



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

2023년 2월
석사학위 논문

중계기를 고려한 TDOA와 TOA가 혼합된 위치추정 알고리즘 연구

조선대학교 대학원

전자공학과

전슬비

중계기를 고려한 TDOA와 TOA가 혼합된 위치추정 알고리즘 연구

A Study on the Location Detection Algorithm
Combined with TDOA and TOA Considering Repeaters

2023년 2월 24일

조선대학교 대학원

전자공학과

전슬비

중계기를 고려한 TDOA와 TOA가 혼합된 위치추정 알고리즘 연구

지도교수 황 석 승

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함

2022년 10월

조선대학교 대학원

전 자 공 학 과

전 슬 비

전슬비의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 이충규 (인)

위원 조선대학교 교수 황석승 (인)

위원 조선대학교 교수 김윤학 (인)

2022년 12월

조선대학교 대학원

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	iv
ABSTRACT	vi
제1장 서론	1
제1절 연구 배경 및 방법	1
제2장 중계기를 고려한 TDOA와 TOA 혼합 알고리즘	3
제1절 중계기 개요	3
제2절 TDOA 및 TOA 개요	5
제3절 중계기 유무에 따른 TDOA 및 TOA의 수학적 모델	7
1. 중계기를 고려하지 않는 LOS 환경	7
2. 중계기를 고려해야 하는 NLOS 환경	10

제4절	중계기를 고려한 TDOA 및 TOA 혼합 위치추정 알고리즘	16
1.	한 개의 중계기를 고려한 경우	16
2.	두 개의 중계기를 고려한 경우	19
3.	세 개의 중계기를 고려한 경우	23
제3장	컴퓨터 시뮬레이션	25
제1절	한 개의 중계기를 가정한 경우	26
제2절	두 개의 중계기를 가정한 경우	29
제3절	세 개의 중계기를 가정한 경우	36
제4장	결론 및 향후 연구	39
REFERENCES	40

List of Tables

Table 3.1	Two BSs, repeater and MS coordinates	26
Table 3.2	Two BSs, two repeaters and MS coordinates	29
Table 3.3	BS, two repeaters and MS coordinates	33
Table 3.4	BS, three repeaters and MS coordinates	35

List of Figures

Figure 2.1	Block diagram of repeater considering Repeater ID	4
Figure 2.2	Basic concept of TDOA method	5
Figure 2.3	Basic concept of TOA method	6
Figure 2.4	Concept of signal transmission and reception between BSs and MS	7
Figure 2.5	TOA considering three BSs	8
Figure 2.6	Location estimation technique using TDOA considering one repeater	10
Figure 2.7	Block diagram of the proposed location estimation technique considering repeater	12
Figure 2.8	Location estimation technique using TDOA when repeaters passed in series	13
Figure 2.9	Block diagram of the proposed location estimation technique considering when two repeaters pass in series	15
Figure 2.10	Concept of signal transmission and reception between two BSs and MS including repeater	16
Figure 2.11	TOA considering two BSs and repeater	18
Figure 2.12	Concept of signal transmission and reception between two BSs and MS including two repeaters	19
Figure 2.13	TOA considering two BSs and second repeater	20
Figure 2.14	Concept of signal transmission and reception between BS and MS including two repeaters	21
Figure 2.15	TOA considering BS and two repeaters	22
Figure 2.16	Concept of signal transmission and reception between BS and MS including three repeaters	23
Figure 2.17	TOA considering BS and second repeater, third repeater	24
Figure 3.1	Layout for the first scenario when the location of the MS is (250, 250)	27
Figure 3.2	Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)	27

Figure 3.3	RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA	28
Figure 3.4	RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA	28
Figure 3.5	Layout for the first scenario when the location of the MS is (500, 500)	31
Figure 3.6	Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)	31
Figure 3.7	RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA	32
Figure 3.8	RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA	32
Figure 3.9	Layout for the first scenario when the location of the MS is (0, 0)	34
Figure 3.10	Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)	34
Figure 3.11	RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA	35
Figure 3.12	RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA	35
Figure 3.13	Layout for the first scenario when the location of the MS is (0, 0)	37
Figure 3.14	Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)	37
Figure 3.15	RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA	38
Figure 3.16	RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA	38

ABSTRACT

A Study on the Combined Location Detection algorithm with TDOA and TOA Considering Repeaters

