청을 받아 GIS DB(15)를 검색하고, 검색된 결과를 CDMA 이동통신망을 통해 제어국(13)으로 전달한다.

이동국(11)은 기지국(12)으로부터 전달받은 위치에 따른 위치 관련 서비스(예를 들면, 지역 정보 안내, 차량 추적, 이동 옐로우 페이지(mobile yellow page) 서비스 등) 및 과금 등급 데이터 등을 화면에 표시한다.

도 2는 본 발명에 따른 단말기 위치결정장치에 대한 일실시에 구성도로서, 순방향 파일럿 신호에 의한 TDOA를 추정하기 위한 Offline DLL 모듈을 나타낸다.

도 2에 도시된 바와 같이, 무선통신시스템에서 단말기의 위치를 결정하기 위한 장치에 있어서, 기지국으로부터 수신된 수신신호의 의사잡음(PN) 부호를 획득 및 추적하여 동기를 맞추기 위한 동기화부(22)와, 동기화부(22)에서 동기화된 수신신호의 순방향 파일럿 신호에 대해, 순방향 예측 및 파일럿 신호 복원을 통해 재생된 파일럿을 이용하여 신호를 수신하고 있는 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 약한 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하기 위한 간섭제거부(21)와, 동기화부(22)에서 전달된 수신신호로부터 호출채널을 획득하기 위한 호출채널부(25)와, 호출채널부(25)에서 획득된 호출채널로부터의 기지국 위치정보와 위치결정부(29)로부터 전달된 단말기 위치정보를 바탕으로 최소치 GDOP를 갖는 기지국을 선정하기 위한 기지국 셋 선정부(26)와, 기지국 셋 선정부(26)에서 선정된 적어도 세 개의 타 기지국으로부터 수신된 수신신호의 간섭제거부(21)에서 간섭이 제거된 순방향 파일럿 신호의 의사잡음(PN) 부호를 획득 및 추적하여 동기를 맞추기 위한 동기화부(23)와, 동기화부(22,23)로부터 전달된 수신신호의 순방향 파일럿 신호를 평활화(Smoothing) 기법을 통해 흔들림에 의한 오차를 최소화하여 도달시간(TOA)을 예측하기 위한 도달시간(TOA) 예측부(27)와, 도달시간(TOA) 예측부(27)에서 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하기 위한 도달시간차(TDOA) 계산부(28)와, 도달시간차(TDOA) 계산부(28)에서 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 호출채널부(25)수단에서 획득된 호출채널로부터의 기지국 위치정보를 바탕으로 단말기의 위치를 결정하고, 결정된 단말기 위치정보를 기지국 셋 선정부(26)으로 전달하는 위치결정부(29)를 포함한다.

상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 단말기 위치결정장치의 동작을 살펴보면 다음과 같다.

간섭제거부(21)는 단말기가 서비스받고 있는 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 재구성하여 수신 신호로부터 제거하는 기능을 수행한다. 이는 간섭제거부(21)를 통해 상대적으로 타 기지국 신호의  $E_c/I_o$  값을 증가시켜 TOA 추정 성능을 높일 수 있고, 나아가 "hearability"까지 개선할 수 있도록 한다.

즉, 전술한 바와 같이, 무선 단말기가 소속 기지국의 근처에 위치해 있을 때 소속 기지국의 강한 파일럿 신호는 타 기지국의 파일럿 신호에 대해 강한 간섭신호( $I_o$ )로 작용하여  $E_c/I_o$  값을 현저히 감소시켜 타 기지국의 약한 파일럿 신호의 TOA 추정 성능을 저하시킨다. 따라서, 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 재구성하여 수신 신호로부터 제거하면, 상기(수학식 6)의 우변 분모에 있는 타 기지국의 오버헤드(Overhead) 파워를 나타내는  $I_o$ 를 제거하는 효과를 보이게 된다. 따라서, 상대적으로 타 기지국 신호의  $E_c/I_o$  값을 증가시켜 TOA 추정 성능을 높일 수 있고, 나아가 Hearability까지 개선할 수 있다.

