
모바일 와이맥스 망의 위치 기반 서비스 지원을 위한 위치 결정 방식

이계상*

An Enhanced Location Determination Mechanism for Supporting Location Based Service
of Mobile WiMAX Networks

Kye Sang Lee*

이 논문은 2008학년도 동의대학교 교내 연구비에 의해 연구되었음 (2008AA174)

요 약

무선 이동 통신망의 발전으로 단말의 현재 위치를 기반으로 한 다양한 위치 기반 서비스가 출현하고 있다. 와이브로 망과 같은 모바일 와이맥스 망에서도 LBS (Location Based Service) 서비스의 제공은 망 기술의 경쟁력을 제고하기 위해 매우 중요하다. 이를 위해, 와이맥스 포럼은 최근 LBS 서비스 제공을 위한 망 구조 및 프로토콜을 네트워크 워킹 그룹의 release 1.5 문서에 포함하여 표준화 하였다. 그동안 와이브로 망에서 측위에 관한 많은 연구가 있어 왔지만, 최근 확립된 와이맥스 포럼의 LBS 표준을 고려하여 표준에 적합한 위치 결정 방식에 관한 연구는 아직 없다. 본 논문에서는 와이맥스 포럼의 LBS 표준을 고려하여, 이에 부합하는 위치 결정 방식을 제안한다. 이 방식은, RTD (Round Trip Delay) 방식을 결합하여 기존 TDOA 방식을 개선하였다.

ABSTRACT

Due to the advancement of mobile wireless networks, various LBS's (Location Based Service) with the knowledge of mobile station's current position are emerging. Providing LBS is very essential feature in Mobile WiMAX networks such as WiBro networks for their competitiveness. To this end, WiMAX Forum has established recently the network architecture and protocols for providing LBS and they are included in the Network working group's release 1.5 documents. Though there have been many research efforts on location determination in Wibro networks, none of them addresses the location determination mechanism complying to Forum's recent LBS standards. This paper proposes an enhanced TDOA-RTD combined location determination mechanism, which complies to the Forum's LBS architecture.

키워드

모바일 와이맥스 망, 위치기반서비스, 위치 결정, 도착시각차, 왕복지연시간

Key word

Mobile WiMAX networks, LBS, location determination, TDOA, RTD

I. 서론

무선 이동 통신망의 발전으로 단말의 현재 위치를 기반으로 하는 다양한 서비스 (LBS: Location Based Service)가 출현하고 있다[1]. 퍼스널 네비게이션/트래킹, 주변의 교통/여행/레저 정보의 제공 등이 그 예이다. 119와 같은 긴급 통화시에도 단말의 현재 위치 정보는 안전에 관련된 매우 중요한 정보이다.

스마트 폰을 단말로 하는 이동 통신망의 경우, 이미 다양한 LBS가 출시되고 있다. 예를 들어, 우리나라에도 최근 도입된 애플 아이폰의 경우, 내장된 GPS와 WPS 및 BS 삼각측량 방식을 결합하여 상당히 정확한 위치를 알아내고, 이를 지도위에 표시해 주는 서비스를 제공하고 있고 관련된 LBS 응용 서비스를 지원하고 있다. WPS (Wifi Positioning System)는 주위의 와이파이가 무선랜 신호를 수신한 단말이 이를 보고하면서 서버에서 데이터베이스를 검색하여 위치를 추출하여 알려주는 방식이다.

와이브로 망과 같은 모바일 와이맥스 망은 무선 인터넷 기술로 출발하여, 이제는 4세대 이동 통신 기술로 발전하고 있다. 국내에서의 구축은 아직 더디지만, 러시아, 아시아, 아프리카 등 해외를 중심으로 점진적으로 그 구축망을 넓혀 나가고 있다. 와이브로 기술을 도입한 러시아의 요타라는 와이브로 사업자는 2009년 11월부터 세계 최초로 상용 음성 서비스를 실시하였다. 요타는 러시아 전역에 걸쳐 수십개 지역에 와이브로 망을 구축할 계획을 갖고 있다. 국내에서도 곧 010 번호를 부여하여 음성 서비스를 상용화 할 예정이며, 지역 사업자를 선정할 계획을 갖고 있는 등 방송통신위원회의 적극적 추진의 지로 활성화를 모색하고 있다.