Jeon, Seul-Bi

Advisor : Prof. Hwang, Suk-seung

Department of Electronic Engineering,

Graduate School of Chosun University

In a wireless communication system, the location information obtained by LDT (Location Detection Technology), which is one of core techniques, provides various communication services to user. TOA (Time of Arrival), which calculates it by measuring the arrival time of signals, and TDOA (Time Difference of Arrival) which calculates it by measuring the difference between two arrival times, are representative network-based LDT methods. Based on the signals received from three or more BS (Base Station)s, TOA calculates an intersection point by drawing circles and TDOA calculates it by drawing hyperbolas. In the urban environment where communication obstacles exist, a huge number of repeaters have been installed to overcome the radio shadow area problem. However, the signals received through these repeaters may cause serious error and serious performance degradation is accompanied. In this paper, we propose the combined location detection algorithm with TDOA and TOA considering repeaters. For the proposed approach, the distance between the repeater and the MS (Mobile station) is calculated through TDOA, and the location of MS is estimated through TOA. The performance of the proposed TDOA and TOA combined localization technique is evaluated through simulation of MS location detection considering the number of repeaters.

제1장 서론

무선통신 [1-3] 하드웨어 및 소프트웨어의 발달은 급변하는 정보화 시대 [4]를 이끌었으며 이에 따른 저비용 고효율의 무선 통신 서비스 [5-11]와 관련된 다양한 정보의 수요가 폭발적으로 증가하였다. 대표적으로 신속하고 정확하게 사용자의 위치를 파악하는 위치추정 기술(Location Based Service, LBS)에 대한 수요가 증가 [12-14]하였으며, 이를 위한 다양한 LBS 서비스 및 기반 인프라가 활발히 연구되고 있다 [14-16]. 고성능의 LBS 서비스를 위해 정확한 위치 정보가 확보되어야 하며 위치 정보는 기존의 다양한 방식의 위치추정 기술(Location Detection Technology, LDT)을 통해 획득할 수 있다. 대표적인 위치추정 기법으로는 단말이 위치하는 기지국 Cell의 ID를 기존 Cell 데이터베이스와 비교하여 해당 기지국을 단말의 위치로 추정하는 Cell ID(Cell Identifier) 기법 [17-19], 신호가 입사한 방향각을 이용하여 위치를 계산하는 도래각(Angle of Arrival, AOA) 기법 [20-22], 세 개 이상의 기지국으로부터 도착한 신호의 도달 시간을 측정하여 위치를 계산하는 TOA(Time of Arrival) 기법 [23-25], 세 개 이상의 기지국으로부터 도달하는 신호의 도달 시간 차이를 이용해 위치를 계산하는 TDOA(Time Diffrence of Arrival) 기법 등이 있다 [26-28]. 앞서 기술한 기존의 위치추정 기법들은 다수의 통신 장애물이 만들어 내는 음영 지역으로 인해 [29-31], 통신 신호의 품질 저하가 발생하거나, 전파 지연 발생으로 인해 단말기의 위치를 추정하는데 오차가 매우 크게 발생하게 된다 [12, 32-34]. 전파 지연 등의 이유로 발생하는 추정 오차를 줄이기 위해 다수의 기지국(Base station, BS)을 설치해야 하지만, 기지국 설치 시 막대한 비용이 발생하므로 상대적으로 기지국보다 저렴한 중계기(Repeater)를 많이 설치하고 있다 [35, 36]. 하지만 다수의 중계기를 거쳐 오는 신호를 수신하여 단말기의 위치추정에 직접 사용할 시 기지국으로부터 직접 수신된 신호를 사용할 때보다 도달 시간이 길어져 심각한 위치추정 오차가 발생하게 된다. 따라서 본 연구는 중계기를 거쳐오는 신호를 이용할 시 발생할 수 있는 추정 오차 문제를 해결하기 위해 중계기를 고려한 TDOA와 TOA를 결합한 위치추정 알고리즘을 제안한다.

중계기가 고려된 TDOA와 TOA를 혼합한 위치추정 알고리즘 개발을 위해 다음의 연구가 진행되었다.

1. 중계기 구성 및 통과 절차

중계기는 고유의 ID [49]를 가지고 있다고 고려한다. 이를 중계기를 통과하는 신호에 해당 중계기의 ID를 실어 신호를 송신하면, 단말기는 해당 중계기를 통과하였는지 식별할 수 있으며, 통과한 중계기들의 순서 또한 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 중계기를 통과하는 신호 프로세스를 살펴보고 정리하였다.

2. 중계기 유무에 따른 신호 모델

단말기의 위치를 추정하기 위한 기존 TDOA 및 TOA 기법에 대한 신호 모델은 다수의 연구를 통해 정립되었다. 하지만 중계기를 고려한 모델의 경우에 대한 연구는 활발하지 않아 이에 대한 수학적 모델이 필요하게 된다. 따라서 본 연구에는 중계기 유무에 따른 TDOA 및 TOA 기법을 결합하기 위한 신호 모델의 수학적 모델을 제시하였다.