한편, 동기화부(22)의 DLL은 무선 단말기의 이동성과 이동통신 채널의 시변 특성에 의해 지속적인 흔들림 현상(Fluctuation)을 보인다. 이러한 기능은 TOA 예측부(27)에서 N차 다항식 근사화 과정의 평활화(Smoothing) 기법을 적용

하여 흔들림에 의한 오차를 최소화 할 수 있다. 시각  $t_i$ 에 m번째 기지국 파일럿 신호에 대해 추정된 TOA값은 하기의 (수학

식 8)에 의해 평활화(Smooth)되고, 최소 자승 기법에 의해 계수,  $\{a_m(n)\}_{n=0}^{N-1}$  를 구할 수 있으며, 평활화(Smoothing)된 TOA 추정값은 하기의 (수학식 9)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$d_m(t_i) = \sum_{n=0}^{N-1} a_m(n)t_i^n$$

수학식 9

$$s_m(t_i) = \sum_{n=0}^{N-1} \hat{a}_m(n)t_i^n$$

이와 같이 구해진 추정값도 많은 오차를 포함할 수 있으므로, 여러 개의 기지국으로부터 신호가 수신되는 경우 기지국 셋 선정부(26)에서 GDOP가 낮은 기지국 신호를 선택하여 위치를 결정한다.

한편, Chan의 방법에서 국내와 같이 기지국간 동기가 이루어진 CDMA 망에서는 기지국과 단말기 사이의 시각 동기 오차가 크지 않다. 따라서 TDOA 계산부(28)에서 시각 동기 바이어스된 TOA값으로부터 TDOA값을 구하고, 추정된 TOA값으로 B 행렬을 구성하여 상기 (수학식 4)에 직접 대입하여 해를 구하면 반복 계산을 하지 않고 Chan이 제안한 바대로 반복 계산을 통해 구해진 해가 갖는 정확도를 얻을 수 있다. 이와 같이 하여 동일한 정확도에 대해 계산량을 줄일 수 있으며, 더욱 높은 정확도를 얻기 위해서는 여기서 구한 값을 반복 수행하면 된다.

이제, 단말기 위치결정을 위한 각 구성요소들의 기능을 보다 상세히 설명한다.

동기화부(22)는 기존 단말기에서 CDMA 수신신호의 동기를 이루는 블록으로, PN 부호 획득(Code Acquisition)과 PN 부호 추적(Code Tracking) 기능을 수행한다. 이 블록(22) 이후의, 동기채널부(24), 호출채널부(25)는 기지국으로부터 송신되는 동기 및 호출 신호를 수신하는 것을 의미한다. 호출채널부(25)로부터의 기지국에 대한 정보와 위치결정부(29)로부터의 정보를 이용하여 기지국 셋 선정부(26)는 가장 작은 GDOP을 갖는 기지국을 선정한다.

이처럼, 동기화부(22)를 통해 동기를 이룬 후, 순방향 파일럿 신호에 대한 간섭 제거 기술을 적용한다. 즉, 수신한 파일럿 신호에 대해 순방향 예측 및 파일럿 신호 복원을 통해 재생된 파일럿을 이용하여 신호를 수신하고 있는 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 약한 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거한다(간섭제거부(21)). 이처럼, 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 재구성하여 수신 신호로부터 제거하면, 타 기지국의 오버헤드(Overhead) 파워를 나타내는 Io를 제거하는 효과를 보이게 된다. 따라서, 상대적으로 타 기지국 신호의 Ec/Io 값을 증가시켜 TOA 추정 성능을 높일 수 있고, 나아가 Hearability까지 개선할 수 있다.

동기화부(23)는 위치결정을 위해 필요한 3개 이상의 TDOA 신호를 수신하기 위한 것으로, 오프라인(Offline) 모듈에 의해 다른 기지국의 파일럿 신호 3개를 수신한다. 이 동기화부(23)는 3개 이상으로 구성될 수도 있다.

TOA 예측부(27)는 동기화부(23)로부터의 파일럿 신호 3개 이상에 대해 무선 채널로부터의 특성으로 인한 DLL의 흔들림 현상을 N차 다항식 근사화로 오차를 최소화하는 기능을 수행한다.

TDOA 계산부(28)는 TOA 예측부(27)로부터 계산된 TOA 값에서 TDOA 값을 계산하는 기능을 수행한다.

이와 같이 구한 TDOA 값을 이용하여 위치결정부(29)에서 Chan이 제안한 방법으로 위치를 결정하게 되는데, 이때 기지국 셋 선정부(26)에 의해 입력되는 값을 이용하여 초기값을 줌으로써 계산 시간을 단축시킬 수 있다.