모바일 와이맥스 망의 확대와 더불어, 와이맥스 망에서도 LBS 서비스의 제공은 망 기술의 경쟁력을 제고하기 위해 매우 중요하다. 이를 위해, 와이맥스 포럼[2]은 최근 LBS 서비스 제공을 위한 망 구조 및 프로토콜을 표준화 하였다. 2009년, 포럼의 네트워크 워킹 그룹은 release 1.5 문서에 LBS 기본 표준을 포함하여 발간하였다[3].

그동안 국내를 중심으로 와이브로 망에서의 측위 연구가 TDOA (Time Difference of Arrival) 방식을 중심으로 수행되어 왔다[4-7]. 하지만, 울 들어 확립된 와이맥스 포

럼의 LBS 표준을 고려하여 표준에 적합한 위치 결정 방식에 관한 연구는 아직 없다.

본 논문에서는 와이맥스 포럼의 LBS 표준을 고려하여, 이에 부합하는 위치 결정 방식을 제안한다. 이 방식은 또한, 기존의 TDOA 방식의 경우 세계의 프리엠플 검출을 요구하지만, 그렇지 않은 경우에서도 위치 결정을 할 수 있도록 RTD 기반의 방식을 결합하여 기존 TDOA 방식을 개선하였다. 2장에서는 먼저 최근 수립된 와이맥스 망의 LBS 구조와 위치 결정 절차를 살펴 본다. 3장에서는 와이맥스 포럼의 LBS 구조를 고려하여 기존 TDOA 방식을 보완한 위치 결정 방식을 제안하고, 4장에서는 이에 대한 시뮬레이션 결과를 요약한다. 5장은 결론과 향후 과제를 기술한다.

II. 모바일 와이맥스망의 LBS 지원 구조

그림 1은 와이맥스 포럼의 LBS 지원을 위한 네트워크 구조이다[3]. LBS 지원을 위한 위치 기능은 LS, LC, LA, LR이다.

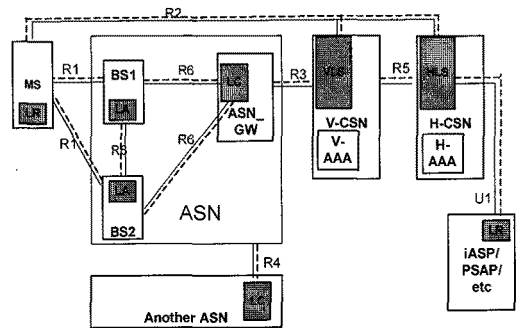


그림 1. 모바일 와이맥스 망의 LBS 지원을 위한 네트워크 구조

Fig. 1 Network architecture for LBS in Mobile WIMAX networks

LS (Location Server)는 로밍의 경우를 고려하여 방문 네트워크와 홈 네트워크의 CSN에 모두 존재한다. LS는 위치 정보 요청을 받아 위치 결정 절차를 개시하고, 얻어진 위치 정보를 요구자 LR (Location Requester)에게

제공 한다. LS는 LC 또는 MS (Mobile Station)의 도움을 받아 위치 결정을 수행한다. LC (Location Controller)는 LS로부터 위치 결정 개시 요청을 받아 여러 LA에서의 측정을 조정한다. LC는 ASN GW에 위치한다. LA (Location Agent)는 BS에 위치하며 단말과 협조하여 위치 결정을 위한 신호 측정을 수행한다. LR은 위치 정보를 요청하는 요구자이며 MS 또는 PSAP에 위치한다. LR은 LS에 위치 정보를 요구한다.

위치 결정 절차는 단말 기반과 네트워크 기반으로 크게 구분된다.