3. 신호 모델 기반 위치추정 성능평가

중계기를 고려한 신호 모델을 기반으로 TDOA와 TOA 기법을 결합한 위치추정 알고리즘의 성능평가를 위해 다양한 시나리오를 설정하였고, 중계기를 기지국으로 대체한 일반적인 TOA 기법과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능 비교를 진행하였다.

제2장 중계기를 고려한 TDOA와 TOA 혼합 알고리즘

제1절 중계기 개요

초기 중계기는 단순히 신호 재전송의 목적성을 가지고 있어, 단순히 기지국에서 송신하는 신호가 도달하지 않는 곳에 설치되어 운영됐다. 통신 기술이 발달함에 따라 저비용 고효율의 중계기의 개발이 되었으며, 기지국의 영향권 내에서 자연적 혹은 인공적 장애물로 인하여 전파 환경이 열악한 장소에 고품질의 서비스를 제공하기 위해 다수 설치되었다 [37-48].

특정 기지국에서 송신된 신호가 다수의 중계기를 거쳐 단말기에 수신된 경우, 기존의 방법으로는 단말기는 해당 신호가 어떤 중계기를 거쳐 수신되었는지 알 수 없으며, 중계기 내부 지연으로 인해 전파 지연이 생긴 경우 어떤 중계기에서 내부 지연이 발생하였는지 정확히 결정할 수 없다. 따라서 본 연구는 [49]에서 제안한 중계기 식별자(Repeater ID)를 고려하여 해당 문제를 해결한다. 신호가 특정 중계기를 통과하였으면 중계기는 기지국의 주파수 대역 내에 중계기 식별자를 파일럿(pilot) 신호에 추가하여 송신한다. 주파수 대역에 따라 중계기는 자신의 아이디를 추가하며, 중계기의 ID가 존재하지 않는다면 해당 중계기를 통과하지 않았다고 인식한다. 마찬가지로 신호가 다수의 중계기를 통과할 때도 중계기의 ID가 매핑된 파일럿 위치를 확인하여 몇 개의 중계기를 통과하였는지 확인할 수 있다.

Figure 2.1은 신호가 특정 중계기를 통과할 때 중계기 내부에서 중계기 식별자를 부여하는 과정을 나타낸 블록 다이어그램이다. 중계기는 기지국으로부터 신호를 수신받아 파일럿 신호에 중계기 식별자를 고려한 신호를 생성하며, 수신된 신호의 전력이 미약하다면 전력을 증폭하여 다시 송신하는 과정을 거친다.