도 3 은 본 발명에 따른 단말기 위치결정방법에 대한 일실시에 흐름도이다.

도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 단말기 위치결정방법은, 먼저 단말기가 파일럿 채널 및 동기 채널을 통해 동기를 획득한 후(301) 유휴상태에 있게 된다. 이때, 주기적으로 호출 채널을 수신하여 착신호 여부를 확인한다(308).

이 상태에서 오프라인(Offline) 모듈과 함께 동작하기 위해 소속 기지국으로부터의 파일럿 신호를 지속적으로 수신하며(302), 수신한 파일럿 신호에 대해 순방향 채널을 예측하고(310) 수신된 파일럿 신호를 복원하여(311) 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 제거함으로써(303) 이후 타 기지국의 약한 파일럿 신호의 간섭을 제거할 수 있다. 이때, offline 모듈의 동기화부(23)는 각각 다른 기지국의 파일럿 신호를 수신하여(304) N차 다항식으로 근사화된 TOA 값을 각각 내주게 된다(305).

이후, 두 TOA 값으로부터 이들의 차로 TDOA값을 계산하게 되고(306), 계산된 TDOA값과 동기 채널 및 호출 채널을 통해(308) 수신한 PN 오프셋 정보 및 기지국 정보에 의해 위치 결정에 필요한 기지국 셋 결정 정보를 추출하여(309) 효율적으로 위치 결정을 하게 된다(307).

이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니다.

**발명의 효과**

상기한 바와 같은 본 발명은, 셀룰라, PCS 및 IMT-2000 등 CDMA망에서 사용되는 무선 단말기에서 순방향 파일럿 신호를 3개 이상 수신할 수 있도록 하여 도달시간차(TDOA)에 의한 측위가 가능하도록 하며, 이를 통해 가입자에게 현재 유선 전화를 통해 받고 있는 위치관련 서비스와 같은 수준의 서비스를 이동중에도 서비스할 수 있을 뿐만아니라, 낮은 지역에서의 정보안내, 차량 추적, 이동 옐로우 페이지(Mobile Yellow Page) 서비스 등 다양한 위치관련 서비스를 제공할 수 있는 효과가 있다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

무선통신시스템에서 단말기의 위치를 결정하기 위한 장치에 있어서,

기지국으로부터 수신된 수신신호의 의사잡음(PN) 부호를 획득 및 추적하여 동기를 맞추기 위한 제1 동기화수단;

상기 제1 동기화수단에서 동기화된 수신신호의 순방향 파일럿 신호에 대해, 순방향 예측 및 파일럿 신호 복원을 통해 재생된 파일럿을 이용하여 신호를 수신하고 있는 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하기 위한 간섭제거수단;

상기 제1 동기화수단에서 전달된 수신신호로부터 호출채널을 획득하기 위한 호출채널 획득수단;

상기 호출채널 획득수단에서 획득된 호출채널로부터의 기지국 위치정보와 위치결정수단으로부터 전달된 단말기 위치정보를 바탕으로 최소치 GDOP(Geographical Dilution Of Precision, 이하 GDOP라 함)를 갖는 기지국을 선정하기 위한 기지국 선정수단;

상기 기지국 선정수단에서 선정된 적어도 세 개의 타 기지국으로부터 수신된 수신신호의 상기 간섭제거수단에서 간섭이 제거된 순방향 파일럿 신호의 의사잡음(PN) 부호를 획득 및 추적하여 동기를 맞추기 위한 제2 동기화수단;

상기 제1 및 제2 동기화수단으로부터 전달된 순방향 파일럿 신호를 평활화(Smoothing) 기법을 통해 흔들림에 의한 오차를 최소화하여 도달시간(TOA)을 예측하기 위한 도달시간 예측수단;

상기 도달시간 예측수단에서 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하기 위한 도달시간차 계산수단; 및

상기 도달시간차 계산수단에서 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 상기 호출채널 획득수단에서 획득된 호출채널로부터의 상기 기지국 위치정보를 바탕으로 단말기의 위치를 결정하고, 결정된 상기 단말기 위치정보를 상기 기지국 선정수단으로 전달하는 상기 위치결정수단

을 포함하는 무선통신망에서의 단말기 위치결정장치.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 간섭제거수단은,

상대적으로 타 기지국 신호의 순방향 파일럿 신호의 간섭 밀도에 대한 칩당 에너지 비율( $E_c/I_o$ )를 증가시켜 도달시간 (TOA) 추정 성능을 높이기 위하여, 수신한 파일럿 신호에 대해 순방향 예측 및 파일럿 신호 복원을 통해 재생된 파일럿을 이용하여 신호를 수신하고 있는 소속 기지국의 강한 파일럿 신호를 제거함으로써, 타 기지국의 약한 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거할 수 있는 것을 특징으로 하는 무선통신망에서의 단말기 위치결정장치.