2.1 단말 기반 위치 결정 절차

단말이 스스로 자신의 위치를 결정한다. 단말이 GPS 기능을 갖추고 있는 경우, 또는 단말이 수신 신호의 측정 값들을 토대로 TDOA와 같은 삼각측량 위치 계산을 할 수 있는 경우가 이에 해당된다. 이 경우, 네트워크로부터는 거의 도움을 받지 않는다. 즉, 그림 1의 참조 구조에 표시된 위치 제공 기능들의 도움을 받지 않는다. 단말이 네트워크와 무관하게 자신의 위치를 결정하여 자신의 뜻대로 사용할 수 있으므로 privacy 문제가 생기지 않는다. 이 방식은 선택사항이며, 상세한 측정 내용 및 위치 결정 방식은 표준의 범위 밖으로 기술되어 있지 않다. 다음 장에서 제안된 방식이 한 예로 사용될 수 있다.

2.2 네트워크 기반 위치 결정 절차

네트워크의 주도로 단말의 위치 결정이 진행된다. 참조 구조의 위치 제공 기능들이 상호 동작된다. LS가 단말 또는 iASP (Internet Application Service Provider)/PSAP (Public Safety Answering Point)의 LR로부터 위치 요청을 수신하면, LS는 AAA 서버에게 LR에 대한 인증과 권한 부여를 요청한다. AAA로부터 인증 허락이 수신되면 LS는 위치 결정 절차를 개시한다. 위치 결정의 시작은 항상 LS에 의해 기동된다.

다음 절차는, LS가 LC의 도움을 받는 control-plane 위치 결정 절차와, MS의 도움을 받는 user-plane 위치 결정 절차, LC와 MS의 도움을 모두 받는 mixed-plane 위치 결정 절차로 구분된다.

가. control-plane 위치 결정 절차

LS가 LC 및 LA의 도움으로 위치를 결정한다. LS는 LC에게 위치 정보 측정을 요청한다. 이 때, R3 인터페이스

상에서 IETF의 RADIUS 또는 Diameter 프로토콜의 사용이 권고된다. BS-ID 기반 위치 결정을 위한 요청인 경우, LS는 ASN으로부터 즉각 BS 정보를 응답받는다. 좀 더 상세한 위치 정보가 요구되는 경우, LC는 serving BS와 reference BS를 선택하여 각 BS에 위치한 LA에 위치 신호 측정을 요청한다. LA는 단말과 협동하여 신호 측정을 개시한다. 이에 대한 구체적인 방식은 표준의 범위 밖이며 기술되어 있지 않다. 본 논문은 다음 장에서 여기에 사용될 수 있는 방식을 제안한다.

나. user-plane 위치 결정 절차

LS와 MS가 협동하여 상호 정보를 주고 받으며, 최종 위치 계산은 LS 또는 MS에서 수행된다. LS와 MS는 R2 인터페이스 상에서 IETF HELD 기반 프로토콜인 WLP(Wireless Location Protocol) 또는 OMA 표준 프로토콜인 SUPL(Secure User Plane Location) 2.0을 이용하여 응용 계층에서 통신한다. 이 절차는 주로 Assisted-GPS 방식의 구현에 이용된다.

다. mixed-plane 위치 결정 절차

control-plane 방식과 user-plane 방식을 결합하여 위치 정보 서비스 품질을 높이기 위해 사용한다. LS는 MS의 위치 결정 기능을 검토하여 적절한 control-plane 방식과 user-plane 방식을 선택하여 순차적으로 적용하고, 수집된 결과를 결합하여 좀 더 정확한 위치 정보를 계산한다.

III. 위치 결정 방식 제안

이 장에서는 앞 장에서 기술한 모바일 와이맥스 망 LBS 지원 구조에 맞춰 사용할 수 있는 위치 결정 방식을 제안한다. 앞장에서 언급된 단말 기반 및 네트워크 기반 위치 결정 절차에서 모두 사용될 수 있는 방식이다.

