



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년12월27일
(11) 등록번호 10-0787846
(24) 등록일자 2007년12월14일

(51) Int. Cl.

G01S 5/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-7005814

(22) 출원일자 2003년04월25일

심사청구일자 2006년10월27일

번역문제출일자 2003년04월25일

(65) 공개번호 10-2003-0045143

(43) 공개일자 2003년06월09일

(86) 국제출원번호 PCT/US2001/049992

국제출원일자 2001년10월29일

(87) 국제공개번호 WO 2002/56052

국제공개일자 2002년07월18일

(30) 우선권주장

60/244,109 2000년10월27일 미국(US)

10/044,194 2001년10월26일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US06005513 A1

EP0389972 A2

US05874914 A1

전체 청구항 수 : 총 24 항

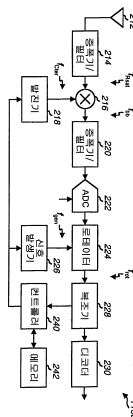
심사관 : 장석환

(54) 무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 방법 및장치

(57) 요약

무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 기술들. 터미널에 의한 운동은 터미널에서 수신한 각각의 송신신호들의 주파수에서 도플러 시프트를 유발한다. 또한, 의사 범위의 간류 변화율은, 예를들어 (1) 터미널의 운동으로 인한 도플러 주파수 시프트를 포함하는 추정된 베이스밴드 주파수 에러, 및 (2) 위성에 의한 운동으로 인한 추정된 도플러 주파수 시프트에 기초하여 각각의 위성에 대하여 결정될 수 있다. 그후, 방정식 세트는 터미널, 기지국, 및 위성들의 결정된 위치들, 그리고 위성들에 대한 의사 범위의 간류 변화율들에 기초하여 구성된다. 그후, 터미널의 속도는 방정식 세트에 기초하여 추정될 수 있다.

대표도 - 도2



(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 벨리제, 캐나다, 스위스, 중국, 콜롬비아, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에쿠아도르, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 모잠비크, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨, 필리핀

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 모잠비크, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기스스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 터키

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우, 적도 기니

특허청구의 범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 방법으로서,

상기 터미널의 위치를 결정하는 단계;

상기 터미널과 통신하는 기지국의 위치를 결정하는 단계;

2개 이상의 위성 각각의 위치를 결정하는 단계;

각각의 위성에 대한 의사 범위의 잔류 변화율을 결정하는 단계;

상기 터미널, 상기 기지국, 및 상기 2개 이상의 위성의 결정된 위치에 기초하여 방정식 세트를 구성하는 단계로서, 상기 방정식 세트는 상기 2개 이상의 위성에 대하여 결정된 의사 범위의 잔류 변화율들에 기초하여 더 구성되는, 상기 방정식 세트를 구성하는 단계; 및

상기 방정식 세트에 기초하여 상기 터미널의 속도를 추정하는 단계를 포함하며,

각각의 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율은,

$$\dot{\rho}_{Si} = (\hat{f}_{bb, i} - \hat{f}_{vsat, i}) \cdot \lambda,$$

로 결정되며, 여기서,

$\dot{\rho}_{Si}$ 는 i 번째 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율이고,

$\hat{f}_{bb, i}$ 는 i 번째 위성에 대하여 추정된 베이스밴드 신호 주파수 에러이고,

$\hat{f}_{vsat, i}$ 는 i 번째 위성에 대하여 추정된 도플러 주파수 시프트이고,

λ 는 i 번째 위성으로부터의 신호와 관련된 파장인, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 2개 이상의 위성 각각으로부터 송신된 신호가 포함된 수신 신호를 다운컨버팅하여 베이스밴드 신호를 제공하는 단계; 및

각각의 위성에 대한 베이스밴드 신호의 주파수 에러를 추정하는 단계를 더 포함하며,

각각의 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율은 상기 위성에 대하여 추정된 베이스밴드 신호 주파수 에러에 부분적으로 기초하여 결정되는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

각각의 위성으로부터 송신된 신호의 주파수에서 도플러 시프트를 추정하는 단계를 더 포함하며,

각각의 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율은 상기 위성에 대하여 추정된 도플러 주파수 시프트에 부분적으로 기초하여 더 결정되는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

각각의 위성에 대한 캐리어 주파수의 오프셋을 추정하는 단계를 더 포함하며,

각각의 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율은 추정된 위성 캐리어 주파수 오프셋에 부분적으로 기초하여 더 결정되는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

각각의 위성에 대한 도플러 주파수 시프트는 상기 터미널 위치에서 추정되는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 터미널의 속도는 3 차원 프레임에 대하여 추정되는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 3 차원 프레임은 ECEF (지구 중심, 지구 고정) 프레임에 기초하는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

터미널의 속도는 2차원 프레임에 대하여 추정되는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 2차원 프레임은 ENU (동, 북, 상향) 프레임에 기초하는, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 10

무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 방법으로서,

상기 터미널의 위치를 결정하는 단계;

상기 터미널과 통신하는 기지국의 위치를 결정하는 단계;

2개 이상의 위성 각각의 위치를 결정하는 단계;

각각의 위성에 대한 의사 범위의 잔류 변화율을 결정하는 단계;

상기 터미널, 상기 기지국, 및 상기 2개 이상의 위성의 결정된 위치에 기초하여 방정식 세트를 구성하는 단계로서, 상기 방정식 세트는 상기 2개 이상의 위성에 대하여 결정된 의사 범위의 잔류 변화율들에 기초하여 더 구성되는, 상기 방정식 세트를 구성하는 단계; 및

상기 방정식 세트에 기초하여 상기 터미널의 속도를 추정하는 단계를 포함하며,

상기 방정식 세트는,

$$\overline{M} = A\overline{u} + \overline{N}$$

를 포함하고, 여기서,

\overline{M} 는 2개 이상의 위성에 대하여 결정된 의사범위의 잔류 변화율들의 벡터이고,

A 는 터미널, 기지국, 및 2개 이상의 위성들의 결정된 위치들에 기초하여 유도된 원소들의 행렬이며,

\overline{u} 는 터미널 속도에 대한 벡터이고,

\overline{N} 은 잡음 벡터인, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 터미널의 속도는,

$$\bar{u} = (A^T R_N^{-1} A)^{-1} A^T R_N^{-1} \bar{M}$$

로서 추정되고,

여기서, R_N 은 잡음 측정치의 공분산 행렬인, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,
상기 행렬 A 는,

$$A = \begin{bmatrix} \bar{1}_{SI} - \bar{1}_B \\ \vdots \\ \bar{1}_{SN} - \bar{1}_B \end{bmatrix}$$

로 정의되며, 여기서,

$\bar{1}_{Si}$ 는 i 가 2개 이상의 위성에 대한 인덱스일 때 i 번째 위성 위치로부터 상기 터미널 위치로 향하는 단위 벡터이고,

$\bar{1}_B$ 는 상기 터미널 위치로부터 상기 기지국 위치로 향하는 단위벡터인, 터미널 속도 추정 방법.

청구항 13

무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 결정하는 방법으로서,

고속 푸리에 변환 (FFT) 에 기초하여 코히런트 적분을 수행하여 FFT 결과들을 제공하는 단계와 상기 FFT 결과들을 논코히런트하게 적분하는 단계를 포함하는 상기 터미널에서 국부 발진기의 오프셋을 결정하는 단계;

상기 논코히런트하게 적분된 FFT 결과들을 복수의 주파수 bin들로 분류하는 단계;

상기 터미널에서 수신한 제 1 송신기로부터의 제 1 신호의 제 1 도플러 주파수 시프트를 추정하는 단계;

상기 터미널에서 수신한 제 2 송신기로부터의 제 2 신호의 제 2 도플러 주파수 시프트를 추정하는 단계;

상기 터미널에서 수신한 제 3 송신기로부터의 제 3 신호의 제 3 도플러 주파수 시프트를 추정하는 단계; 및

상기 국부 발진기 오프셋, 그리고 상기 제 1, 제 2, 및 제 3 도플러 주파수 시프트의 추정치에 기초하여 상기 터미널의 속도를 결정하는 단계를 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 및 제 3 도플러 주파수 시프트의 추정치들은 무선 통신 시스템에서 기지국에 의해 제공되는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 및 제 3 신호 각각으로부터 상기 제 1, 제 2, 및 제 3 도플러 주파수 시프트의 추정치들을 소

거하는 단계를 더 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 논코히런트하게 적분하는 단계는,

상기 FFT 결과들을 제공하고 누산하는 단계를 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 17

무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 결정하는 방법으로서,

고속 푸리에 변환 (FFT) 에 기초하여 코히런트 적분을 수행하여 FFT 결과들을 제공하는 단계와 상기 FFT 결과들을 논코히런트하게 적분하는 단계를 포함하는 상기 터미널에서 국부 발진기의 오프셋을 결정하는 단계로서, 상기 FFT 결과들을 논코히런트하게 적분하는 단계는 상기 FFT 결과들을 제공하고 누산하는 단계를 포함하는, 상기 오프셋을 결정하는 단계;

상기 터미널에서 수신한 제 1 송신기로부터의 제 1 신호의 제 1 도플러 주파수 시프트를 추정하는 단계;

상기 터미널에서 수신한 제 2 송신기로부터의 제 2 신호의 제 2 도플러 주파수 시프트를 추정하는 단계;

상기 터미널에서 수신한 제 3 송신기로부터의 제 3 신호의 제 3 도플러 주파수 시프트를 추정하는 단계;

상기 국부 발진기 오프셋, 그리고 상기 제 1, 제 2, 및 제 3 도플러 주파수 시프트의 추정치에 기초하여 상기 터미널의 속도를 결정하는 단계; 및

상기 논코히런트하게 적분된 FFT 결과들을 역확산하는 단계를 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 역확산하는 단계는,

복수의 PN 위상에서 상기 FFT 결과들을 의사랜덤 잡음 (PN) 시퀀스와 상관시키는 단계를 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

최대 상관값과 관련된 PN 위상을 각각의 송신기에 대하여 확인하는 단계를 더 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 최대 상관값을 갖는 FFT 빈에 대응하는 주파수 오프셋을 각각의 송신기에 대하여 확인하는 단계를 더 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 확인된 PN 위상에 기초하여 각각의 송신기에 대한 의사범위 측정치를 유도하는 단계; 및

상기 확인된 주파수 오프셋에 기초하여 의사 범위의 잔류 변화율을 유도하는 단계를 더 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 및 제 3 송신기에 대한 의사 범위 측정치들에 기초하여 상기 터미널의 위치를 결정하는 단계를 더 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

각각의 송신기에 대한 상기 의사 범위의 잔류 변화율은 상기 송신기에 대하여 확인된 주파수 오프셋에 상기 송신기로부터의 신호에 대한 파장을 곱하여 결정되는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 터미널의 추정된 위치와 상기 송신기들의 추정된 위치들에 기초하여 상기 터미널의 속도를 추정하는 단계를 더 포함하는, 터미널 속도 결정 방법.

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

명세서

<1> **배경**

<2> **분야**

<3> 본 발명은 일반적으로 통신 시스템에 관한 것으로, 특히 무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 기술에 관한 것이다.

