



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년07월26일
 (11) 등록번호 10-1051906
 (24) 등록일자 2011년07월20일

(51) Int. Cl.

G01S 5/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7026803

(22) 출원일자(국제출원일자) 2007년08월02일

심사청구일자 2008년10월31일

(85) 번역문제출일자 2008년10월31일

(65) 공개번호 10-2009-0009223

(43) 공개일자 2009년01월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/075084

(87) 국제공개번호 WO 2008/017033

국제공개일자 2008년02월07일

(30) 우선권주장

11/832,547 2007년08월01일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

JP2001501307 A

JP2006023267 A

JP2004528554 A

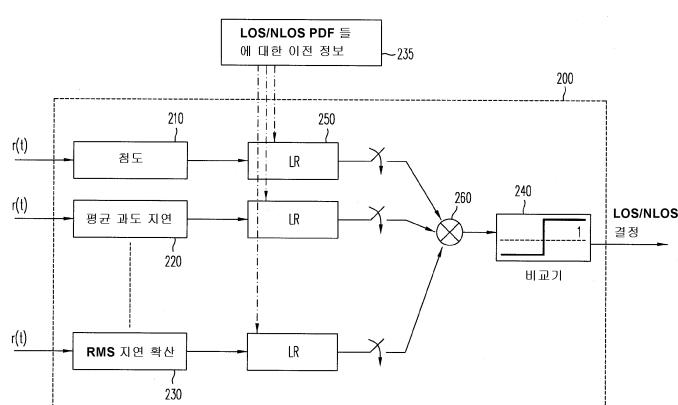
전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 이현홍

(54) 다중경로 채널 통계를 이용한 가시선 또는 비-가시선 식별 방법

(57) 요 약

수신된 신호의 다중경로 컴포넌트들로부터 유도된 채널 통계에 기초하여 무선 위치 확인 (positioning) 시스템에서 비-가시선 (NLOS) 식별과 완화를 수행한다. 그 통계는 첨도, 평균 과도 지연, 또는 RMS 지연에 기초할 수도 있다. 그 결과들은 IEEE 802.15.4a 초광대역 채널 모델을 이용하여 정당성이 증명된다. 대수-정규화 웨이브 변수들이도록 IEEE 모델들에 기초한 진폭과 지연 통계를 도시한다. 결합 우도 비율 테스트는 LOS 와 NLOS 식별을 위해 표시된다.

대 표 도 - 도2

(30) 우선권주장

11/832,551 2007년08월01일 미국(US)

60/821,378 2006년08월03일 미국(US)

60/822,127 2006년08월11일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

수신된 신호에서의 가시선 (LOS: Line-of-sight) 조건과 비-가시선 (NLOS: non-line-of-sight) 조건을 식별하는 방법으로서,

상기 수신된 신호의 통계적인 양을 채널 임펄스 응답에 기초하여 계산하는 단계;

상기 LOS 조건과 NLOS 조건에 대한 통계적인 양의 확률 밀도 함수들에 기초하여 가설 테스트를 설정하는 단계; 및

상기 가설 테스트에 상기 계산된 통계적인 양을 적용하여 상기 수신된 신호가 LOS 인지, 또는 NLOS 인지 여부를 결정하는 단계를 포함하는, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 통계적인 양은 상기 수신된 신호에 대한 첨도 (kurtosis) 의 함수인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 통계적인 양은 상기 수신된 신호에 대한 평균 과도 지연 (mean excess delay) 의 함수인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 통계적인 양은 상기 수신된 신호에 대한 RMS (root-mean-square) 지연 확산의 함수인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 확률 밀도 함수들 각각은 대수-정규화 (log-normal) 확률 밀도 함수인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 통계적인 양은 상기 수신된 신호의 첨도, 평균 과도 지연, 및 RMS 지연 확산 중 2 개 이상의 파라미터들의 결합 함수 (joint function) 인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 LOS 조건과 NLOS 조건에 대한 확률 밀도 함수들은 대응하는 조건들에 대한 파라미터들의 결합 확률 밀도 함수들인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 결합 확률 밀도 함수는 포함된 파라미터들이 독립적인 것으로 가정함으로써 유도되는, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 가설 테스트는 우도 비율에 기초하는, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 통계적인 양은 가장 강한 경로와 연관되는 상기 수신된 신호의 신호 컴포넌트의 함수인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 통계적인 양은 가장 강한 경로보다 짧은 경로와 연관되는 상기 수신된 신호의 신호 컴포넌트의 함수인, 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법.

청구항 12

제 1 항에 기재된 가시선 조건과 비-가시선 조건을 식별하는 방법에 기초하여 단말기 위치를 측정하는 (localizing) 방법으로서,

상기 식별 방법에 기초하여 상기 수신된 신호의 NLOS 조건들을 식별하는 단계; 및

상기 수신된 신호의 식별된 NLOS 컴포넌트들에 적정 가중치들을 제공함으로써 상기 NLOS 조건들의 효과를 최소화하는 단계를 포함하는, 단말기 위치 측정 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 식별된 NLOS 컴포넌트에 대한 상기 적정 가중치는 영 (zero) 인, 단말기 위치 측정 방법.