3.1 RD 측정

TDOA는 단말에 도착되는 여러 BS의 기준 신호들 간의 상대 지연(RD: Relative Delay) 값을 이용한다. 모든 BS는 GPS로 시각이 동기화 되어 같은 시각에 기준 신호를 발송한다. BS와 단말이 떨어진 거리에 따라 신호는 조금씩 다른 시각에 단말에 도착된다. RD는 두 개의 다

른 BS의 기준 신호 도착 시간 차이 값을 말한다.

BS는 일정한 시간 길이 (TDD 방식의 와이브로 경우 5 ms)의 프레임은 주기적으로 발송한다. 프레임은 다수의 OFDM 심볼로 구성되며, 첫 심볼은 물리계층의 프리앰블에 해당된다. BS 기준 신호의 도착은 프리앰블의 도착을 기준으로 한다. 프리앰블의 도착을 알아내기 위한 프리앰블의 검출은 일반적으로 사용되는 최대 상관값 (correlation) 계산 방식[8]을 따른다.

수신 신호 r 을 i 번째 BS의 고유 프리앰블 신호 x_i 와 다음 식과 같이 상관시킨다.

$$P_i(n) = \sum_{k=0}^{N-1} r(n+k)x_i^*(k)$$

위 식의 값을 최대로 하는 n 을 구함으로써 i 번째 BS의 프리앰블의 오프셋을 구할 수 있다. 예를 들어 수신 신호 r 이 $i(=1,2,3)$ 번째 BS로부터의 프리앰블을 포함한다면 한 프리앰블을 기준으로 나머지 두 개 프리앰블의 오프셋을 구별해 낼 수 있으며, 이로부터 두 개의 RD를 얻을 수 있다.

통상, 프리앰블의 검출에는 많은 수의 BS에 대한 상관값 계산을 수행하여야 한다. 본 논문에서는 이 계산량을 줄이기 위해 최적의 이웃 BS의 정보를 사용한다. 이 정보는 단말 기반 위치 결정 절차의 경우 serving BS에서 방송되는 LBS-ADV 메시지 안에, 네트워크 기반 위치 결정 절차의 경우는 SCN-RSP 메시지 안에 이웃 BS의 정보가 포함된다.

3.2 RTD 측정

단말과 BS간에 왕복 전송 지연 (RTD: Round Trip Delay)을 알면 역으로 상호 떨어진 거리를 계산할 수 있다. 본 논문에서는 이를 위해 단말과 BS간 레인징 (ranging) 기능의 일부를 이용할 것을 제안한다. 레인징은 단말과 BS간의 무선 링크의 품질을 계속 유지하기 위한 기능을 총칭한다. 본 논문에서는, 레인징을 위한 RNG-REQ와 RNG-RSP 메시지를 이용하여 RTD를 측정한다. 단말은 BS로 RNG-REQ를 송신한 후, BS로부터 RNG-RSP 응답을 수신하여 RTD를 계산한다.

3.3 위치 결정 알고리즘

위와 같이 RD 또는 RTD를 측정한 단말은 이를 이용

해 단말 기반 위치 결정 절차의 경우는, 스스로 자기 위치를 계산한다. 네트워크 기반 위치 결정 절차의 경우, 단말은 이 값을 CSN의 LS로 전달하여 LS가 위치 계산을 하도록 한다. 이를 위해 SCN-REP 메시지를 이용하여 우선 LA에 보고한다. 이 후에는 와이맥스 포럼 표준을 따라 LC를 경유하여 결국 LS에 측정값들이 전달된다.

다음은 본 논문에서 제안하는, 단말의 위치 결정 알고리즘이다. 이 알고리즘은 단말 또는 LS에서 사용된다.