<4> **배경**

<5> 터미널의 위치를 파악하는 일반적인 수단은, 알려진 위치들에 있는 다수의 소스들로부터 송신된 신호들이 터미널에 도달하는 데 요구되는 시간량을 결정한다. 알려진 위치들에 있는 복수의 송신기로부터 신호를 제공하는 한가지 시스템이 공지된 위성 위치확인 시스템 (GPS) 이다. GPS 시스템의 위성들은 GPS 마스터 플랜에 따라서 정확한 궤도들에 위치한다. GPS 위성들의 위치는, 위성들 자체에 의해 송신된 서로다른 세트의 정보들 (역서와 천체력) 에 의해 확인될 수 있다. 알려진 지상 기반 위치들에서 송신기들 (즉, 기지국들) 로부터의 신호를 제공하는 다른 시스템들은 무선 (셀룰러) 통신 시스템이다.

<6> 위성들 및/또는 기지국들로부터의 신호들은 터미널의 위치를 추정하는 데 사용할 수 있다. 이들 송신기로부터 송신된 신호들을 수신하여 처리하고, 송신기들로부터 터미널로 이동하는 데 요구되는 시간량을 추정하여 송신기들과 터미널간의 거리 (또는 범위)를 계산하는 데 그 신호들을 사용할 수 있다. 신호들 자체는 송신기들의 위치들을 나타내는 정보를 더 포함할 수 있다. 알려진 위치에서 3 개 이상의 송신기들로의 거리를 정확하게 결정하여, 삼변측량 (trilateration) 을 이용하여 터미널의 위치를 결정할 수 있다.

<7> 일부 경우에 그리고 일부 애플리케이션에 대해서는, 터미널의 속도도 확인될 필요가 있다. 속도를 추정하는 한가지 단순한 기술에서는, 일련의 위치 고정 (position fix) 을 터미널에 대하여 결정하며, 그 속도를 추정하는 데 이용한다. 그러나, 이 기술은 여러 가지 단점들을 갖는다. 한가지 단점은 속도를 추정하기 위한 위치 결정의 이용에 관련된다. 위치 결정이 짧은 시간 인터벌로 결정되는 경우, 위치 고정에서의 작은 에러는 속도 추정치에 큰 에러를 일으킨다. 위치 고정이 긴 시간 인터벌로 결정되는 경우, 위치고정은 순간적인 속도 대신에 터미널의 평균 속도를 더 나타낼 수 있다.

<8> 두번째 단점은 터미널에서 공유된 리소스와 관련된다. 다양한 터미널 설계에서, 보이스 및/또는 데이터 통신에 대하여 이용되는 일부 또는 모든 요소들도 위치 결정에 이용할 수 있다. 일반적으로, 이들 터미널 설계는 공유 요소들이 통신과 위치 결정 양쪽에 동시에 이용될 수 있도록 하지는 않는다. 그결과, 일반적으로 위치가 결정되면 통신은 금지되며, 그 역일 수도 있다. 여러 가지 연속적인 위치 고정을 얻는 것은, 터미널이 연장된 시간 주기에 대한 GPS 모드에 머무르고, 반복적으로 통신을 인터럽트하도록 요구한다.

<9> 따라서, 무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 효율적이고 정확하게 추정하는 기술이 당업계에서 요구되고 있다.

<10> **요약**

<11> 본 발명의 양태들은 무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 기술들을 제공한다. 터미널에 의한 운동은 터미널에서 수신한 각각의 송신 신호에 주파수의 도플러 시프트를 유발한다. 이 도플러 시프트는 터미

널들의 속도와 관련되며, 이는 다수의 위성에 대한 송신 신호들(터미널에서 수신됨)의 주파수 에러 세트를 제공하도록 수신 신호를 처리하여 정확하게 추정할 수 있다. 이하, 다양한 시나리오를 상세하게 설명하며, 터미널의 속도는 (1) 기지국과 위성들 양쪽으로부터의 신호들에 기초하거나 단지 위성들로부터의 신호들에 기초하여, 그리고 (2) 3차원(예를들어, 지구중심 또는 지구고정) 또는 2차원(예를들어, 동, 북) 프레임에 대하여 추정될 수 있다.

<12> 본 발명의 특정 실시형태는 무선 통신 시스템에서 터미널의 속도를 추정하는 방법을 제공한다. 본 방법에 따르면, 터미널, 기지국, 및 2개 이상의 위성들 각각의 위치들이 처음에 결정된다. 의사 범위의 잔류 변화율도 각각의 위성에 대하여 결정된다. 그후, 방정식 세트는 터미널, 기지국 및 위성들의 결정된 위치들, 그리고 위성에 대한 의사 범위의 잔류 변화율에 기초하여 구성된다. 그후, 터미널의 속도는 방정식 세트에 기초하여 추정된다.

<13> 위성들에 대한 의사 범위의 잔류 변화율을 결정하기 위해서, 처음에 수신 신호(위성들로부터 송신된 신호를 포함함)가 다운컨버팅되어 베이스밴드 신호를 제공한다. 그후, 베이스밴드 신호의 주파수 에러가 각각의 위성에 대하여 결정된다. 또한, 각각의 위성으로부터의 신호의 주파수의 도플러 시프트가 추정된다. 그후, 각각의 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율은 추정된 베이스밴드 주파수 에러 및 위성에 대한 도플러 주파수 시프트에 기초하여 결정된다.

<14> 일부 시나리오에 대하여, 터미널의 속도는 기지국을 이용하지 않고 추정될 수 있다. 이 경우, 의사 범위의 잔류 변화율이 3개 이상의 위성에 대하여 결정되고, 수신 신호를 다운컨버팅하기 위한 발진기의 주파수 에러는 추가적인 위성 측정치를 이용하기 위해서 해를 구할 수 있는 추가적인 미지수가 된다. 이하, 속도 추정 기술들을 보다 상세하게 설명한다.

<15> 이하 설명하는 바와 같이, 본 발명은, 다른 방법들, 컴퓨터 프로그램 제품, 수신기 유닛, 터미널, 및 다양한 본 발명의 양태, 실시형태, 및 특징들을 실행하는 장치와 엘리먼트를 제공한다.

<16> **도면의 간단한 설명**

<17> 이하, 첨부도면과 관련하여 상세한 설명에서 본 발명의 특징, 특성, 및 이점을 보다 명확하게 설명하며, 도면에서 동일한 도면부호는 명세서 전반에 걸쳐서 동일한 대상을 가리킨다.

<18> 도 1 은 본 발명의 다양한 양태들과 실시형태들이 구현하는 시스템의 개략도이다.

<19> 도 2 는 위치와 속도를 결정하기 위해서 터미널에서 수행되는 일부 프로세싱의 실시형태의 블록도이다.

<20> 도 3 은 위성들과 기지국으로부터의 신호들에 기초하여 터미널의 속도를 추정하는 프로세스의 실시형태의 플로우차트이다.

<21> **상세한 설명**

<22> 도 1 은 본 발명의 다양한 양태 및 실시형태를 구현할 수 있는 시스템의 개략도이다. 위치 및 속도를 확인할 터미널(110)은 다수의 송신기로부터 송신된 신호를 수신하며, 이들 송신기는 무선 통신 시스템의 기지국들(120) 및/또는 지상 위치확인 시스템(GPS)의 위성들(130)일 수 있다. 일반적으로, 위치가 알려진 또는 확인될 수 있는 임의의 유형의 송신기들이 위치 및 속도를 추정하기 위해서 사용될 수 있다.

<23> 터미널(110)은 기준 시간에 대하여 송신된 신호의 도달 시간들을 결정할 수 있는 장치일 수 있다. 일 실시 형태에서, 터미널(110)은 다수의 송신기로부터 신호를 수신할 수 있는 셀룰러 전화기이다. 다른 실시 형태에서, 터미널(110)은 무선 모뎀, 스탠드 어론 GPS 수신기, 위성 및/또는 기지국들로부터 신호들을 수신할 수 있는 수신기, 또는 임의의 다른 유형의 수신기들을 갖는 전자 유닛(예를들어, 컴퓨터 터미널, 퍼스널 디지털 어시스턴스(PDA), 등)일 수 있다.

<24> 터미널(110)의 위치 및 속도는, 터미널에서 수신된 신호(예를들어, GPS 위성 및/또는 기지국들로부터 송신된 신호) 플러스 신호가 발신된 송신기들의 위치에 기초하여 추정된다. 터미널의 위치 및 속도는 터미널, 무선 통신 시스템의 위치 결정 장비(PDE; Position Determining Equipment; 140), 기지국, 또는 일부 다른 엔터티에 의해 추정된다. 위치 및 속도 추정을 수행하는 엔터티에는 필요한 정보(예를들어, 관련 측정치 및 이들 위치를 결정하는 송신기 또는 수단들의 위치)가 제공된다.

<25> GPS 위성의 위치는 위성들에 의해 송신된 신호를 처리하여 확인될 수 있다. 각각의 위성은 "역서(Almanac)" 정보를 송신하며, 이는 성좌의 모든 위성들의 대략적인(coarse) 위치에 관한 정보를 포함한다.

각각의 위성은 "천체력(Ephemeris)" 정보를 더 송신하며, 이는 지구상의 트래킹하는 국들에 의해 트래킹되고 보고된 그 자신의 보다 정확한 궤도를 포함한다. 또한, 기지국들의 위치는 터미널에 대하여 위치 및 속도 추정을 수행하는 엔터티에 알려진다 (예를들어, 메시지를 통하여). 예를들어, 터미널은 기지국들 및/또는 위성들의 위치 데이터베이스를 포함하거나, 이들 위치는 PDE 또는 기지국에 의해 제공될 수 있다. 다른 방법으로, 기지국 또는 PDE 는 터미널에 대한 위치 및 속도 추정을 수행할 수 있으며, 위성 및/또는 기지국 위치에 대한 정보를 가질 수 있다. 또한, 위성들 및/또는 기지국에 대한 위치 정보는 메시지를 통하여 송신될 수 있다.

<26> GPS 위성들 및 기지국들은 터미널의 위치를 추정하기 위한 기준점들로서 이용될 수 있다. 알려진 위치에 있는 3개의 기지국들로의 거리들을 정확하게 측정함으로써, 터미널의 위치를 삼변측량법 (trilateration) 을 이용하여 결정할 수 있다. 터미널은 송신기로부터 터미널로 이동하는 신호에 대하여 요구되는 시간을 측정하여 각각의 송신기로의 거리를 추정할 수 있다. 신호가 송신기로부터 송신되는 시간이 알려지는 경우 (예를들어, 신호에 스탬핑됨), 신호의 이동 시간은 신호가 터미널에서 수신되는 시간을 관측하여 결정될 수 있다 (그 내부 클럭에 기초함). 그러나, 일반적으로 송신과 수신간의 시간량은 송신기 및 터미널에서의 클럭들간의 오프셋으로 인하여, 정확하게 결정될 수 없다. 일반적으로, "의사 범위 (pseudo-range)" 는 기준 시간 및 신호가 수신되는 시간간의 차이에 기초하여 구해진다.