명세서

[0001]

Ismail Guvenc

[0002]

Chia-Chin Chong

[0003]

관련 출원

[0004]

본 출원은 (a) 2006년 08월 03일자로 출원된 미국 가출원 특허 제 60/821,378 호; (b) 2006년 08월 11일자로 출원된 미국 가출원 특허 제 60/822,127 호; (c) 2007년 08월 01일자로 출원된 미국 특허 출원 제 11/832,547 호; 및 (d) 2007년 08월 01일자로 출원된 미국 특허 출원 제 11/832,551 호에 관한 것이고 이들을 우선권으로 주장하며, 이들 모두는 본 명세서에서 참조로서 포함된다. US 지정의 경우, 본 출원은 상기 언급된 미국 특허 제 11/832,551 호의 계속 출원이다.

[0005]

발명의 배경

[0006]

1. 발명의 분야

[0007]

본 발명은 무선 위치 측정 (localization) 및 통신 기술에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 무선 통신 시스템의 위치 측정 정확도와 통신 성능을 개선함에 적용가능하다.

[0008]

2. 관련기술

[0009]

초광대역 (UWB: ultra-wideband) 기술은 자신의 매우 넓은 대역폭 때문에, 개별 다중경로 컴포넌트들 (MPCs: multipath components) 을 분해할 수 있는 정확한 거리 측정 (ranging) 및 위치 측정 시스템을 기대한다. UWB 기술을 이용하면, 제 1 도달 경로가 정확하게 식별될 수 있는 경우 높은 정확도로 수신된 신호의 도달 시간 (TOA: time-of-arrival) 을 추정할 수 있다. UWB 기술을 이용한 다양한 시스템들은 개시되었고, (a)

"Analysis of undetected direct path in time of arrival based UWB indoor geolocation," by B. Alavi and K. Pahlavan, published in *Proc. IEEE Vehic. Technol. Conf. (VTC)*, vol. 4, Dallas, TX, Sep. 2005, pp. 2627-2631; (b) "Non-coherent TOA estimation in IR-UWB systems with different signal waveforms," by I. Guvenc, Z. Sahinoglu, A. F. Molisch, and P. Orlik, published in *in Proc. IEEE Int. Workshop on Ultrawideband Networks (UWBNETS)*, Boston, MA, October 2005, pp. 245-251, (invited paper); (c) "Analysis of threshold-based TOA estimators in UWB channels," by D. Dardari, C. C. Chong, and M. Z. Win, published in the *14th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2006)*, Florence, Italy, September 2006, (Invited Paper); and (d) "Improved lower bounds on time of arrival estimation error in UWB realistic channels," by D. Dardari, C. C. Chong and M. Z. Win, published in *IEEE Int'l. Conf. on Ultra-Wideband (ICUWB 2006)*, Waltham, MA, USA, September 2006 (Invited Paper) 의 아티클들에서 개시된 시스템들이 포함된다.

[0010]

위치 측정 시스템에 대한 하나의 과제는 비-가시선 (NLOS: non-line-of-sight) 효과를 성공적으로 완화시키는 것이다. 앵커 노드 (AN: anchor node) 와 이동 단말기 간의 직접 경로가 장애되는 경우, AN 에 대한 신호의 TOA 를 지연시키고, 여기서 이것은 포지티브 바이어스를 가이드한다. NLOS TOA 추정들은 위치 측정의 정확도에 악영향을 미친다. 따라서, 종래 기술의 셀룰라 네트워크는 통상 NLOS 조건 하에 있는 AN 들을 식별하고 그들의 효과를 완화한다. 예를 들어, "The non-line of sight problem in mobile location estimation," by M. P. Wylie and J. Holtzman, published in *Proc. IEEE Int. Conf. Universal Personal Commun.*, Cambridge, MA, Sept. 1996, pp. 827-831 인 아티클은 측정 잡음 분산이 공지된 경우 거리 측정의 표준 편차를 NLOS 신호 식별에 대한 임계치와 비교하는 것을 교시한다. 유사하게, "Decision theoretic framework for NLOS identification," by J. Borras, P. Hatrack, and N. B. Mandayam, "published in *Proc. IEEE Vehicular Technol. Conf (VTC)*, vol. 2, Ontario, Canada, May 1998, pp. 1583-1587 인 아티클은 TOA 측정의 공지 및 비공지 확률 밀도 함수들 (PDFs: probability density functions) 에 대한 다양한 가설 검증들을 이용한 결정-이론 (decision-theoretic) NLOS 식별 프레임워크를 개시한다.

[0011]

"Non-parametric non-line-of-sight identification," by S. Gezici, H. Kobayashi, and H. V. Poor, published in *Proc. IEEE Vehic. Technol. Conf. (VTC)*, vol. 4, Orlando, FL, Oct. 2003, pp. 2544-2548 인 아티클에서는 TOA 측정의 확률 밀도 함수들 (PDFs: probability density functions) 이 근사되는 것을 인정하는 넌-파라메트릭 (non-parametric) NLOS 식별법을 개시한다. 공지된 측정 잡음 분포와 넌-파라메트릭으로 추정된 측정 분포 간에 적합한 거리 메트릭을 사용한다.