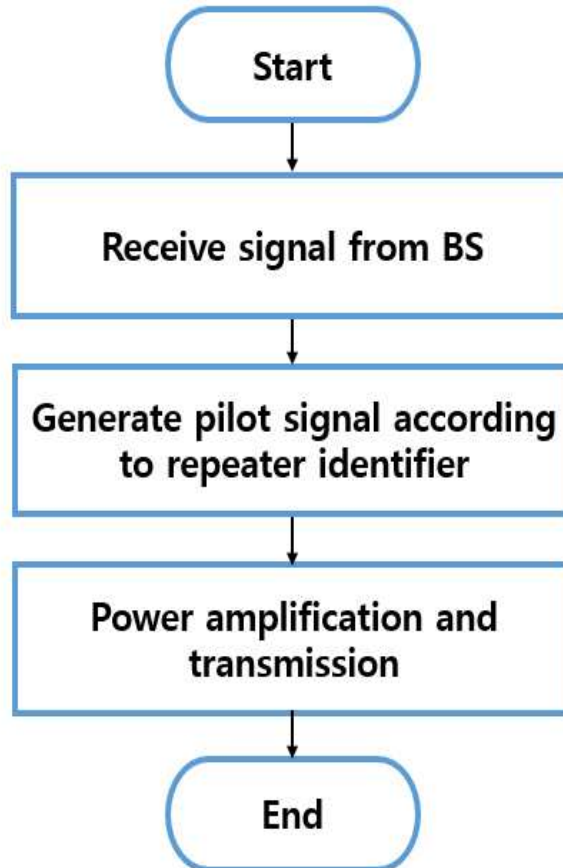


Figure 2.1 Block diagram of repeater considering Repeater ID

제2절 TDOA와 TOA 개요

이동통신망을 이용해 단말기의 위치를 결정하는 방식에는 기지국으로부터 오는 수신 신호를 이용하여 위치를 추정하는 네트워크 기반(Network-based) 방식 [50-53], 단말기에 장착된 GPS 수신기 등을 이용하는 단말기 기반(Handset Based) 방식 [54-55], 그리고 이들을 혼합하여 사용하는 혼합(hybrid) 방식으로 분류할 수 있다 [56-57]. 네트워크 기반 방식은 기지국과 단말기 간의 신호의 도착 방향, 신호의 전송 시간, 신호의 세기 등을 이용하게 되는데 [58], TDOA와 TOA 기법은 신호의 전송 시간의 특성을 [59-61] 이용하는 대표적인 측위 방식이다. Figure 2.2는 단말기의 위치추정을 위한 TDOA 기법의 기본 개념을 나타낸 것으로, 동기화된 신호가 각 기지국으로부터 송신될 때 단말기로 수신되는 각 신호의 도달 시간 차이를 이용 [26-28, 62]하여 쌍곡선을 생성하게 되고, 해당 쌍곡선의 교점을 단말기의 위치로 추정하게 된다 [63-64].

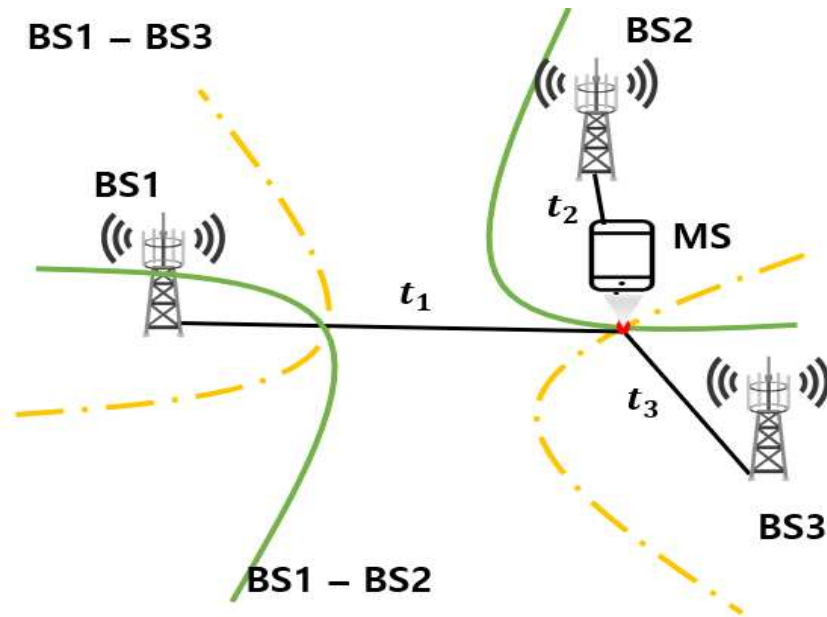


Figure 2.2 Basic concept of TDOA method

Figure 2.3은 단말기의 위치추정을 위한 TOA 기법의 기본 개념을 나타낸 것으로, 동기화된 신호가 3개 이상의 기지국으로부터 송신될 때 단말기로 수신되는 각 신호의 도달 시간을 이용 [26-28, 62]하여 기지국과 단말기 사이의 거리를 계산한 후 [23-25, 65], 삼변측량법 [66,67]을 이용하여 단말기와 각 기지국 간 거리를 반지름으로 하는 3개 이상의 원들의 교점을 단말기의 위치로 추정하는 방식이다.