<27> 도 2 는 터미널의 위치와 속도를 추정하기 위해서 터미널 (110a) 에 의해 수행되는 프로세싱의 일부의 실시형태를 나타내는 블록도이다. 기지국 및/또는 위성들에 의해 송신되는 신호는 처음에 안테나 (212) 에 의해 수신되어 증폭기/필터 블록 (214) 에 제공되며, 이는 수신 신호를 조절 (예를들어, 필터 및 증폭기) 하여 조절된 라디오 주파수 (RF) 신호를 제공한다. 그후, 믹서 (216) 는 발진기 (218) 에 의해 제공된 국부 발진기 (LO) 신호로 RF 신호를 베이스밴드로 다운컨버팅한다. 베이스밴드 신호는 증폭기/필터 블록 (220) 에 의해서 추가로 증폭 및 필터링된 후, 아날로그/디지털 컨버터 (ADC; 222) 에 의해서 디지털화되어 (복소) 데이터 샘플들을 제공한다.

<28> 일반적인 수신기 디자인에서는, 증폭기, 필터, 믹서 등의 하나 이상의 단이 있을 수 있다. 예를들어, 수신 신호는 먼저 제 1 LO 신호에 의해 중간 주파수 (IF) 로 다운컨버팅된 후에, 제 2 LO 신호들에 의해 베이스밴드로 (쿼드러처) 다운컨버팅된다. 간단하도록, 이들 다양한 신호 조절 단계 (signal conditioning stage) 들은 도 2 에 나타난 바와 같이 한 묶음으로 나타낸다. 예를들어, 믹서 (216) 는 하나 또는 다수의 다운컨버팅 단계들을 나타낼 수 있다 (예를들어, RF 로부터 IF 로, 그리고 IF 로부터 베이스밴드로).

<29> 도 2 에 나타난 실시형태에서, 데이터 샘플은 신호 발생기 (226) 에 의해 제공된 캐리어 신호로 데이터 샘플의 중심 주파수를 변환하는 로테이터 (224; rotator) 에 제공된다. 로테이터 (224) 는 데이터 샘플들에 캐리어 신호를 곱하여 회전된 데이터 샘플들을 제공하는 복소 디지털 승산기로서 구현된다. 그후, 복조기 (228) 는 회전된 데이터 샘플을 수신하고 추가로 처리하여 다양한 유형의 정보 (예를들어, 이하 설명하는 바와 같이 주파수 및 타이밍 정보) 를 제공하며, 후속 디코더 (230) 에 대하여 복조된 데이터를 제공할 수도 있다.

<30> 컨트롤러 (240) 는 복조기 (228) 로부터 주파수 및 타이밍 정보를 수신하고, 제어 신호들을 발진기 (218) 및/또는 신호 발생기 (226) 에 제공한다. 이들 제어 신호는 믹서 (216) 에 제공된 LO 신호의 주파수, 및 로테이터 (224) 에 제공된 캐리어 신호의 주파수를 설정 또는 조절하는 데 사용될 수 있다.

<31> 터미널의 속도는 공칭 캐리어 주파수 (nominal carrier frequency) 에 대하여 송신된 신호의 캐리어 주파수 오프셋 (터미널에서 수신됨) 에 기초하여 추정될 수 있다. 각각의 위성은 지구에 대하여 고정된 프레임에 대한 속도 벡터 \vec{v}_{sz} 로 이동하며, 또한 터미널은 이 프레임에 대하여 속도 벡터 \vec{v}_z 로 이동할 수 있다. 각각의 위성은 $f_{Csat,i}$ 의 캐리어 주파수의 신호를 송신하고, 이 신호는 $f_{Rsat,i}$ 의 주파수로 터미널에서 수신된다.

신호의 수신 및 송신 주파수는,

<32>
$$f_{Rsat,i} = f_{Csat,i} + f_{Vsat,i} + f_{Vter,i} \quad \text{식 (1)}$$

<33> 로 표현될 수 있으며, 여기서,

<34> $f_{Csat,i}$ 는 i 번째 위성으로부터 송신된 신호의 주파수이고,

<35> $f_{Vsat,i}$ 는 위성의 운동으로 인한 i 번째 위성의 캐리어 주파수의 도플러 시프트 (터미널에서 관찰됨) 이고 ($f_{Vsat,i}$ 는 위성의 속도와 관련됨),

<36> $f_{Vter,i}$ 는 터미널의 운동으로 인한 i 번째 위성의 캐리어 주파수의 도플러 시프트 (터미널에서 관찰됨) 이고 ($f_{Vter,i}$ 는 터미널의 속도와 관련됨),

<37> $f_{Rsat,i}$ 는 터미널에서 수신한 i 번째 위성의 송신 신호의 주파수이다.

<38> 도 2 에 나타난 바와 같이, 수신 신호는 f_{Cter} 의 주파수를 갖는 LO 신호로 믹서 (216) 에 의해 다운컨버팅된다.

i 번째 위성에 의해 송신된 신호의 주파수는, 공칭 주파수 (즉, $f_{Csat,i} = f_{nom} + f_{Osat,i}$) 에 대하여 공칭 캐리어 주파수 f_{nom} , 플러스 오프셋 (또는 에러), $f_{Osta,i}$ 와 동일하게 표현할 수 있고, 터미널의 발진기 주파수 f_{Cter} 은 공칭 주파수 (즉, $f_{Cter} = f_{nom} + f_{Oter}$) 에 대하여 공칭 캐리어 주파수 f_{nom} 플러스 오프셋 f_{Oter} 과 동일하게 표현될 수 있다. 이 경우, 식 (1) 은,

<39>
$$f_{Rsat,i} = f_{nom} + f_{Osat,i} + f_{Vsat,i} + f_{Vter,i} \quad \text{식 (2)}$$

<40> 로서 표현할 수 있다.

<41> 믹서 (216) 에 의해 다운컨버팅된 후에, i 번째 위성의 베이스밴드 신호는 $f_{bb,i}$ 의 주파수 에러 (0Hz 로부터) 를 가지며, 이는,

<42>
$$f_{bb,i} = f_{Rsat,i} - f_{Cter}$$

<43>
$$= (f_{nom} + f_{Osat,i} + f_{Vsat,i} + f_{Vter,i}) - (f_{nom} + f_{Oter}) \quad \text{식 (3)}$$

<44>
$$= f_{Vsat,i} + f_{Vter,i} + f_{Osat,i} - f_{Oter}$$

<45> 로 표현할 수 있다.

<46> 이하 보다 상세하게 설명하는 바와 같이, 터미널의 속도는 터미널의 운동으로 인한 수신 신호의 도플러 주파수 시프트 $f_{Vter,i}$ 와 관련된다. 터미널의 도플러 주파수 시프트를 결정하기 위해서, 식 (3) 의 다른 항 $f_{Vsat,i}$, $f_{Osat,i}$ 및 f_{Oter} 이 추정 및 소거되거나 밝혀질 수 있다.

<47> 일 실시형태에서, 위성의 운동으로 인한 수신 신호의 도플러 주파수 시프트 $f_{Vsat,i}$ 가 추정된다 (예를들어, 보조 엔터티에 의해, 그리고 터미널의 속도 및 위치를 추정하기 위한 계산을 수행하는 일부 다른 엔터티 및 터미널에 제공됨). 보조 엔터티는 위성을 트래킹하고, 위성의 속도 및 도플러 주파수 시프트를 추정하는 능력을 갖는 기지국일 수 있다.

<48> 지구상의 특정 기준 위치 (예를들어, 기지국의 위치 또는 터미널의 위치) 에 대한 위성의 속도 V^{si} 는 위성의 천체력 정보를 이용하여 정확하게 결정된다. 이 특정 기준 위치의 정확성은 위성의 도플러 주파수 시프트값에 단지 심하지 않게 영향을 미친다. 예를들어, 기준 위치에서 1 킬로미터의 에러는 위성의 도플러 주파수 시프트에 1Hz 보다 작은 에러를 유발한다. 이 경우, 위성의 도플러 시프트는 처음에 기지국의 위치에서 추정될 수 있다. 터미널이 기지국의 10km 범위내에 위치하는 경우, 기지국에서 추정한 위성의 도플러 시프트는 터미널에서 10Hz 보다 작은 에러를 가질 수 있으며, 이는 다양한 애플리케이션에서 허용가능하다. 그후, 위성의 도플러 주파수 시프트는, 터미널의 위치가 당업계에 알려진 다수의 위치 결정 기술에 기초하여 추정되는 경우, 터미널의 위치 (기지국의 위치 대신에) 에서 보다 정확하게 추정될 수 있다. 도플러 주파수 시프트는 터미널의 속도를 결정하기 위해서 사용할 각각의 위성에 대하여 추정될 수 있다.

<49> 기지국 주파수 에러 $f_{bb,i}$ 가 추정되고 이하 보다 상세하게 설명하는 방법으로 터미널의 속도를 추정하는 데 사용될 수 있다. 일 실시형태에서, 기지국 주파수 에러 $f_{bb,i}$ 는 송신기로부터 신호의 주파수를 획득 및 트래킹하는 데 사용되는 주파수 제어 루프에 기초하여 추정될 수 있다. 신호의 수신 주파수 (주파수 제어 루프에 의해 트래킹됨) 는 신호의 공칭 캐리어 주파수로부터 감산되어 송신기에 대한 베이스밴드 주파수 에러 $f_{bb,i}$ 를 제공한다. 하나의 주파수 제어 루프는 각각의 송신기로부터 신호를 획득하고 트래킹하는 데 사용될 수 있다.

<50> 다른 실시형태에서, 베이스밴드 주파수 에러 $f_{bb,i}$ 는 데이터 샘플들에 신호 프로세싱을 수행하여 추정된다.

개선된 긴급 911 (E-911) 서비스에 대하여 연방 통신 협회 (FCC) 에 의해 지정된 요건들을 충족시키기 위해서, 터미널은 곤란한 환경 (예를들어, 밀집 도시 지역 및 실내) 에서, 그리고 낮은 신호대잡음플러스간섭비로 작동할 필요가 있다. 이를 달성하기 위해서는, 보다 긴 시간에 대한 수신 신호의 코히런트 적분이 잡음 존재시 신호를 검출하기 위해서 필요하다. 큰 손실을 겪지 않고, 더 길게 신호를 적분하기 위해서는, 주파수 에러가 가능한 작게 되도록 터미널에 의해 수신된 송신 신호의 주파수를 더욱 잘 추정하는 것이 필요하다. 주파수 에러는 위성의 도플러 주파수 시프트 및 캐리어 주파수 오프셋을 추정 및 소거하여 감소될 수 있다.

<51> 일 실시형태에서, 위성 캐리어 주파수 오프셋 $f_{0sat,i}$ 는 위성에 의해 송신된 천문력 정보에 기초하여 추정된다.

추정된 위성 캐리어 주파수 오프셋 $\hat{f}_{0sat,i}$ 는 위성 도플러 주파수 시프트 $\hat{f}_{vsat,i}$ 의 초기 추정치와 합성되어 터미널에 제공될 수 있다.