[0012]

이들 종래의 NLOS 식별 기술들 모두는 NLOS 기지국들 (BSs: base stations) 에 대한 TOA 측정들이 시간 경과에 따라서 변화하는 것으로 가정한다. 이러한 가정은 TOA 측정이 보다 큰 분산을 갖는 이동 중인 단말기에 해당하다. 그러나, (예를 들어, WPAN (wireless personal application network) 애플리케이션에서) 단말기가 정적인 경우, NLOS 측정들의 분포는 LOS 조건 하에서의 분포로부터의 작은 편차를 나타낼 수도 있다. 그 점에서, 수신된 신호의 다중경로 특성들은 LOS/NLOS 식별에 대해 유용한 통찰을 제공한다. 예를 들어, X. Diao 및 F. Guo 에 의해 2003년 03월 29일자로 출원되고, 2004년 10월 20일자로 공개된, 발명의 명칭이 "A method distinguishing line of sight (LOS) from non-line-of-sight (NLOS) in CDMA mobile communication system" 인 유럽 특허 출원 공개 공보 EP 1,469,685 호는 만약 1) 로컬 최대 경로에 대한 글로벌 최대 경로의 전력비가 주어진 임계치보다 크고, 2) 제 1 경로와 최대 경로 간의 도달 시간 차이가 주어진 시간 간격보다 작은 경우, 수신된 CDMA (code division multiple access) 신호가 LOS 인 것을 개시한다. 유사하게, "ML time-of-arrival estimation based on low complexity UWB energy detection," by Rabbachin, I. Oppermann, and B. Denis, published in *Proc. IEEE Int. Conf. Ultrawideband (ICUWB)*, Waltham, MA, Sept. 2006. 인 아티클은 정규화된 가장 강한 경로를 고정된 임계치와 비교하여 UWB 시스템에 대한 NLOS 식별을 수행할 수도 있음을 개시한다. 이들 중 어느 하나의 방식에서, 분별력이 있는 파라미터 선택 (예를 들어, 임계치 또는 시간 간격) 은 절대적이다.

[0013]

수신된 다중경로 신호로부터 NLOS 조건들을 식별하는 것의 대안으로서는, NLOS 조건들을 완화하도록 전체 이동 네트워크로부터 유도된 정보를 이용할 수도 있다. 예를 들어, "A non-line-of-sight error mitigation algorithm in location estimation," by P. C. Chen, published in *Proc. IEEE Int. Conf. Wireless Commun. Networking (WCNC)*, vol. 1, New Orleans, LA, Sept. 1999, pp. 316-320 인 아티클은 NLOS 완화에 대한 레지듀얼-기반 (residual-base) 알고리즘을 개시한다. 그 알고리즘은 BS 들의 상이한 조합에 대한 위치 추정과 레지듀얼들을 이용하며, 3 개 이상의 이용가능한 BS 들에 기초한다. (모든 노드들이 LOS 인 경우, 2-차원 (2-

D) 위치 측정을 수행하는데 3 개의 BS 들이 요구되나, 3-차원 (3-D) 위치 측정을 수행하는데 4 개의 BS 들이 요구된다.) 보다 작은 레지듀얼들을 갖는 위치 추정들은 올바른 단말기 위치를 나타내기에 보다 알맞다. 따라서, 상기 아티클에 개시된 기술은 대응하는 레지듀얼들에 반비례로 상이한 위치 추정들에 가중치를 가한다.

[0014] 이동 네트워크로부터 유도된 정보를 이용하는 다른 NLOS 완화 기술들은 (a) "Robust estimator for non-line-of-sight error mitigation in indoor localization," by R. Casas, A. Marco, J. J. Guerrero, and J. Falco, published in *Eurasip J. Applied Sig. Processing*, pp. 1-8, 2006; (b) "Time-of-arrival based localization under NLOS conditions," by Y. T. Chan, W. Y. Tsui, H. C. So, and P. C. Ching, published in *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, vol. 55, no. 1, pp. 17-24, Jan. 2006; (c) "A database method to mitigate the NLOS error in mobile phone positioning," by B. Li, A. G. Dempster, and C. Rizos, published in *Proc. IEEE Position Location and Navigation Symposium (PLANS)*, San Diego, CA, Apr. 2006; (d) "An iterative NLOS mitigation algorithm for location estimation in sensor networks," by X. Li, published in *Proc. IST Mobile and Wireless Commun. Summit*, Myconos, Greece, June 2006; (e) "Non-line-of-sight error mitigation in mobile location," by L. Cong and W. Zhuang, published in *Proc. IEEE INFOCOM*, Hong Kong, Mar. 2004, pp. 650-659; (f) "A non-line-of-sight mitigation technique based on ML-detection," by J. Riba and A. Urruela, published in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, vol. 2, Quebec, Canada, May 2004, pp. 153-156; (g) "A linear programming approach to NLOS error mitigation in sensor networks," by S. Venkatesh and R. M. Buehrer, published in *Proc. IEEE IPSN*, Nashville, Tennessee, Apr. 2006; (h) "An efficient geometry-constrained location estimation algorithm for NLOS environments," by C. L. Chen and K. T. Feng, published in *Proc. IEEE Int. Conf. Wireless Networks, Commun., Mobile Computing*, Hawaii, USA, June 2005, pp. 244-249; 및 (i) "A TOA based location algorithm reducing the errors due to non-line-of-sight (NLOS) propagation," by X. Wang, Z. Wang, and B. O. Dea, published in *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, vol. 52, no. 1, pp. 112-116, Jan. 2003 내에 개시된다.