가. 프리앰블이 3개 이상인 검출된 경우

2개 이상의 RD 값이 성공적으로 성공적으로 측정 계산된 경우로서, 통상적인 TDOA를 적용한다. 즉, 단말의 위치 (x,y) 는 다음 식의 연립 해로 얻을 수 있다.

$$C \cdot RD_{12} = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} - \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}$$

$$C \cdot RD_{23} = \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} - \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}$$

여기서, (x_i, y_i) 는 i 번째 BS의 위치, RD_{ij} 는 i, j 번째 BS 간의 RD를, C 는 광속을 의미한다. 각 식은 쌍곡선에 해당하며, 해는 두 쌍곡선의 교점이 된다.

나. 프리앰블이 2개 검출된 경우

검출된 2개 프리앰블로부터 하나의 RD 만을 얻는 경우이다. 나머지 정보는 프리앰블을 송신한 BS 중 하나에 대하여 RTD 측정을 통해 얻는다. 즉, RNG-REQ와 RNG-RSP 메시지 교환을 통해 RTD를 계산한다. 이 경우, 단말의 위치 (x,y) 는 다음 식의 연립 해로 얻을 수 있다.

$$C \cdot RD_{12} = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} - \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}$$

$$C \cdot RTD/2 = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}$$

여기서, RTD 는 단말과 위치 (x_1, y_1) 에 있는 BS간의 신호 왕복 지연 시간이다. 해는 하나의 쌍곡선과 원의 교점이 된다. 두 개의 교점이 얻어지는 경우, 이 중 BS의 선택

터와 일치하는 교점이 올바른 해가 된다. 섹터 까지 동일한 경우는 두 교점의 중점을 단말의 위치로 근사시킨다. 하지만, 이러한 경우는 잘 일어나지 않는다.

다. 프리앰블이 1개 검출된 경우

이 경우는 프리앰블이 검출된 BS와 레인징 메시지를 교환하여 RTD를 계산한다. 이는 단말이 BS를 중심으로 하는 원주 상에 위치한다는 의미이다. 여기에 다시 섹터 정보를 이용하면 그 위치의 범위를 1/3 원호로 축소할 수 있다. 단말의 위치는 이 1/3 원호의 가운데에 있는 것으로 근사한다.

IV. 모의실험 결과

본 논문에서는 와이브로 망의 LOS 환경을 가정하여 기존 TDOA 방식과 본 논문에서 제안한 방식을 모의실험하여 비교하였다. 모의실험을 위한 시스템 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 시스템 파라미터
Table 1. System Parameters

대역폭	10MHz
캐리어 주파수	2.3 GHz
IFFT 크기	1,024
셀 레이아웃	Hexagonal, 3 sectors
셀 반경	1,500 m
BS 안테나 게인	17 dBi
BS Tx Power	46 dBm
단말 Tx Power	27 dBm
단말 Noise Figure	7 dB
Thermal Noise Density	-174 dBm/Hz
Scenario	LOS

그림 2는 시뮬레이션으로 얻은 결과 중 전형적인 예를 보인다. 세 개의 프리앰블이 관측되는 지점에서 얻어진 위치는 기존 TDOA 방식과 제안된 방식간에 유사한 정확도를 보인다. 그러나, 세 개 이상의 프리앰블 검출에 실패하는 경우에는 제안된 방식만이 위치 결정