<52> 터미널은 위성 도플러 주파수 시프트 $\hat{f}_{vsat,i}$ 의 초기 추정치 (예를들어, 기지국의 위치에 대하여 결정됨), 및 추정된 위성 캐리어 주파수 오프셋 $\hat{f}_{0sat,i}$ 를 수신하고 (또는, 가능하게는 유지함), 로테이터의 캐리어 신호의 주파수를 이 주파수 (즉, $f_{gen,i} = \hat{f}_{vsat,i} + \hat{f}_{0sat,i}$) 로 설정한다. 캐리어 신호를 갖는 데이터 샘플들을 로테이터 (224) 에 의해 디지털 회전시킨 후에, 회전된 데이터 샘플은 $f_{rot,i}$ 의 주파수 에러 (0Hz로부터) 를 갖게 되며, 이는,

<53>
$$f_{rot,i} = f_{bbi} - (\hat{f}_{vsat,i} + \hat{f}_{0sat,i})$$

<54>
$$= f_{vsat,i} + f_{vter,i} + f_{0sat,i} - f_{0ter} - \hat{f}_{vsat,i} - \hat{f}_{0sat,i}$$
 식 (4)

<55>
$$= \Delta f_{vsat,i} + f_{vter,i} + \Delta f_{0sat,i} - f_{0ter}$$

<56> 로 표현되며, 여기서,

<57> $\Delta f_{vsat,i}$ 는 i 번째 위성의 도플러 주파수 시프트의 초기 추정치의 에러이고 (즉, $\Delta f_{vsat,i} = f_{vsat,i} - \hat{f}_{vsat,i}$), $\Delta f_{0sat,i}$ 는 i 번째 위성의 캐리어 오프셋의 추정치의 에러이다 (즉, $\Delta f_{0sat,i} = f_{0sat,i} - \hat{f}_{0sat,i}$).

<58> 일반적으로, 주파수 에러 $f_{rot,i}$ 는, 식 (4) 의 합인 각각의 성분들의 추정된 범위에 기초하여 추정할 수 있는 범위내에 있을 수 있다. 일반적으로, 위성의 도플러 주파수 시프트 $f_{vsat,i}$ 는 ± 5 kHz 정도이며, 위성의 도플러 주파수 시프트의 초기 추정치의 에러 $\Delta f_{vsat,i}$ 는 일반적으로 수십 헤르쯔 정도이다. 터미널의 도플러 주파수 시프트 $f_{vter,i}$ 는 이상적인 차량 속도에 대하여 ± 200 헤르쯔의 범위내에 있고, 위성의 캐리어 주파수 오프셋의 추정치의 에러 $\Delta f_{0sat,i}$ 는 무시할 수 있다. 터미널의 주파수 오프셋 f_{0ter} 는 다양한 인자들에 의존한다.

그러나, 터미널의 발진기가 기지국 캐리어 주파수에 고정되고 이어서 기지국이 매우 정확한 주파수 베이스를 갖는 경우, 이 항은 $f_{vter,i}$ 와 동일한 범위를 갖게 된다. 따라서, 이런 환경에서, 회전된 데이터 샘플 $f_{rot,i}$ 의 주파수 에러는 ± 500 헤르쯔 범위내에 있게 된다.

<59> 일 실시형태에서, 회전된 데이터 샘플들의 주파수 에러 $f_{rot,i}$ 는 (1) 대략적인 주파수 선택 (coarse frequency selection), (2) 코드 위상 선택, 및 (3) 정교한 주파수 선택 (fine frequency selection) 을 수행하여 추정될 수 있다. 대략적인 주파수 선택은 터미널의 캐리어 주파수 에러의 대략적인 추정치를 제공하여, f_{0ter} 이 가능한 작아져서 데이터 샘플들로부터의 위성 도플러 주파수 시프트의 초기 추정치를 소거하게 된다. 코드 위상 선택은 터미널에서 수신한 각각의 송신된 신호의 타이밍을 결정한다. 그후, 타이밍은 송신기에 대한 의사 범위를 추정하기 위해서 사용된다. 정교한 주파수 선택은 로테이터 주파수 에러 $f_{rot,i}$ 를 추정한다.

필요한 타이밍 및 주파수 에러 정보를 유도하기 위해서 다른 처리 순서 및/또는 다른 방식도 이용할 수 있으며, 이는 본 발명의 범위내에 속하는 것이다.

<60> 코드 위상 서치에 대하여, 수신된 신호는 터미널의 위치 및 속도를 추정하는 데 사용되는 각각의 송신된 신호에 대한 타이밍을 결정하기 위해서 처리된다. 베이스밴드 주파수 에러 $f_{bb,i}$ 는, 송신된 신호가 확산 코드로 확산될 수 있는 데이터를 포함하기 때문에, 논퓨어 톤 (none-pure tone) 이다. 일반적으로, 이 확산 코드는, GPS 위성에 대하여 사용되는 골드 PN 코드 같은 의사랜덤 잡음 (PN) 시퀀스이다. 송신된 신호의 타이밍은 송신기에서 사용되는 동일한 확산 시퀀스로 회전된 데이터 샘플들을 상관시켜서 터미널에서 결정될 수 있다.

<61> 특히, 회전된 데이터 샘플은 국부적으로 발생된 다양한 오프셋 (또는 위상) 의 PN 시퀀스와 상관되며, 각각의 PN 위상은 송신된 신호들의 타이밍에 대한 가설 (hypothesis) 에 대응한다. 각각의 가설에 대하여, 데이터 샘플의 짧은 단편 (즉, 베이스밴드 주파수 에러와 관련하여 짧은) 은 그 가설에 대해 PN 시퀀스와 상관될 수 있으며, 다수의 단편에 대한 상관 결과는 가설에 대하여 상관 결과를 제공하도록 (논코히런트하게) 누산될 수 있다. 위성 도플러 주파수 시프트를 제거함으로써, 회전된 데이터 샘플들의 주파수 에러가 감소되며, 신호 검출을 향상시키기 위해서 더 긴 적분 시간 (즉, 더 긴 단편) 을 코히런트 적분에 사용할 수 있다. 또한, 상관으로부터의 보다 큰 에너지는 베이스밴드 신호로부터 데이터를 추출하기 위해 변조를 실행한다.

<62> 정교한 주파수 서치 단계에 있어서, 다양한 주파수 오프셋의 에너지량을 결정하기 위해서 코히런트 적분과 논코히런트 적분을 이용함으로써 상관에 대하여 가설이 테스트된다. 코히런트 적분은 고속 푸리에 변환 (FFT), 또는 일부 다른 적절한 회전 및 누적 상관 기술에 기초하여 수행된다. 특히, 회전된 데이터 샘플은, 복구할 특정 송신 신호와 연관된 PN 코드로 인코딩되는 국부적으로 발생된 시퀀스와 상관될 수 있다. 상관은 N_{FFT} 단편 (segment) 들이 N_{FFT} 상관값들의 벡터를 제공하도록 수행될 수 있다. 그후, N_{FFT} -포인트 FFT 가 상관값들의 벡터에 수행된다. FFT 로부터의 출력은 데이터 샘플이 국부적으로 발생된 시퀀스와 얼마나 강력하게 상관하는 지를 나타낸다. 또한, 피크 상관값이 발생하는 특정 주파수 빈은, 처리되는 위성 (즉, 국부적으로 발생된 시퀀스가 인코딩되는 PN 코드와 연관된 위성) 으로부터 수신한 신호로부터 국부적으로 발진한 시퀀스의 주파수 오프셋을 나타낸다. 최대 에너지를 갖는 주파수 빈은 최선의 주파수 및 코드 위상 가설을 산출한다 (즉, 이 주파수 빈은 회전된 데이터 샘플들에서 주파수 에러의 최선의 추정치 $f_{rot,i}$ 이다).

<63> 주파수 서치 단계는 회전된 데이터 샘플들의 주파수 에러의 추정치 $f_{rot,i}$ 를 제공하며, 이는,

$$\hat{f}_{rot,i} = \Delta f_{Vsat,i} + \hat{f}_{Vter,i} + \Delta f_{Osat,i} - f_{Oter} \quad \text{식 (5)}$$

<65> 로 표현할 수 있다.

<66> 그후, 베이스밴드 주파수 에러는, (1) 위성 도플러 주파수 시프트, $\hat{f}_{Vsat,i}$ 의 최초 추정치 (이는 기지국의 위치에서 결정되었을 수 있음), 및 (2) 회전된 데이터 샘플의 추정된 주파수 $\hat{f}_{rot,i}$ 로 추정된 위성 캐리어 주파수 오프셋 $\hat{f}_{Osat,i}$ 를 다시 합산하여 추정될 수 있다. 이는,

$$\begin{aligned} \hat{f}_{bb,i} &= \hat{f}_{rot,i} + (\hat{f}_{Vsat,i} + \hat{f}_{Osat,i}) \\ &= \Delta f_{Vsat,i} + \hat{f}_{Vter,i} + \Delta f_{Osat,i} - f_{Oter} + \hat{f}_{Vsat,i} + \hat{f}_{Osat,i} \end{aligned} \quad \text{식 (6)}$$

$$= \hat{f}_{Vsat,i} + \hat{f}_{Vter,i} + \Delta f_{Osat,i} - f_{Oter}$$

<70> 로서 표현되며, $\hat{f}_{bb,i}$ 는 추정된 기지국 주파수 에러이다. 식 (6) 에서, $\hat{f}_{bb,i}$ 는 터미널에 의해 추정될 수 있고, $\hat{f}_{Vsat,i}$ 는 후속하여 보다 정확하게 터미널의 위치 (일단 결정됨) 에 대하여 추정될 수 있고, $\hat{f}_{Vter,i}$ 는 터미널의 속도와 관련되어 미지수이고, $\hat{f}_{Osat,i}$ 는 추정되고 밝혀지며, f_{Oter} 도 해를 구해야할 미지수일 수 있다.

<71> 위에 나타낸 바와 같이, 베이스밴드 주파수 에러는 주파수 제어 또는 트래킹 루프를 사용하지 않고 추정할 수 있다. 이 경우, 베이스밴드 주파수 에러는 다수의 PN 위상 가설 및 다수의 주파수빈에 대하여 상관하여 추정할 수 있다. 주파수 빈의 사이즈는 코히런트 적분 주기와 관련된다. 더 긴 코히런트 적분 주기는, 적분 손실을 감소시키기 위해서 더 작은 주파수 빈 사이즈들을 요구하여 더 높은 정확성을 갖게 된다.

<72> 터미널의 발진기가 기지국의 캐리어 주파수에 종속되거나 고정되는 경우, 또는 통신 시스템의 주파수 베이스가

(1) 정확하거나 (GPS 시스템으로부터 또는 매우 정확한 클럭으로부터 유도됨), (2) 안정되지만 일정한 알려진 양만큼 벗어나는 경우에는(정확한 소스에 대하여 측정됨), 터미널의 발진기 주파수 오프셋 f_{Oter} 의 알려지지 않은 부분이 기지국에 대한 터미널의 운동으로 인한 도플러 주파수 시프트에 대응한다.

<73> 터미널의 속도 \bar{v}_T 는 다음과 같이 추정 베이스밴드 주파수 $\hat{f}_{bb,i}$ 에 기초하여 추정될 수 있다. 처음에, 터미널의 속도와 위치를 추정하기 위해 사용할 각각의 송신기 (즉, 각각의 위성 및/또는 각각의 기지국) 에 대한 의사 범위 측정값은 송신기에 의해 송신된 신호의 도달 시간 (예를들어, 코드 위상 처리로부터의 PN 오프셋에 의해 식별됨) 에 기초하여 결정될 수 있다. 그후, 터미널의 위치는 송신기들 및 그들의 위치에 대한 의사범위 측정치를 이용하여 추정된다. 위치 결정은 당업계에 공지된 다양한 기술들을 이용하여 수행할 수 있다.