[0015] 그러나, 이들 NLOS 완화 및 식별 기술들 중 일부는 이동 네트워크로부터의 정보만을 이용하고, 수신된 신호의 정보를 이용하지 않는다. 측정된 거리들의 통계를 고려하는 기타 기술들은 거리 측정들을 기록할 것을 요구한다. 통상, LOS 조건 및 NLOS 조건의 정확한 특성을 위해 다수의 실시간 측정들이 요구된다. 또한, 이들 기술들 하에서는, 단말기가 이동 단말기일 경우에만 NLOS 조건들을 식별하여 측정된 NLOS 바이어스가 변화를 나타내도록 내버려둘 수 있다.

[0016] 유럽 특허 출원 공개 공보 EP 1,469,685 호에서는 CDMA 시스템의 수신된 신호의 다중경로 컴포넌트들을 이용하는 방법을 개시한다. 본 기술은 가장 강한 경로의 지연 정보와 글로벌 최대 경로와 로컬 최대 경로 간의 비율만을 이용한다. 그 기술은 이들 파라미터들을 위한 임계치들을 적절히 선택하는 것에 의존한다.

[0017] UWB 신호들의 LOS/NLOS 식별에서 채널 통계의 일 사용은 상술한 "ML time-of-arrival estimation based on low complexity UWB energy detection," by Rabbachin et al. 인 아티클에서 간략하게 논의되어 있다. Rabbachin 아티클은 (정규화된) 가장 강한 경로를 LOS/NLOS 식별을 위한 임계치와 비교한다. Rabbachin의 기술은 최적인 임계치를 정확하게 결정할 것을 요구하고, 가장 강한 경로의 정보를 제외한, 수신된 신호의 정보를 이용하지 않는다.

발명의 요약

[0019] 본 발명은 UWB 채널의 진폭과 지연 통계에 기초하여 NLOS 식별 기술을 제공한다. 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수신된 신호들의 첨도 (kurtosis), 수신된 신호들에 대한 수신된 다중경로 컴포넌트들의 평균 과도 지연 (mean excess delay), 및 RMS (root-mean-square) 지연 확산을 이용하여 수신된 신호에 대한 진폭과 지연 통계를 수집한다. 이들 메트릭들 각각의 확률 밀도 함수는 IEEE 802.15.4a UWB 채널들에 대한 적용에 의해 정당화되고, 대수-정규화 (log-normal) 랜덤 변수들에 의해 적절하게 모델링되도록 발견된다. 결합 우도 비율 테스트 (joint likelihood ratio test) 는 수신된 신호의 LOS 가설과 NLOS 가설 사이에서 선택한다. LOS 조건과 NLOS 조건의 PDF 가 (예를 들어, 이전 측정들로부터) 주어지면, 본 발명의 방법은 다수의 측정들을 요구하지 않는다.

[0020] 일 실시형태에서는, 진폭과 지연 통계를 독립적인 것으로 가정하여 가설 테스트 시에 사용되는 우도 함수 계산을 단순화한다.

[0021] 본 발명은 첨부된 도면을 참조하여 이하의 상세한 설명에 대한 고찰을 통해 더욱 잘 이해된다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1a 는 기지국들 (10, 20 및 30)에서의 측정들에 기초하여 NLOS 환경 하에서 무선 네트워크의 TOA 기술을 이용한 삼각 측량 (triangulation) 을 나타낸다.

[0024] 도 1b 는 도 1a 의 기지국들 (10, 20 및 30)에서 수신된 신호들의 처리를 나타낸다.

[0025] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 수신된 신호로부터의 첨도 (210), 평균 과도 지연 (220), 및 RMS 지연 확산 (230) 을 이용하여 LOS 조건이나 NLOS 조건을 식별하는 것을 나타낸다.