## 청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도달시간 예측수단은,

상기 제1 및 제2 동기화수단으로부터 전달된 수신신호의 순방향 파일럿 신호를 N차 다항식 근사화 과정의 평활화 (Smoothing) 기법을 적용해 흔들림에 의한 오차를 최소화하여 도달시간(TOA)을 예측하는 것을 특징으로 하는 무선통신망에서의 단말기 위치결정장치.

## 청구항 4.

무선통신시스템에서 단말기의 위치를 결정하기 위한 방법에 있어서,

상기 단말기가 파일럿 채널 및 동기 채널을 통해 동기를 획득한 후 유희상태로 천이하고, 주기적으로 호출채널을 수신하여 착신호 여부를 확인하는 단계;

오프라인(Offline) 모듈과 함께 동작하기 위해, 소속 기지국으로부터의 파일럿 신호를 지속적으로 수신하고, 수신된 파일럿 신호를 복원하여 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하는 단계;

상기 오프라인 모듈의 다수의 동기 블록을 통해 각각 다른 기지국의 파일럿 신호를 수신하여 소정의 다항식으로 근사화된 도달시간(TOA)을 예측하고, 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하는 단계; 및

상기 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 동기채널 및 호출채널을 통해 수신된 의사잡음(PN) 오프셋 정보 및 기지국 위치 정보에 의해 위치 결정에 필요한 기지국 셋 결정 정보를 추출하여 위치를 결정하는 단계

를 포함하는 무선통신망에서의 단말기 위치결정방법.

## 청구항 5.

프로세서를 구비한 무선통신 단말기에 있어서,

상기 무선통신 단말기가 파일럿 채널 및 동기 채널을 통해 동기를 획득한 후 유희상태로 천이하고, 주기적으로 호출채널을 수신하여 착신호 여부를 확인하는 기능;

오프라인(Offline) 모듈과 함께 동작하기 위해, 소속 기지국으로부터의 파일럿 신호를 지속적으로 수신하고, 수신된 파일럿 신호를 복원하여 소속 기지국의 파일럿 신호를 제거하여 타 기지국의 파일럿 신호에 대한 간섭을 제거하는 기능;

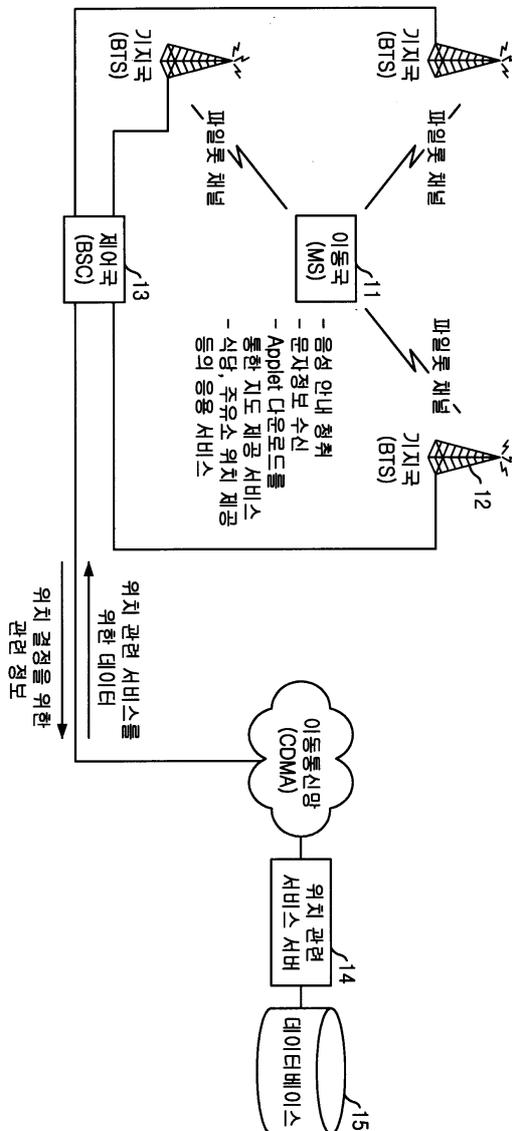
상기 오프라인 모듈의 다수의 동기 블록을 통해 각각 다른 기지국의 파일럿 신호를 수신하여 소정의 다항식으로 근사화된 도달시간(TOA)을 예측하고, 예측된 도달시간(TOA) 정보로부터 도달시간차(TDOA)를 계산하는 기능; 및