<74> 그후, 의사 범위의 잔류 변화율은 식 (6) 에 나타난 추정된 베이스밴드 주파수 에러에 기초하여 유도할 수 있다. 이 베이스밴드 주파수 에러를 추정하기 위해서, 처음에 각각의 송신기 (예를들어, 각각의 위성) 의 운동에 의한 도플러 주파수 시프트가 추정되어 (예를들어, 기지국 위치에서), 터미널 (또는 PED 나 일부 다른 엔터티) 에 제공된다. 베이스밴드 주파수 에러는 위치 및 속도 추정에 사용할 각각의 송신기 (예를들어, 각각의 위성) 에 대하여 위에서 설명한 방법으로 추정할 수 있다. 위에서 설명한 실시형태에 대하여, 기지국 주파수 에러는 회진된 데이터 샘플의 주파수 에러를 결정하고 송신기의 도플러 주파수 시프트의 초기 추정치를 합하여 추정할 수 있다. 각각의 송신기에 대하여, 베이스밴드 주파수 에러 추정값 $\hat{f}_{bb,i}$ 는, 식 (6) 에 나타난 바와 같이,

<75>
$$\hat{f}_{bb,i} = f_{vsat,i} + \hat{f}_{vter,i} + f_{osat,i} - f_{Oter}$$
 식 (7)

<76> 로 표현할 수 있으며, 여기서,

<77> i 는 송신기에 대한 인덱스이다 (즉, $i = 1, 2, \dots$) .

<78> 터미널의 속도 \bar{v}_T (예를들어, x , y , 및 z 평면에서) 및 터미널 캐리어 주파수 에러 f_{Oter} 은 해를 구해야할 미지수이다. 이들 미지수를 구하기 위해서, 각각의 송신기에 대한 베이스밴드 주파수 에러 추정치 $\hat{f}_{bb,i}$ 는 공칭 캐리어 주파수, f_{nom} (터미널 또는 위성 발진기 주파수) 에 파장 λ 를 곱함으로써, 속도 (초당미터) 로 변환될 수 있다. 위성 위치들이 알려지지 않고 터미널 위치가 위에 지적한 바와 같이 결정되지 않는다고 가정하면, 미지수들은,

<79>
$$\hat{f}_{bb,i} \cdot \lambda = \hat{f}_{vsat,i} \cdot \lambda - \bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Si} + \hat{f}_{osat,i} \cdot \lambda - f_{Oter} \cdot \lambda$$
 식 (8)

<80> 로 표현할 수 있으며, 여기서,

<81> $\hat{f}_{vsat,i}$ 는 위성 도플러 주파수 시프트 (예를들어, 터미널 위치에서 결정됨) 의 교정된 (그리고, 일반적으로 보다 정확한) 추정치이고,

<82> \bar{v}_T 는 터미널의 속도 벡터 (해를 구해야할 미지수) 이고,

<83> $\bar{1}_{Si}$ 는 터미널로부터 위성으로의 단위 벡터이다 (위성 및 터미널의 알려진 좌표로부터 결정됨).

<84> 식 (7) 과 (8) 로부터, 터미널의 속도는

<85>
$$\hat{f}_{vter,i} \cdot \lambda = -\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Si}$$
 식 (9)

<86> 로 표현할 수 있다.

<87> i 번째 위성에 대한 의사 범위의 잔류 변화율 (위성 운동과 캐리어 주파수 오프셋의 효과가 추정 및 제거된 후) 은,

<88>
$$\dot{\rho}_{Si} = -(\hat{f}_{bb,i} - \hat{f}_{vsat,i} - \hat{f}_{osat,i}) \cdot \lambda \bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Si} + f_{Oter} \cdot \lambda$$
 식 (10)

<89> 로 표현할 수 있다.

<90> 의사 범위의 잔류 변화율 $\dot{\rho}_{Si}$ 는 (1) 추정된 베이스밴드 주파수 에러 $\hat{f}_{bb,i}$, (2) 위상 도플러 주파수 시프트의 교정된 추정값 $\hat{f}_{vsat,i}$, (3) 위상 캐리어 주파수 오프셋의 추정치 $\hat{f}_{osat,i}$, 및 (4) 발진기 주파수의 과장 λ 에 기초하여, 각각의 위성에 대하여 결정될 수 있다. 또한, 식 (8) 과 (10) 은 위성에 대한 의사범위의 잔류 변화율이 터미널 도플러 주파수 시프트 $f_{vter,i}$ 및 터미널 캐리어 주파수 에러 f_{oter} 에 기인하는 것을 나타낸다.

<91> 식 (10) 은 다양한 시나리오에 대하여 터미널의 속도 \vec{v}_T 를 추정하는 데 사용될 수 있다. 예를들어, 식 (10) 은 위성들과 기지국들 양쪽으로부터의 신호를 위치 및 속도 추정에 사용하는 경우 또는 단지 위성으로부터의 신호들을 위치 및 속도 추정에 사용하는 경우에 이용할 수 있다. 또한, 식 (10) 은 임의의 좌표 프레임 및 차원에 적용할 수 있다. 이하, 이들 시나리오의 일부를 보다 상세하게 설명한다.

<92> **위성들과 단일 기지국을 갖는 터미널에 대한 3D 속도 추정**

<93> 서비스 기지국으로부터 송신된 신호의 캐리어 주파수가 공칭 캐리어 주파수와 동일한 경우 (또는 캐리어 주파수의 임의의 오프셋이 알려지고 조절 또는 밝혀질 수 있는), 터미널에서의 임의의 발진기 주파수 에러 f_{oter} 는 서비스 기지국에 대한 터미널의 운동에 기인할 수 있다. 이 경우, 터미널 캐리어 주파수 에러는 독립적인 미지수로서 처리될 필요가 없을 수 있으며, 터미널 속도의 함수일 수 있다. 따라서, 속도 추정시 미지수들중의 하나가 소거되고 필요한 추정치들의 개수가 하나 감소한다. 그러나, 기지국에의 근접성으로 인하여, 속도 계산을 수행하기 전에 터미널의 위치를 정확하게 파악하는 것이 필요할 수 있다.

<94> 위성들 및 단일 기지국으로부터 송신된 신호들에 기초한 터미널의 3차원 (3D) 속도를 추정하기 위해서, 다음과 같은 표기법 (notation) 을 이용한다.

<95> $\vec{x} = (x \ y \ z)$ 는 ECEF (지구중심, 지구고정) 에서 터미널의 좌표들 프레임이고,

<96> $\vec{x}_{Si} = (x_{Si} \ y_{Si} \ z_{Si})$ 는 ECEF 프레임에서 i 번째 위성의 좌표들이고,

<97> $\vec{x}_B = (x_B \ y_B \ z_B)$ 는 ECEF 프레임에서 기지국의 좌표들이고,

<98> $\vec{v}_T = (\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z})$ 는 \dot{x} , \dot{y} , 및 \dot{z} 가 x, y, 및 z 평면 각각의 터미널의 속도일 때 ECEF 프레임에서 터미널의 속도 벡터이고,

<99> $\vec{1}_{Si} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_{Si}}{|\vec{x} - \vec{x}_{Si}|}$ 는 i 번째 위성 위치로부터 ECEF 프레임에 표현된 터미널의 위치를 향하는 단위 벡터이고,

<100> $\vec{1}_B = \frac{\vec{x} - \vec{x}_B}{|\vec{x} - \vec{x}_B|}$ 는 터미널 위치로부터 ECEF 프레임에 표현된 기지국 위치를 향하는 단위 벡터이고,

<101> $\dot{\rho}_{Si}$ 는 i 번째 위성에 대한 의사 범위의 잔류 변화율이다 (위성의 운동의 효과가 추정되고 제거된 후에) .

<102> 3개의 미지수 (즉, \dot{x} , \dot{y} , 및 \dot{z}) 가 있기 때문에, 터미널의 속도를 추정하는 데 3개 이상의 위성을 사용할 필요가 있다. 처음에, 각각의 위성의 의사 범위 (위성의 운동과 캐리어 주파수 오프셋의 효과가 추정 및 삭제된 후) 의 잔류 변화율은,

<103>
$$\dot{\rho}_{Si} = \vec{v}_T \cdot \vec{1}_{Si} - \vec{v}_T \cdot \vec{1}_B = \vec{v}_T \cdot (\vec{1}_{Si} - \vec{1}_B)$$
 식 (11)

<104> 로 표현될 수 있다.

<105> 의사 범위의 위성의 잔류 변화율 $\dot{\rho}_{Si}$ 는, 식 (10) 에 나타낸 바와 같이, 추정된 베이스밴드 주파수 에러

$\hat{f}_{bb,i}$, 추정된 위성 도플러 주파수 시프트 $\hat{f}_{vsat,i}$, 및 추정된 위성 캐리어 주파수 오프셋 $\hat{f}_{csat,i}$ 에 기초하여 추정할 수 있다. 주파수 에러 추정치 $\hat{f}_{bb,i}$ 와 $\hat{f}_{vsat,i}$ 는 잡음으로 인한 에러를 겪게 되고, 마찬가지로 의사 범위의 잔류 변화율 $\dot{\rho}_{Si}$ 도 잡음으로 인한 에러를 겪게 된다.

<106> 모든 위성들로부터의 측정치들은 방정식 세트를 구성하는 데 사용되며, 이는,

$$\begin{bmatrix} \dot{\rho}_{S1} \\ \dot{\rho}_{S2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x-x_{S1}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S1}|} - \frac{x-x_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} & \frac{y-y_{S1}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S1}|} - \frac{y-y_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} & \frac{z-z_{S1}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S1}|} - \frac{z-z_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} \\ \frac{x-x_{S2}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S2}|} - \frac{x-x_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} & \frac{y-y_{S2}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S2}|} - \frac{y-y_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} & \frac{z-z_{S2}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S2}|} - \frac{z-z_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x-x_{Sn}}{|\bar{x}-\bar{x}_{Sn}|} - \frac{x-x_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} & \frac{y-y_{Sn}}{|\bar{x}-\bar{x}_{Sn}|} - \frac{y-y_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} & \frac{z-z_{Sn}}{|\bar{x}-\bar{x}_{Sn}|} - \frac{z-z_B}{|\bar{x}-\bar{x}_B|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix}$$

식 (12)

<108> 로 표현될 수 있다.

<109> 간단하도록, 다음 표기법을 정의한다.

<110> $\bar{\mathbf{M}} = [\dot{\rho}_{S1} \ \dot{\rho}_{S2} \ \dots \ \dot{\rho}_{Sn}]^T$ 는 위성들에 대한 의사 범위의 잔류 변화율의 벡터이고, 여기서 "T" 는 전치 (transpose) 를 나타내며,

<111> $\bar{\mathbf{u}} = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}]^T$ 는 해를 구해야할 미지수들의 벡터이고, 이 경우에 터미널의 속도 벡터이다.

<112> 그후, 식 (10) 은,

$$\bar{\mathbf{M}} = A\bar{\mathbf{u}} + \bar{\mathbf{N}} \tag{13}$$

<114> 로 표현할 수 있으며, 여기서,

<115> $\bar{\mathbf{N}}$ 은 잡음 벡터이다.

<116> 벡터 $\bar{\mathbf{u}}$ 의 최소 분산 선형 추정자 (minimum variance linear estimator) 는,

$$\bar{\mathbf{u}} = (A^T R_N^{-1} A)^{-1} A^T R_N^{-1} \bar{\mathbf{M}} \tag{14}$$

<118> 로 표현할 수 있으며, 여기서,

<119> R_N 은 잡음 측정치들의 공분산 행렬이다. 공분산 행렬 R_N 은 일반적으로 수신기 유닛과 시스템의 특정 설계 (예를들어, 신호 대역폭, 수신 신호 전력, 등) 에 기초하여 추정되며, 이는 당업계에 알려진 것으로 여기서 설명하지는 않는다.