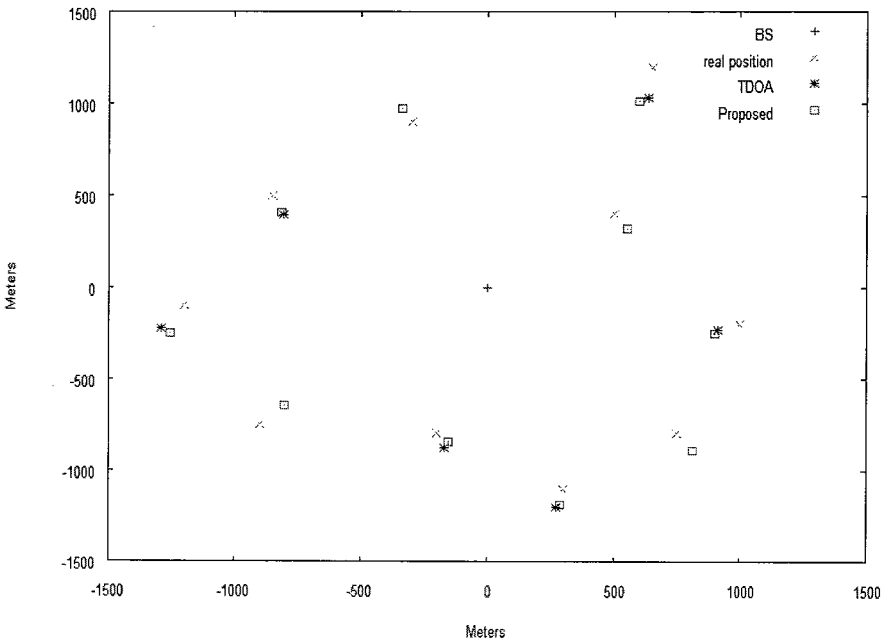


그림 2. 기존의 TDOA 방식과 비교한 제안된 위치 결정 방식의 시뮬레이션 결과
Fig. 2 Simulation results comparing proposed mechanism with conventional TDOA

에 성공하였다. 실험 결과를 종합하여 볼 때, 약 45%에 달하는 위치에서 두 개 이하의 프리앰블 신호만을 검출할 수 있었다. 이러한 위치에서는 기존 TDOA 방식의 경우 위치 결정에 실패하는 반면, 제안된 방식의 경우에는, RTD를 측정하여 위치 결정을 보완하여 성능이 개선됨을 알 수 있다. 예로, 좌표 (-900,750)를 참조하면, 프리앰블이 두 개만 검출되는 위치에서도 제안된 방식은 오차는 있지만, 근사한 추정 위치를 제시함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 모바일 와이맥스 망에서의 위치 결정 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 최근 와이맥스 포럼에서 표준화된 LBS 지원 구조에 부합하며, 단말 기반 뿐 아니라 네트워크 기반 위치 결정 절차에서도 활용될 수 있다. 또한, 검출된 프리앰블의 수가 3 개가 되지 않는 약 45%에 달하는 위치에서도 RTD 방식을 병행하여 위치결정에 성공함으로써, 그렇지 못한 기존의 TDOA 방식을 개선함을 보였다.

본 논문에서 제안된 위치 결정 방식은 단말에 장착되는 GPS와 결합하여 더 나은 품질의 위치 정보 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 이에 대한 연구와 NLOS 채널 환경의 영향에 대한 연구과제가 향후 과제로 남아 있다.

참고문헌

[1] “특집: LBS-위치기반서비스”, Telecommunications Review, 18권, 2호, 2008.4

[2] www.wimaxforum.org

[3] WiMAX Forum, “WiMAX Forum Network Architecture: Protocols and Procedures for Location Based Services”, draft-T33-110-R015v01-B, May. 2009.

[4] 유승수 외, “와이브로 기반 무선 측위 가능성 분석”, Telecommunications Review, 18권 2호, pp. 224-238, 2008.4.

[5] S.H.Yoo et. al., “A novel scheme for positioning error mitigation schem in OFDM-based on wireless location systems,” Proc. IEEE ICACT, Pyeongchang, Korea, Jan. 2007.

[6] 오윤석 외, “와이브로 단말기 위치 검출을 위한 LMU 설계,” JCCI 2009.

[7] 송승헌 외, “와이브로 망을 이용한 측위 시스템의 성능 분석,” <http://ivlab.cmu.ac.kr/>.

[8] 김산해 외, “WiBro 시스템 기반의 TDOA 무선측위 성능 향상 알고리즘”, JCCI 2009. 2009.8.

저자소개



이계상 (Kye Sang Lee)

1981 서울대학교 전자공학과 석사
 1997 KAIST 전기전자공학 박사
 1982 ~ 1997 ETRI 선임연구원
 1997 ~ 현재 동의대학교 정보통신
 공학과 재직