상기 계산된 도달시간차(TDOA) 정보와 동기채널 및 호출채널을 통해 수신된 의사잡음(PN) 오프셋 정보 및 기지국 위치 정보에 의해 위치 결정에 필요한 기지국 셋 결정 정보를 추출하여 위치를 결정하는 기능

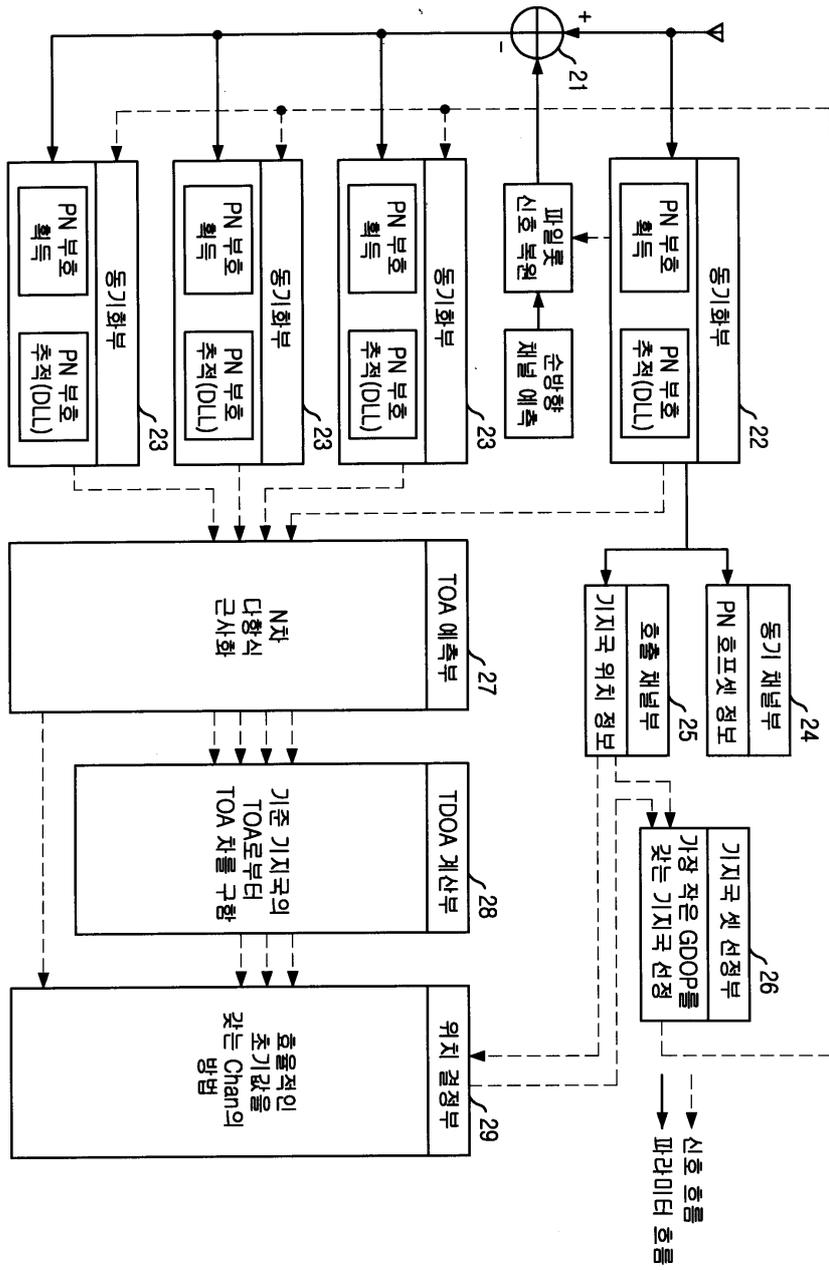
을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

도면

도면1



도면2



도면3