<120> $\bar{\mathbf{u}}$ 의 추정치의 공분산 행렬 R_T 는,

$$R_T = (A^T R_N^{-1} A)^{-1} \tag{15}$$

<122> 로 표현될 수 있다.

<123> 공분산 행렬 R_T 는 $\bar{\mathbf{u}}$ 의 추정치의 신뢰도 (또는 품질) 표시를 제공한다. 따라서, 공분산 행렬 R_T 는 특정 문턱값에 대해 비교될 수 있으며, 비교의 결과는 다양한 목적 (예를들어, $\bar{\mathbf{u}}$ 의 추정치를 사용 또는 폐기할지를 결정하는 데) 에 이용할 수 있다.

위성들과 단일 기지국으로 터미널에 대한 2D 속도 추정

<125> 대부분의 경우에, 수직 속도는 그다지 중요하지 않다. 따라서, 기지국과 관련된 계산이 ENU (동 북 상향 (East North Up)) 프레임에서 수행되는 경우, "상향 (Up)" 성분을 추정시도하지 않음으로써, 미지수의 개수를 감소시키는 것이 가능하다. 다음 표기법을 이용한다.

<126> $\bar{x}'_{3D} = (x' \ y' \ z')$ 는 ENU 프레임에서 터미널의 3차원 좌표 벡터이고,

<127> $\bar{x}'_{s3D} = (x'_{s1} \ y'_{s1} \ z'_{s1})$ 는 ENU 프레임에서 i 번째 위성의 3차원 좌표 벡터이고,

<128> $\bar{x}' = (x' \ y')$ 는 서비스 기지국과 관련된 ENU 프레임에서 터미널의 첫 번째 2개의 좌표이고,

<129> $\bar{x}'_{s2} = (x'_{s1} \ y'_{s1})$ 는 ENU 프레임에서 i 번째 위성의 2D 좌표들의 벡터이고,

<130> $\bar{v}'_T = (\dot{x}' \ \dot{y}')$ 는 EN (동 북) 평면에서 터미널의 속도 벡터이다 (수평 프레임에 있는 것으로 가정함).

<131> $\bar{T}'_{s1} = \frac{\bar{x}' - \bar{x}'_{s1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{s1}|}$ 은 i 번째 위성 위치로부터 ENU 프레임에서 표현된 터미널 위치를 향하는 단위 벡터이고,

<132> $\bar{T}'_B = \frac{\bar{x}' - \bar{x}'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|}$ 는 터미널 위치로부터 ENU 프레임에 표현된 기지국의 위치를 향하는 단위 벡터이고,

<133> $\cos\theta = \frac{|\bar{x}' - \bar{x}'_{s1}|}{|\bar{x}'_{3D} - \bar{x}'_{s13D}|}$ 는 터미널로부터 위성 및 동북 평면으로 가는 벡터 사이각의 코사인 값이고,

<134> $\dot{\rho}'_{s1}$ 는 동북 평면에서 i 번째 위성 (위성의 운동 및 캐리어 주파수 오프셋의 효과가 추정 및 제거된 후) 에 대한 의사 범위의 잔류 변화율의 성분이다.

<135> 지구의 곡률로 인하여, 서비스 기지국과 연관되는 ENU 는 터미널과 관련되는 프레임과 거의 동일하다 (터미널이 서비스 기지국의 10km 내에 있는 것으로 가정되는 경우).

<136> 2 개의 미지수 (즉, \dot{x}' 및 \dot{y}') 가 있기 때문에, 2 개 이상의 위성들은 터미널의 속도를 추정하는 데 사용될 수 있다. 각각의 위성들의 의사 범위의 잔류 변화율은,

<137> $\dot{\rho}'_{s1} = -(\hat{f}_{bb,1} - \hat{f}_{vsat,1} - \hat{f}_{osat,1}) \cdot \lambda \cdot \cos(\theta)$ 식 (16a)

<138> 로 결정된다.

<139> 이런 의사범위의 잔류 변화율은 터미널 속도 및 위성 및 서비스 기지국 위치의 함수로서,

<140> $\dot{\rho}'_{s1} = \bar{v}'_T \cdot \bar{T}'_{s1} - \bar{v}'_T \cdot \bar{T}'_B = \bar{v}'_T (\bar{T}'_{s1} - \bar{T}'_B)$ 식 16(b)

<141> 와 같이 표현할 수 있다.

<142> 모든 위성으로부터의 측정치는 식 세트를 구성하는 데 사용되며,

<143>
$$\begin{bmatrix} \dot{\rho}'_{s1} \\ \dot{\rho}'_{s2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}'_{sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x' - x'_{s1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{s1}|} - \frac{x' - x'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|} & \frac{y' - y'_{s1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{s1}|} - \frac{y' - y'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|} \\ \frac{x' - x'_{s2}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{s2}|} - \frac{x' - x'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|} & \frac{y' - y'_{s2}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{s2}|} - \frac{y' - y'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{x' - x'_{sn}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{sn}|} - \frac{x' - x'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|} & \frac{y' - y'_{sn}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{sn}|} - \frac{y' - y'_B}{|\bar{x}' - \bar{x}'_B|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \end{bmatrix}$$
 식 (17)

<144> 로 표현될 수 있다.

<145> 표기법 $\overline{\mathbf{M}}' = [\dot{\rho}'_{Si} \ \dot{\rho}'_{Si} \ \dots \ \overline{\rho}'_{Si}]^T$ 와 $\overline{\mathbf{u}}' = [\dot{\mathbf{x}}' \ \dot{\mathbf{y}}']^T$ 를 이용하여, 식 (17) 은,

<146>
$$\overline{\mathbf{M}}' = \mathbf{A}' \overline{\mathbf{u}}' + \overline{\mathbf{N}}$$
 식 (18)

<147> 로 표현할 수 있다.

<148> 벡터 $\overline{\mathbf{u}}'$ 는 최소 분산 선형 추정치는,

<149>
$$\overline{\mathbf{u}}' = (\mathbf{A}'^T \mathbf{R}_N^{-1} \mathbf{A}')^{-1} \mathbf{A}'^T \mathbf{R}_N^{-1} \overline{\mathbf{M}}'$$
 식 (19)

<150> 로 표현할 수 있다.

<151> $\overline{\mathbf{u}}'$ 추정치의 공분산 행렬 \mathbf{R}'_T 는,

<152>
$$\mathbf{R}'_T = (\mathbf{A}'^T \mathbf{R}_N^{-1} \mathbf{A}')^{-1}$$
 식 (20)

<153> 로 표현할 수 있다.

<154> **위성들과 다수의 기지국을 갖는 터미널에 대한 3D 속도 추정**

<155> 터미널이 다수의 기지국과 통신하는 경우 (예를들어, 소프트 핸드오프에서), 터미널 발진기 주파수는 이들 기지국으로부터의 신호의 캐리어 주파수들의 가중 평균이다. 터미널에서 가중 인자가 알려진 경우, 기지국들의 캐리어 주파수들이 결정되고 밝혀질 수 있으며, 터미널에서의 임의의 발진기 주파수 예러 f_{0ter} 은 이들 기지국에 대한 터미널의 운동에 기인한다.

<156> i 번째 위성으로부터 수신한 신호의 주파수는, 위에서 식 (2) 에 나타낸 바와 같이, $f_{Rsat,i} = f_{nom} + f_{0sat,i} + f_{Vsat,i} + f_{Vter,i}$ 로 표현된다. 유사하게, j 번째 기지국으로부터 수신한 신호의 주파수는, 공칭 캐리어 주파수 f_{nom} 플러스 (1) 공칭 주파수에 대한 그 기지국의 캐리어 주파수 오프셋 $f_{Obs,j}$ 및 (2) 기지국에 대한 터미널의 운동으로 인한 기지국 캐리어 주파수 $f_{Vbs,j}$ 의 도플러 시프트와 동일하게 표현될 수 있다 (즉, $f_{Rbs,j} = f_{nom} + f_{Obs,j} + f_{Vbs,j}$). 위성들, 기지국들, 및 터미널의 캐리어 주파수들간의 관계가 알려지는 경우, 위성 캐리어 주파수 오프셋 $f_{0sat,i}$ 와 기지국 캐리어 주파수 오프셋 $f_{Obs,j}$ 도 알려지고 밝혀질 수 있다. 간단하도록, 기지국 캐리어 주파수 오프셋 $f_{bs,j}$ 는 다음 유도과정들에 있어서 0 으로 가정한다.

<157> 계수 α_{Bj} 는 터미널의 LO 주파수를 유도하기 위해서 기지국들의 캐리어 주파수들을 합성하는 데 사용된다. 이들 계수는,

<158>
$$\sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} = 1$$
 식 (21)

<159> 이 되도록 정의된다.

<160> 그후, 터미널의 발진기 주파수 f_{ter} 은,

<161>
$$f_{Cter} = \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot f_{Rbs,j}$$
 식 (22)

<162> 로 표현되며, 여기서 N_B 는 기지국들의 개수이다. 식 (22) 의 양쪽을 λ 로 곱하고 $f_{Rbs,j}$ 를 $(f_{nom} + f_{Vbs,j})$ 로 치환하여,

<163>
$$f_{Cter} \cdot \lambda = \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (f_{nom} + f_{Vbs,j}) \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda + \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot f_{Vbs,j} \cdot \lambda$$
 식 (23)

<164> 를 유도한다.

<165> 기지국 캐리어 주파수 $f_{bs,j}$ 의 도플러 시프트는 기지국에 대한 터미널의 운동에 기인하기 때문에,

<166>
$$f_{Cter} \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Bj})$$
 식 (24)

<167> 로 표현할 수 있다.

<168> 터미널에서 LO 신호에 의해 다운컨버팅된 후, i 번째 위성에 대한 베이스밴드 주파수 에러 (이는 위성으로부터 수신한 신호의 잔류 주파수 오프셋임) 는,

<169>
$$f_{bb,i} = f_{Csat,i} + f_{Vsat,i} + f_{Vter,i} - f_{Cter}$$

<170>
$$= f_{nom} + f_{Osat,i} + f_{Vsat,i} + f_{Vter,i} - f_{Cter}$$
 식 (25)

<171> 와 같이 표현할 수 있다.

<172> 식 (25) 의 양쪽을 λ 로 곱하면,

<173>
$$f_{bb,i} \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda + f_{Osat,i} \cdot \lambda + f_{Vsat,i} \cdot \lambda + f_{Vter,i} \cdot \lambda - f_{Cter} \cdot \lambda$$
 식 (26)

<174> 과 같이 된다.

<175> 식 (24) 와 (26) 에 기초하여,

<176>
$$f_{bb,i} \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda + f_{Osat,i} \cdot \lambda + f_{Vsat,i} \cdot \lambda + f_{Vter,i} \cdot \lambda - \left[f_{nom} \cdot \lambda - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Bj}) \right]$$

<177>
$$= f_{Osat,i} \cdot \lambda + f_{Vsat,i} \cdot \lambda + f_{Vter,i} \cdot \lambda + \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Bj})$$
 식 (27)

<178>
$$= f_{Osat,i} \cdot \lambda = (\bar{v}_{Si} - \bar{v}_T) \cdot \bar{1}_{Si} + \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Bj})$$

<179> 로 표현할 수 있다.