바람직한 실시형태들의 상세한 설명

[0027] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수신된 신호의 채널 임펄스 응답 (CIR: channel impulse response) $h(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수도 있다:

$$h(t) = \sum_{l=1}^L \gamma_l \delta(t - \tau_l)$$

[0028]

여기서, L 은 MPC 들의 총 수이고, γ_l 및 τ_l 은 각각 l 번째 MPC 에 대한 진폭과 지연이다. 수신된 신호의 TOA 는 $\tau_{toa} = \tau_1$ (즉, 제 1 도달 경로에 대한 도달 시간) 으로 주어진다. 각각 LOS 가설과 NLOS 가설을 나타내는 가설 H_0 및 가설 H_1 은 다음으로 주어진다:

$$\begin{cases} H_0: d/c = \tau_1, \\ H_1: d/c < \tau_1, \end{cases}$$

[0030]

[0031] 여기서, d 는 고정 단말기¹ (FT: fixed terminal) 와 이동 단말기 간의 실제 거리를 의미하며, c 는 광속을 의미한다. NLOS 조건 하에서, 제 1 도달 경로가 올바르게 식별될지라도, TOA 추정은 여전히 실제 거리에 비하여 큰 값을 산출한다. 따라서, 위치 측정 성능의 열화를 피하도록 NLOS FT 들을 식별하고, 그들의 효과를 완화한다.

[0032] 본 발명은 수신된 다중경로 컴포넌트들의 통계를 이용하여 LOS 조건과 NLOS 조건을 구별하는 방법을 제공한다. 일 실시형태에서는, LOS 조건과 NLOS 조건을 구별하도록 수신된 신호의 진폭 및 지연을 수집하는 통계적인 데이터 (즉, 첨도, 평균 과도 지연 및 RMS 지연 확산) 를 사용한다.

[0033]

[0034] ¹고정 단말기 (FT) 는 이동 단말기에 상대적으로 움직이지 않는 단말기이다. FT 의 예로서는 셀룰라 또는 무선 네트워크의 기지국들, 및 센서 네트워크의 앵커 노드 (anchor node) 들을 포함한다.

[0035] 첨도는 랜덤 변수 (random variable) 의 2 차 모멘트의 제곱 (즉, 분산) 에 대한 자신의 4 차 모멘트의 비율이다. "NIST/Sematech e-handbook of Statistical Methods," 2006 (www.6sigma.us 의 온라인에서 이용가능함) 에 따르면, 첨도는 "데이터가 정규 분포에 상대적으로 피크되거나 평탄한지 여부; 즉, 높은 첨도를 갖는 데이터 셋들은 평균 근처에서 뚜렷한 피크를 갖고, 다소 빠르게 하강하며, 헤비 테일 (heavy tail) 을 갖는 경향이 있는 반면, 낮은 첨도를 갖는 데이터 셋들은 샤프한 피크보다 오히려 평균 부근에서 평탄한 상부를 갖는 경향이 있다는 것의 측정" 으로서 정의된다. 또한, 첨도는 데이터가 어떻게 피크되는가의 특성을 나타내기 때문에, 다중경로 CIR 에서 LOS 조건이 얼마나 강한가의 특성을 나타낸다. 수신된 신호는 높은 첨도값을 갖는 CIR 에 대한 LOS 소스로부터 기인할 것이다.

[0036] CIR $h(t)$ 를 갖는 채널에 대해서, $|h(t)|$ 의 첨도는 다음과 같이 주어진다:

$$\kappa = \frac{\mathbb{E}\left[\left(|h(t)| - \mu_{|h|}\right)^4\right]}{\mathbb{E}\left[\left(|h(t)| - \mu_{|h|}\right)^2\right]^2} = \frac{\mathbb{E}\left[\left(|h(t)| - \mu_{|h|}\right)^4\right]}{\sigma_{|h|}^4}$$

[0037]

[0038] 여기서, $\mu_{|h|}$ 및 $\sigma_{|h|}$ 는 각각 CIR 의 평균 및 표준편차의 절대값들이다. 샘플 채널 실현들을 이용하여 LOS 조건과 NLOS 조건 모두에 대한 κ 의 분포를 획득할 수 있다. 예를 들어, IEEE 802.15.4a 채널들은 각각 인도어 주거용 LOS 조건과 NLOS 조건, 인도어 사무용 LOS 조건과 NLOS 조건, 아웃도어 LOS 조건과 NLOS 조건, 및 산업용 LOS 조건과 NLOS 조건에 대응하는 8 개의 상이한 채널 모델들 (CM1 내지 CM8) 을 위한 κ 의 히스토그램들을 제공한다. 히스토그램들은 각각 다음과 같이 주어진 대수-정규화 PDF 에 의해 각각 모델링될 수도 있다:

$$p(\kappa) = \frac{1}{\kappa\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(\ln(\kappa) - \mu_\kappa)^2}{2\sigma_\kappa^2}\right],$$

[0039]

[0040] 여기서, μ_κ 는 $p(\kappa)$ 의 평균이고, σ_κ 는 $p(\kappa)$ 의 표준편차이다. IEEE 802.15.4a 채널의 5% 유효 수준에서 Kolmogorov-Smirnov (KS) 가설 적합성 검정을 이용하여 이 모델을 뒷받침한다.