<180> 그후, 식 (27) 은,

<181>
$$f_{bb,i} \cdot \lambda - f_{Osat,i} \cdot \lambda - \bar{v}_{Si} \cdot \bar{1}_{Si} = \left[\sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Bj}) \right] - \bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Si}$$
 식 (28)

<182> 와 같이 재정리할 수 있다.

<183> 각각의 위성의 의사 범위의 잔류 변화율은 측정된 베이스밴드 주파수 오프셋 $\hat{f}_{bb,i}$, 계산한 위성 운동에 의한 주파수 오프셋 $\hat{f}_{Vsat,i}$, 및 계산한 위성 발진기 오프셋 $\hat{f}_{Osat,i}$ 에 기초하여,

<184>
$$\hat{\rho} = -(\hat{f}_{bb,i} - \hat{f}_{Vsat,i} - \hat{f}_{Osat,i}) \cdot \lambda$$

<185> 와 같이 결정된다.

<186> 식 (28) 에 기초하여, 의사 범위의 이 변화율은,

<187>
$$\hat{\rho}_{Si} = \bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Si} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{1}_{Bj})$$
 식 (29)

<188> 로 표현되며 단지 터미널 속도의 함수이다.

<189> 위성들 및 다수의 기지국들로부터 송신된 신호들에 기초하여 터미널의 3차원 속도를 추정하기 위해서, 터미널의 좌표들에 대한 $\bar{x} = (x \ y \ z)$, i 번째 위성의 좌표들에 대한 $\bar{x}_{Si} = (x_{Si} \ y_{Si} \ z_{Si})$, 터미널의 속도에 대한

$$\bar{v}_T = (\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z})$$
, i 번째 위성으로부터 터미널로의 단위벡터에 대한 $\bar{1}_{Si} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{Si}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Si}|}$, 터미널로부터 j 번째

기지국으로의 단위 벡터에 대한 $\bar{\mathbf{1}}_{Bj} = \frac{\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}}_{Bj}}{|\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}}_{Bj}|}$, 및 i 번째 위성의 의사 범위의 잔류 변화율에 대한 $\hat{\rho}_{Si}$ (위에 정의한 것은 모두 3D 위성 플러스 기지국 경우에 ECEF 프레임에 대한 것임) 를 이용한다.

<190> 모든 위성들과 기지국들로부터의 측정치는,

$$\begin{bmatrix} \hat{\rho}_{S1} \\ \hat{\rho}_{S2} \\ \vdots \\ \hat{\rho}_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x - x_{S1}}{|\bar{x} - \bar{x}_{S1}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{x - x_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} & \frac{y - y_{S1}}{|\bar{x} - \bar{x}_{S1}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{y - y_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} & \frac{z - z_{S1}}{|\bar{x} - \bar{x}_{S1}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{z - z_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} \\ \frac{x - x_{S2}}{|\bar{x} - \bar{x}_{S2}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{x - x_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} & \frac{y - y_{S2}}{|\bar{x} - \bar{x}_{S2}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{y - y_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} & \frac{z - z_{S2}}{|\bar{x} - \bar{x}_{S2}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{z - z_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x - x_{Sn}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Sn}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{x - x_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} & \frac{y - y_{Sn}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Sn}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{y - y_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} & \frac{z - z_{Sn}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Sn}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{z - z_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} \quad \text{식 (30)}$$

<191> 로 표현되는 방정식 세트를 구성하는 데 사용된다.

<192> 간단하도록, $\bar{\mathbf{M}} = [\bar{\rho}_{S1}, \bar{\rho}_{S2}, \dots, \bar{\rho}_{Sn}]^T$ 와 $\bar{\mathbf{u}} = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}]^T$ 의 표기법이 정의된다.

<193> 그후, 식 (30) 은,

<194> $\bar{\mathbf{M}} = \mathbf{A}\bar{\mathbf{u}} + \bar{\mathbf{N}}$

<195> 로서 표현된다.

<196> 벡터 $\bar{\mathbf{u}}$ 의 최소 분산 선형 추정치는,

<197> $\bar{\mathbf{u}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{R}_N^{-1} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{R}_N^{-1} \bar{\mathbf{M}}$

<198> 로 표현될 수 있다.

<199> $\bar{\mathbf{u}}$ 의 추정치의 공분산 행렬 \mathbf{R}_T 는

<200> $\mathbf{R}_T = (\mathbf{A}^T \mathbf{R}_N^{-1} \mathbf{A})^{-1}$

<201> 로 표현될 수 있다.

<202> **위성만으로 터미널에 대한 3D 속도 추정**

<203> 위성으로부터 송신된 신호들에만 기초하여 터미널의 3차원 속도를 추정하기 위하여, 터미널의 좌표에 대한 $\bar{\mathbf{x}} =$

(x y z), i 번째 위성의 좌표에 대한 $\bar{\mathbf{x}}_{Si} = (x_{Si} \ y_{Si} \ z_{Si})$, 터미널의 속도에 대한 $\bar{\mathbf{v}}_T = (\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z})$, i 번째 위

성으로부터 터미널로의 단위 벡터에 대한 $\bar{\mathbf{1}}_{Si} = \frac{\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}}_{Si}}{|\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{x}}_{Si}|}$, 및 i 번째 위성의 의사 범위의 잔류 변화율에 대한

$\dot{\rho}_{Si}$ (위에서 정의한 것은 모두 3D 위성 플러스 기지국 경우에 ECEF 프레임에 대한 것임) 을 이용한다. 또한, 캐리어 주파수 에러와 터미널 속도사이의 결정적인 관계가 미지수인 캐리어 주파수 에러를 소거하도록 확정되어 사용될 수 없기 때문에, 터미널 캐리어 주파수 에러 f_{0ter} 는 이 경우에 미지수이다. 캐리어 주파수 에러와 터미널 속도사이의 관계가 약한 경우, 추가적인 위성 측정치가 이 추가적인 미지수를 해결하는 데 사용될 수 있다.

<204> 4개의 미지수 (즉, $\dot{\mathbf{x}}, \dot{\mathbf{y}}, \dot{\mathbf{z}}$, 및 f_{0ter}) 가 있기 때문에, 4개 이상의 위성들이 터미널의 속도를 추정하는 데 사용될 수 있다. 각각의 의사 범위의 잔류 변화율은 식 (10) 에 나타난 바와 같이,

<205> $\dot{\rho}_{Si} = -(\dot{f}_{bb,i} - \dot{f}_{vsat,i} - \dot{f}_{osat,i}) \cdot \lambda$

<207> 로 결정될 수 있다.

<208> 의사 범위의 잔류 변화율은 터미널 속도, 위성 및 서비스 기지국의 위치의 함수로서,

<209>
$$\dot{\rho}_{Si} = \bar{V}_T \cdot \bar{1}_{Si} + f_{Oter} \cdot \lambda$$
 식 (31)

<210> 로 표현할 수 있다.

<211> 또한, 위성의 의사 범위의 잔류 변화율 $\dot{\rho}_{Si}$ 는, 식 (10) 에 나타낸 바와 같이 추정된 베이스밴드 주파수 에러 $\hat{f}_{bb,i}$, 추정된 위성 도플러 주파수 시프트 $\hat{f}_{vsat,i}$, 및 추정된 위성 캐리어 주파수 에러 $\hat{f}_{csat,i}$ 에 기초하여 추정할 수 있다.

<212> 모든 위성들로부터의 추정치는 방정식 세트를 구성하는 데 사용될 수 있으며, 이는

<213>
$$\begin{bmatrix} \dot{\rho}_{S1} \\ \dot{\rho}_{S2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x-x_{S1}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S1}|} & \frac{y-y_{S1}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S1}|} & \frac{z-z_{S1}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S1}|} \\ \frac{x-x_{S2}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S2}|} & \frac{y-y_{S2}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S2}|} & \frac{z-z_{S2}}{|\bar{x}-\bar{x}_{S2}|} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x-x_{Sn}}{|\bar{x}-\bar{x}_{Sn}|} & \frac{y-y_{Sn}}{|\bar{x}-\bar{x}_{Sn}|} & \frac{z-z_{Sn}}{|\bar{x}-\bar{x}_{Sn}|} \end{bmatrix} + \lambda \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ f_{Oter} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ f_{Oter} \end{bmatrix}$$
 식 (32)

로 표현할 수 있다.

<214> 삭제

<215> 또한, 의사 범위의 잔류 변화율의 벡터에 대하여 $\bar{M}=[\dot{\rho}_{S1} \dots \dot{\rho}_{Sn}]^T$ 와 미지수의 벡터에 대하여 $\bar{u}=[\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z} \ f_{Oter}]^T$ 의 표기법을 사용한다. 식 (32) 는 식 (13) 에 나타낸 바와 같이,

<216>
$$\bar{M}=A\bar{u}+\bar{N}$$

<217> 로 표현할 수 있다.

<218> 벡터 \bar{u} 의 최소 분산 선형 추정치는 식 (14) 에 나타낸 바와 같이,

<219>
$$\bar{u}=(A^T R_N^{-1} A)^{-1} A^T R_N^{-1} \bar{M}$$

<220> 로 표현할 수 있다.

<221> \bar{u} 의 추정치의 공분산 행렬 R_r 는 식 (15) 에 나타낸 바와 같이,

<222>
$$R_r=(A^T R_N^{-1} A)^{-1}$$

<223> 로 표현할 수 있다.

<224> **위성만으로 터미널에 대한 2D 속도 추정**

<225> 단지 위성들로부터 송신된 신호에 기초하여 터미널의 2차원 속도를 추정하기 위해서, 터미널의 좌표들에 대하여

$$\bar{x}' = (x' \ y') , \quad i \text{ 번째 위성의 좌표들에 대하여 } \bar{x}'_{Si} = (x'_{Si} \ y'_{Si}) , \quad \text{터미널의 속도에 대하여 } \bar{v}'_T = (\dot{x}' \ \dot{y}') ,$$

$$\bar{1}_{Si} = \frac{\bar{x}' - \bar{x}'_{Si}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{Si}|} , \quad i \text{ 번째 위성으로부터 터미널로의 단위벡터에 대하여}$$
 , i 번째 위성의 의사범위의 잔류 변화율

에 대하여 $\dot{\rho}'_{Si}$ (위에 정의한 것은 모두 2D 위성 플러스 기지국 경우에 ENU 프레임에 대한 것임) 을 사용한
 다. 또한, 터미널 캐리어 주파수 에러 f_{0ter} 은 이 경우에 있어서 미지수이다.

<226> 세 개의 미지수 (즉, $\dot{\mathbf{x}}'$, $\dot{\mathbf{y}}'$, 및 f_{0ter}) 이 존재하기 때문에, 3 개 이상의 위성이 터미널의 속도를 추정하는
 데 사용될 수 있다. 각각의 위성의 의사범위의 잔류 변화율은,

<227>
$$\dot{\rho}_{Si} = -(\dot{f}_{bb,i} - \dot{f}_{vsat,i} - \dot{f}_{osat,i}) \cdot \lambda \cdot \cos(\theta)$$

<228> 로 표현할 수 있다.

<229> 이 의사범위의 잔류 변화율은 터미널의 속도와 위성의 위치들의 함수로서,

<230>
$$\dot{\rho}_{Si} = \bar{\mathbf{v}}'_T \cdot \bar{\mathbf{1}}_{Si} + f_{0ter} \cdot \lambda$$

<231> 로 표현할 수 있다.

<232> 모든 위성들로부터의 측정치들은 방정식 세트를 구성하는데 사용될 수 있으며, 이는

$$\begin{bmatrix} \dot{\rho}'_{S1} \\ \dot{\rho}'_{S2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}'_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x' - x'_{S1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S1}|} & \frac{y' - y'_{S1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S1}|} & +\lambda \\ \frac{x' - x'_{S2}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S2}|} & \frac{y' - y'_{S2}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S2}|} & +\lambda \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x' - x'_{Sn}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{Sn}|} & \frac{y' - y'_{Sn}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{Sn}|} & +\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \\ f_{0ter} \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \\ f_{0ter} \end{bmatrix}$$

식 (33)

<234> 로 표현할 수 있다.

<235> 표기법 $\bar{\mathbf{M}}' = [\dot{\rho}'_{Si} \ \dot{\rho}'_{Si}]^T$ 와 $\bar{\mathbf{u}}' = [\dot{x}' \ \dot{y}']^T$ 를 사용하여, 식 (33) 은 식 (18) 에 나타낸 바와 같이,

<236>
$$\bar{\mathbf{M}}' = A' \bar{\mathbf{u}}' + \bar{\mathbf{N}}$$

<237> 로 표현할 수 있다.

<238> 벡터 $\bar{\mathbf{u}}'$ 의 최소 변형 선형 추정치는 식 (19) 에 나타낸 바와 같이,

<239>
$$\bar{\mathbf{u}}' = (A'^T R_N^{-1} A')^{-1} A'^T R_N^{-1} \bar{\mathbf{M}}'$$

<240> 로 표현할 수 있다.

<241> 추정치 $\bar{\mathbf{u}}'$ 의 공분산 행렬 R'_T 는 식 (20) 에 나타낸 바와 같이,

<242>
$$R'_T = (A'^T R_N^{-1} A')^{-1}$$

<243> 로 표현할 수 있다.

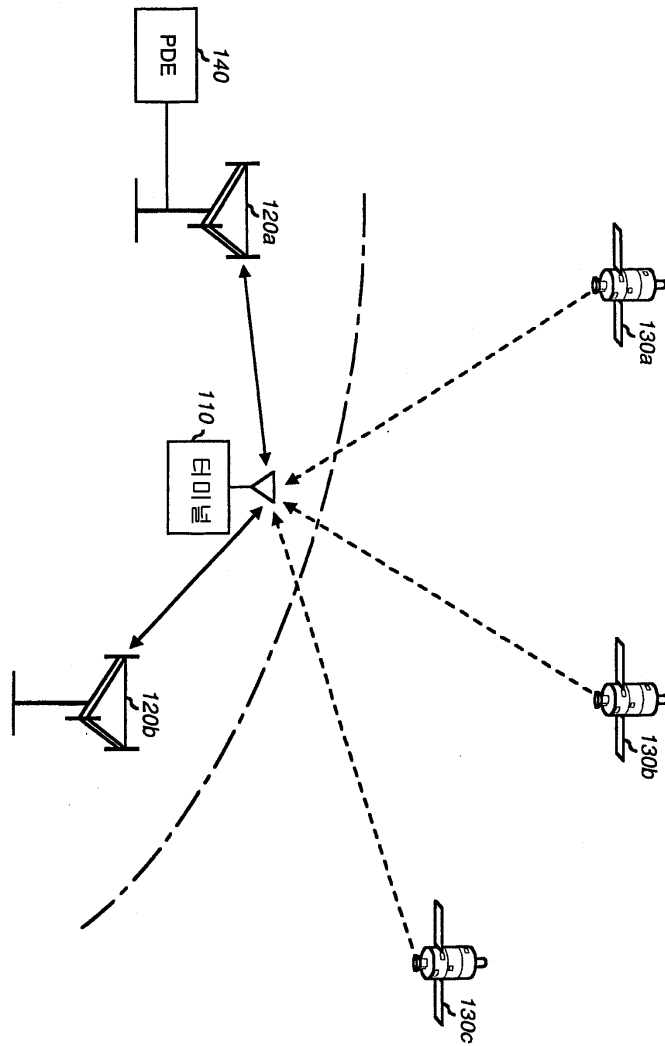
<244> 도 3 은 위성들과 기지국으로부터의 신호들에 기초하여 터미널의 속도를 추정하는 프로세스 (300) 의 일실시형
 태의 플로우차트이다. 처음에는, 단계 312 에서 터미널의 위치가 추정된다. 터미널의 위치는 당업계에
 알려진 바와 같이, 위성들 및/또는 기지국들로부터 송신된 신호의 도달시간으로부터 유도된 의사 범위 추정치에
 기초하여 추정될 수 있다. 기지국 (예를들어, 서비스 기지국) 의 위치는 단계 314 에서 결정되고, 2개 이상
 의 위성들 각각의 위치는 단계 316 에서 결정된다. 위성들과 기지국의 위치들은 예를들어 기지국에 의해 결

정되며 터미널에 대한 속도추정을 수행하는 엔터티에 통보된다.

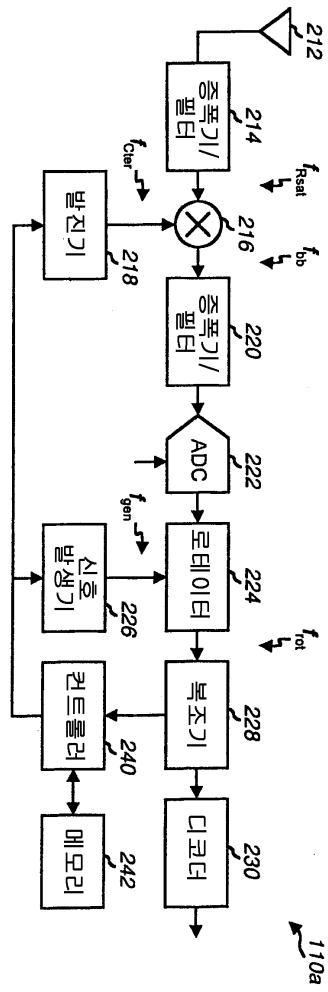
- <245> 그후, 의사 범위의 잔류 변화율 $\dot{\rho}_{Si}$ 은 단계 318 에서 터미널의 속도를 추정하는 데 사용할 각각의 위성에 대하여 결정된다. 의사범위의 잔류 변화율은, 위에서 식 (10) 에서 설명한 바와 같이, 베이스밴드 주파수 에러 $f_{bb,i}$ 에 기초하여 추정될 수 있으며, 각각의 위성과 위성 도플러 주파수 시프트 $f_{vsat,i}$ 에 대하여 추정되며 (예를들어, 단말기에 의해), 터미널 위치에서의 각각의 위성들에 대하여 추정될 수 있다. 또한, 의사범위의 잔류 변화율을 추정하는 다른 기술들도 이용되며, 이들은 본 발명의 범위내에 속하는 것이다.
- <246> 그후, 방정식 세트는 터미널, 기지국, 2개 이상의 위성의 결정된 위치들, 및 위성들에 대하여 결정된 의사범위의 잔류 변화율에 기초하여 구성된다. 이들 방정식 세트는 3차원 (예를들어, ECEF) 프레임에 대하여 식 (12) 또는 2차원 (예를들어, 동 북) 프레임에 대하여 식 (17) 에 나타낸 바와 같을 수 있다. 그후, 터미널의 속도는 3D 프레임에 대하여 식 (14) 또는 2D 프레임에 대하여 식 (19) 에 나타낸 바와 같은 방정식 세트에 기초하여 추정된다.
- <247> 도 3 에 나타낸 플로우는 위에서 설명한 실시형태에 대하여 변형되어, 위성들로부터 (기지국들로부터가 아님) 송신된 신호들에만 기초하여 터미널의 속도가 추정될 수 있다. 이들 실시형태에 대하여, 기지국의 위치는 필요하지 않으며, 단계 314 는 생략할 수 있다. 또한, 의사 범위의 잔류 변화율은 단계 318 에서 3개 이상의 위성들에 대하여 결정되며, 방정식 세트는 식 (30) 과 (32) 에 나타낸 바와 같이 터미널 캐리어 주파수 오프셋 f_{0ter} 에 대하여 알려진 값을 포함한다.
- <248> 터미널의 속도를 추정하기 위한 계산은, 터미널, 기지국, 또는 위에 설명한 바와 같이 적당한 세트의 방정식들을 구성하고 해를 구할 수 있는 일부 다른 엔터티에서 수행될 수 있다. 속도 추정을 수행하는 엔터티에는 요구되는 정보가 제공되며, 이는 (1) 터미널, (가능하게는, 기지국과 위성들의 위치, (2) 위성들에 대하여 추정된 베이스밴드 주파수 에러들, 및 (3) 위성들에 대하여 추정된 도플러 주파수 시프트, 또는 일부 동일한 정보를 포함할 수 있다.
- <249> 여기 설명하는 속도 추정 기술은 다양한 수단에 의해 구현할 수 있다. 예를들어, 이들 기술은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 그들의 조합으로 구현할 수 있다. 하드웨어 구현에서는, 터미널의 속도를 추정하기 위해 사용되는 소자는 하나 이상의 주문형 집적회로 (ASIC), 디지털 신호 프로세서 (DSP), 디지털 신호 프로세싱 장치 (DSPD), 프로그램가능 로직 장치 (PLD), 필드 프로그램가능 게이트 어레이 (FPGA), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서, 여기 설명한 기능들을 수행하도록 설계된 다른 전자 유닛, 또는 그들의 조합 내에서 구현할 수 있다.
- <250> 소프트웨어 애플리케이션에 대하여 속도 추정 기술들은 여기 설명한 기능들을 수행하는 모듈 (예를들어, 절차, 기능, 등) 로서 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드들은 메모리 장치 (예를들어, 메모리 (242) 도 2) 에 저장되며, 프로세서 (예를들어, 컨트롤러 (240)) 에 의해 실행된다. 메모리 유닛은 프로세서내에서 또는 프로세서 외부에서 구현될 수 있으며, 외부인 경우 메모리 유닛은 당업계에 알려진 다양한 수단을 통하여 프로세서에 통신 가능하게 연결될 수 있다.
- <251> 표제는 참고용으로 그리고 일부 부분들의 위치를 찾는 데 도움이 되도록 포함한 것이다. 이들 표제는 여기서 설명한 개념들의 범위를 제한하려는 것이 아니며, 이들 개념은 전체 명세서를 통하여 다른 부분들에 응용할 수 있다.
- <252> 개시한 실시형태들의 이전 설명은 당업자들이 본 발명을 제작 또는 사용할 수 있도록 제공된 것이다. 이들 실시형태에 대한 다양한 변경은 당업자들에게 명백한 것이며, 여기 정의한 기본원리는 본 발명의 정신과 범위로 부터 벗어나지 않고 다른 실시형태들에도 적용할 수 있다. 따라서, 본 발명은 여기 나타낸 실시형태들에 제한되는 것이 아니라 여기 개시한 원리와 신규한 특징들과 부합하는 최광의 범위를 부여받는 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