[0041]

첨도가 수신된 MPC 의 진폭 통계에 관한 정보를 제공하지만, 평균 과도 지연과 RMS 지연 확산에 의해 다중경로 컴포넌트들의 지연 통계를 제공한다. "Wireless Communications: Principles and Practice", T. S. Rappaport (author), Indianapolis, IN: Prentice Hall, 2002 에 따르면, 채널의 평균 과도 지연, τ_m 은 다음과 같이 주어지고:

$$\tau_m = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t|h(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)|^2 dt},$$

[0042]

[0043] RMS 지연 확산, τ_{rms} 는 다음과 같이 주어진다:

$$\tau_{rms} = \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{\infty} (t - \tau_m)^2 |h(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)|^2 dt}}.$$

[0044]

[0045] 상술한 첨도 분석과 유사하게, IEEE 802.15.4a 로부터 8 개의 상이한 채널 모델들을 위한 평균 과도 지연 및 RMS 지연 확산의 히스토그램들은 5% 유효 수준에서 KS 테스트에 기초하여 수신된 신호의 지연에 대한 대수-정규 분포들을 뒷받침한다.

[0046]

κ , τ_m 및 τ_{rms} 에 대한 통계의 선형적 지식이 LOS 조건 및 NLOS 조건 하에서 이용 가능한 경우, 우도 비율 테스트들 (likelihood ratio tests) 은 LOS 가설 및 NLOS 가설을 구별하도록 설정될 수 있다. 예를 들어, $p_{los}(x)$ 및 $p_{nlos}(x)$ 각각을 LOS 조건 및 NLOS 조건에 대응하는 PDF 들을 표시하고, κ , τ_m 및 τ_{rms} 각각을 관찰된 채널 실현 $h(t)$ 에 대한 첨도, 평균 과도 지연 및 RMS 지연 확산을 표시하게 하면, 다음 3 개의 우도 비율 테스트들 각각은 LOS/NLOS 조건들을 식별하도록 사용될 수 있다:

[0047] 1) 첨도 테스트:

$$\frac{P_{los}^{kurt}(\kappa)}{P_{nlos}^{kurt}(\kappa)} \begin{array}{l} \text{LOS} \\ \gtrless \end{array} 1,$$

[0048] [0049] 2) 평균 파도 지연 테스트:

$$\frac{P_{los}^{med}(\tau_m)}{P_{nlos}^{med}(\tau_m)} \begin{array}{l} \text{LOS} \\ \gtrless \end{array} 1,$$

[0050] [0051] 3) RMS 지연 확산 테스트:

$$\frac{P_{los}^{rms-ds}(\tau_{rms})}{P_{nlos}^{rms-ds}(\tau_{rms})} \begin{array}{l} \text{LOS} \\ \gtrless \end{array} 1,$$

[0052] [0053] 각 테스트에서는, 우도 비율이 1 보다 큰 경우 LOS 가설 (H_0) 을 선택하고; 그렇지 않은 경우, NLOS 가설 (H_1) 을 선택한다. 3 개의 모든 파라미터들을 고려하여, 이를 파라미터들의 개별 PDF 들로부터 결합 PDF 를 유도하는 테스트 형태를 다음과 같이 획득할 수도 있다:

$$\frac{P_{los}^{joint}(\kappa, \tau_m, \tau_{rms})}{P_{nlos}^{joint}(\kappa, \tau_m, \tau_{rms})} \begin{array}{l} \text{LOS} \\ \gtrless \end{array} 1.$$

[0054] [0055] 그러나, 결합 PDF 는 유도하기 어렵다. 하나의 단순화는 다음과 같이 κ , τ_m 및 τ_{rms} 를 독립적인 것으로 가정함으로써 획득될 수도 있다:

$$J(\kappa, \tau_m, \tau_{rms}) \begin{array}{l} \text{LOS} \\ \gtrless \end{array} 1,$$

[0056] 여기서,

$$J(\kappa, \tau_m, \tau_{rms}) = \frac{P_{los}^{kurt}(\kappa)}{P_{nlos}^{kurt}(\kappa)} \times \frac{P_{los}^{med}(\tau_m)}{P_{nlos}^{med}(\tau_m)} \times \frac{P_{los}^{rms}(\tau_{rms})}{P_{nlos}^{rms}(\tau_{rms})}.$$

[0057] [0058] 도 1a 는 FT 들 (10, 20 및 30) 에서의 측정들에 기초하여, NLOS 환경 하에서 무선 네트워크의 TOA 기술을 이용한 삼각 측량을 나타낸다. 본 시스템에서, 각각의 FT 는 이동 단말기 (5) 로부터 수신된 신호에 대한 TOA 를 측정한다. 이후, 중앙 처리 유닛 (35) 으로 그 측정들을 전송한다. 다른 방법으로, 이동 단말기 (5) 는 모든 FT 들에서의 수신된 신호들을 이용하여 자신의 위치를 추정한다.

[0059] [0060] 도 1b 는 도 1a 의 FT 들 (10, 20 및 30) 에서 수신된 신호들의 처리를 나타낸다. FT 수신기는 우선 가장 강한 경로 (9) 를 식별하고, 제 1 도달 경로 (7) 에 대해 시간의 역방향으로 탐색한다. LOS 조건 하에서, 제 1 도달 경로 (7) 는 송신기와 수신기 간의 실제 거리로 나타낸다. 그러나, NLOS 조건 (즉, 송신기와 수신기 간에 장애가 존재하는) 경우, 제 1 도달 경로들 (7) 은 LOS 제 1 도달 경로 (11) 보다 이후 시간에 도달한다. 따라서, NLOS 조건 하에서 TOA 추정에는 제 1 도달 경로가 올바르게 식별되는 경우라도 포지티브 바이 어스를 포함한다. 도 1b 에 도시된 바와 같이, 제 1 도달 경로에 권한을 부여하도록 임계치 (8) 를 사용하기 때문에, 제 1 도달 경로 (12) 는 실제 NLOS 제 1 도달 경로 (7) 보다 실제로 이후 시간일 것이다.

[0061] 종래의 시스템에서는, 임의의 임계치를 이용하여 각각의 FT 에서 수신된 신호의 TOA 를 추정한다. 거리 추정들 (31, 32 및 33) 로 TOA 추정들을 쉽게 변환시킬 수 있으며 (도 1a), 여기서 이것은 다음과 같이 최소 자승

방식 하에서 레지듀얼 (residual) 을 최소화하여 단말기 위치를 추정하도록 이후에 사용될 수도 있다:

$$\hat{\mathbf{x}} = \underset{\mathbf{x}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \left[d_i - \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\| \right]^2$$

[0063] 여기서 d_i 는 i 번째 FT 와 단말기 간의 거리이며, \mathbf{x}_i 는 이용가능한 N 개의 FT 들에 대해서 i 번째 FT 의 위치이다. 추정된 단말기 위치에 대한 평균 제곱 레지듀얼 에러 ("Residual") 는 다음과 같이 제공된다:

$$\text{Residual} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[d_i - \|\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x}_i\| \right]^2$$

[0064] LOS 조건 하에서, 레지듀얼은 측정 잡음과 써치-백 (search-back) 에러에만 의존한다. 써치-백 에러는 제 1 도달 경로의 부정확한 식별로 기인한다. LOS 조건 하에서, 각각의 FT 마다 리딩 에지 (leading edge) 를 쉽게 식별하고 TOA 의 정확한 추정을 행할 수 있다. 따라서, LOS 조건 하에서, 추정된 이동 단말기 위치는 실제 이동 단말기 위치에 보다 가깝고, 레지듀얼은 통상 작아 충분히 작은 평균을 가정하는 것이 잡음 분산을 감소시킨다.

[0065] 그러나, NLOS 조건 (예를 들어, 하나 이상의 NLOS FT 들) 하에서, 레지듀얼들은 가이드된 NLOS 바이어스 때문에 상당히 크다. 상술한 바와 같이, NLOS 바이어스는 다음으로부터 기인한다: 1) LOS TOA 와 NLOS TOA 간의 지연, 및 2) 추정된 NLOS TOA 와 실제 NLOS TOA 간의 지연. 제 1 유형의 바이어스는 써치-백 단계에서 아니라, 삼각 측정 단계에서 다를 수도 있다. 채널의 LOS 정보나 NLOS 정보는, 다중경로로 수신된 신호들 (예를 들어, 우도 가중치의 형태로)로부터 획득되고, 삼각 측량 단계에서와 NLOS FT 들을 위한 써치-백에 대한 종료 조건으로서 사용될 수 있다.

[0066] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 수신된 신호로부터의 첨도 (210), 평균 과도 지연 (220), 또는 RMS 지연 확산 (230) 을 이용하여 LOS 조건이나 NLOS 조건을 식별하는 것을 나타낸다. 도 2 에 도시된 바와 같이, 상술한 방식으로 수신된 신호로부터 첨도 (210), 평균 과도 지연 (220), 또는 RMS 지연 확산 (230) 을 계산한다. 이후, LOS 조건 및 NLOS 조건에서 이들 파라미터들에 대한 PDF 들의 이전 정보 (235) 를 이용하여, 각 파라미터에 대한 우도 비율 (LR: likelihood ratio) (250) 을 계산한다. 상술한 바와 같이, 첨도 (210), 평균 과도 지연 (220), 또는 RMS 지연 확산 (230) 이 독립적인 것으로 가정되는 단순화된 모델을 이용하여, 결합 LR (260) 을 획득하도록 이들 각각의 LR 들을 곱한다. (LR 들의 곱 (260) 을 계산하면서 LR 들 중 어떤 것을 폐기하도록 선택할 수도 있다.) 이후, 결합 LR (260) 은 신호가 LOS 또는 NLOS 인지 여부 (240) 를 결정하도록 단계 240 에서 비교된다. 또한, 본 발명의 범위 내에서는, 수신된 신호의 기타 통계 (예를 들어, 가장 강한 경로의 에너지, 또는 가장 강한 경로보다 시간 상으로 선행하는 신호의 에너지) 를 이용할 수도 있다.

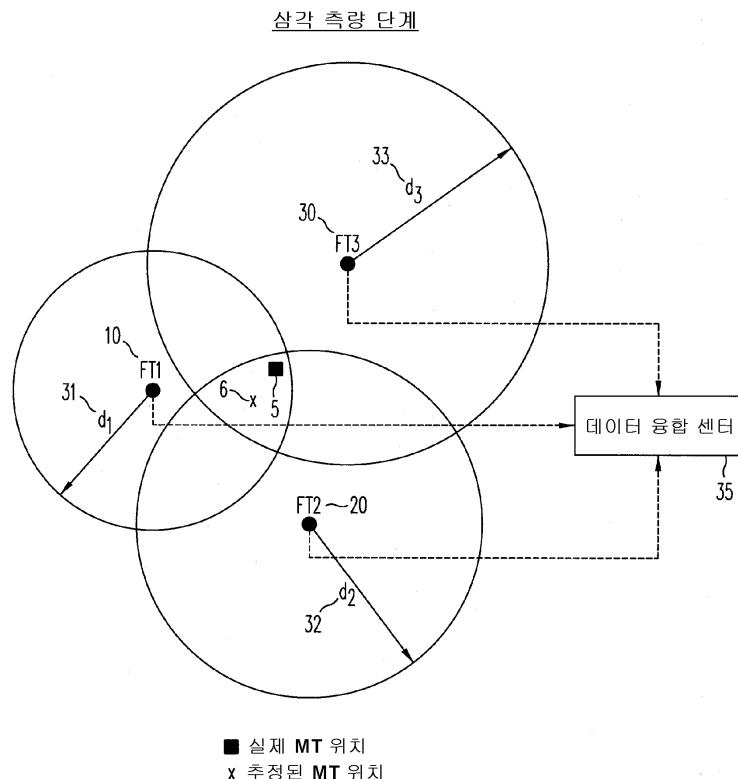
[0067] 상술한 바와 같이, 수신된 신호로부터의 NLOS 식별에 대한 종래의 해들은 시간에 대한 TOA (또는 거리) 측정들의 기록을 요구한다. 반면에, 본 발명에 따른 방법들은 측정의 시간-이력을 요구하지 않고, TOA 의 변동을 고려하지 않기 때문에 (LOS/NLOS 우도 PDF 들이 이용가능한 한) 심지어 단일 채널 실현을 이용하여 식별을 수행할 수 있다. 대신, 수신된 MPC 의 NLOS 정보를 이용한다. 본 발명은 다양한 방식으로 위치 측정 정확도를 개선하는데 적용가능하다. 본 발명의 기술들에 의해 식별된 NLOS FT 들을 고려해서 제거하여 NLOS FT 들의 바이어스들이 위치 측정 추정에 포함되는 것을 회피시킬 수 있다. 네트워크에서 이용가능한 FT 들의 수를 제한하는 상황에서, 측정들을 단순히 폐기할 수 없어, LS 위치 측정 알고리즘의 가중치로서 LOS FT 들의 우도 함수를 이용하여 NLOS 측정들의 효과를 최소화할 수 있다.

[0068] 또한, 본 발명 하에서 식별된 LOS/NLOS 정보는 심볼 검출 성능을 개선하는데 적용가능하다. 예를 들어, (예를 들어, 정합된-필터 수신기들에서) 사용하는 레이크 핑거 (Rake finger) 들의 수를 정하는데 LOS/NLOS 정보를 사용할 수도 있다. 다른 방법으로, (예를 들어, 송신된 기준에서나 에너지 검출 수신기에서) 적분 간격 (integration interval) 은 주어진 신호-대-잡음 비율에서 수신기의 비트 에러율을 감소시킬 수도 있다.

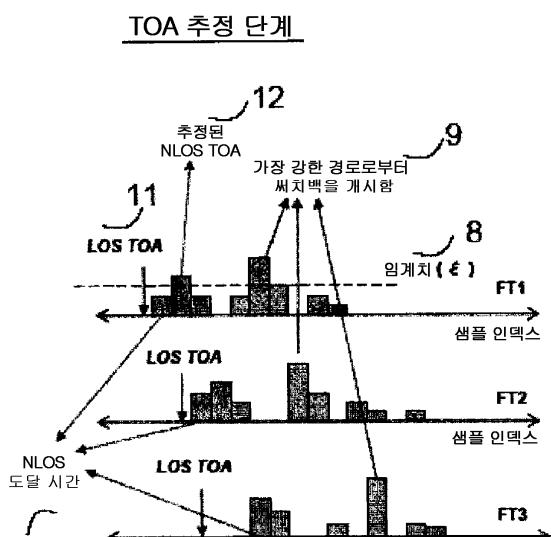
[0069] 상기 상세한 설명은 본 발명의 구체적인 실시형태들을 설명하기 위해 제공되나 한정하도록 의도되지 않는다. 본 발명의 범위 내에서 다양한 변경 및 변형들이 가능하다. 첨부된 청구범위에서는 본 발명을 설명한다.

도면

도면1a



도면1b



도면2