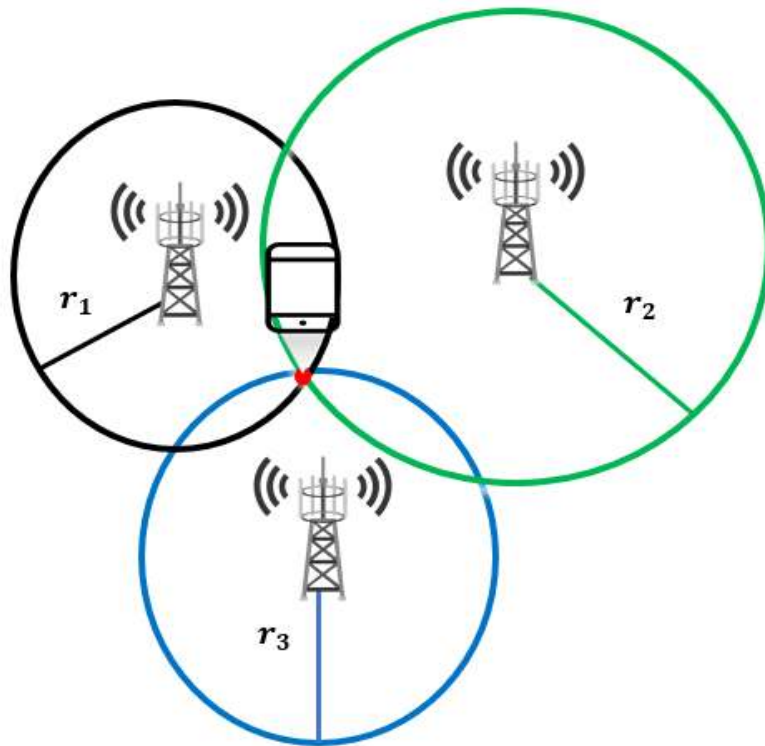


Figure 2.3 Basic concept of TOA method

제3절 중계기 유무에 따른 TDOA 및 TOA의 수학적 모델

본 절은 중계기 유무에 따른 TDOA와 TOA를 이용하기 위한 수학적 모델을 소개한다. 중계기 유무는 단말기가 놓인 환경이 LOS(Line of Sight) 환경인지, NLOS(Non-Line of Sight) 환경인지에 따라 결정하게 되며 각 상황에 따른 수학적 모델을 제시한다.

1. 중계기를 고려하지 않는 LOS 환경

통신 장애물이 존재하지 않아 음영지역이 생기지 않는 LOS 환경일 경우 중계기를 고려하지 않고 기지국의 신호를 직접 이용할 수 있다. Figure 2.4는 세 개의 기지국들로부터 단말기가 신호를 수신하는 개념도이다.

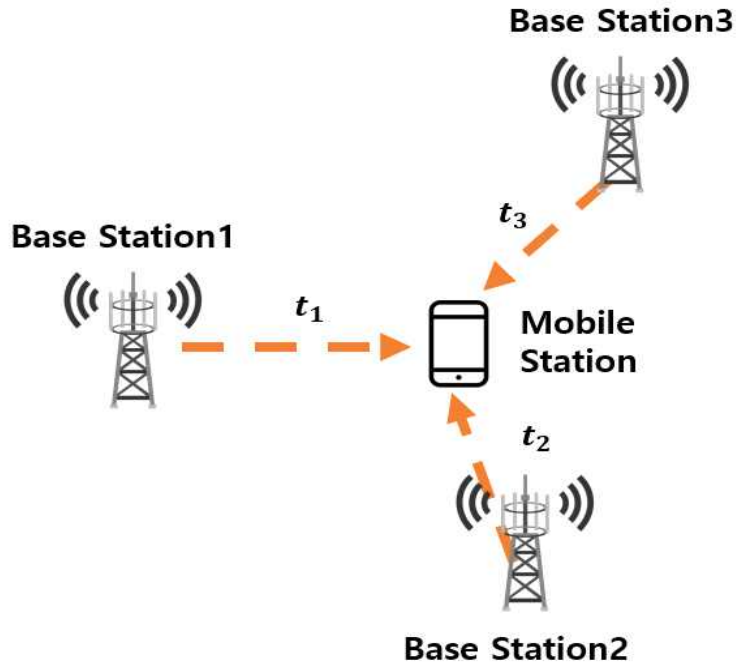


Figure 2.4 Concept of signal transmission and reception between BSs and MS

각각의 기지국에서 수신한 신호를 단말기가 송신하는데 걸리는 시간을 t_1 , t_2 , t_3 라고 가정한다. 각 기지국마다 단말기까지 신호 도착 시간을 측정했기 때문에 세 개의 기지국들과 단말기 사이의 거리는 식(2.1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c \times \hat{t}_1 \\
 d_2 &= c \times \hat{t}_2 \\
 d_3 &= c \times \hat{t}_3
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

식(2.1)에서 c 는 빛의 속도로, 3×10^8 이며, \hat{t}_1 , \hat{t}_2 , \hat{t}_3 은 t_1 , t_2 , t_3 를 추정된 값이다. 일반적으로 기지국과 단말기 사이의 신호 도달 시간은 주로 신호의 전력을 측정하거나 지연의 개수를 세어 추정하게 되는데, 일반적으로 추정된 거리는 실제 거리보다 길게 주어지게 된다. 식(2.1)을 TOA 기법에 적용하여 기지국과 단말기 사이의 거리를 반지름으로 하는 세 개의 원을 그리게 되면 Figure 2.5와 같이 여섯 개의 교점이 생기게 된다.

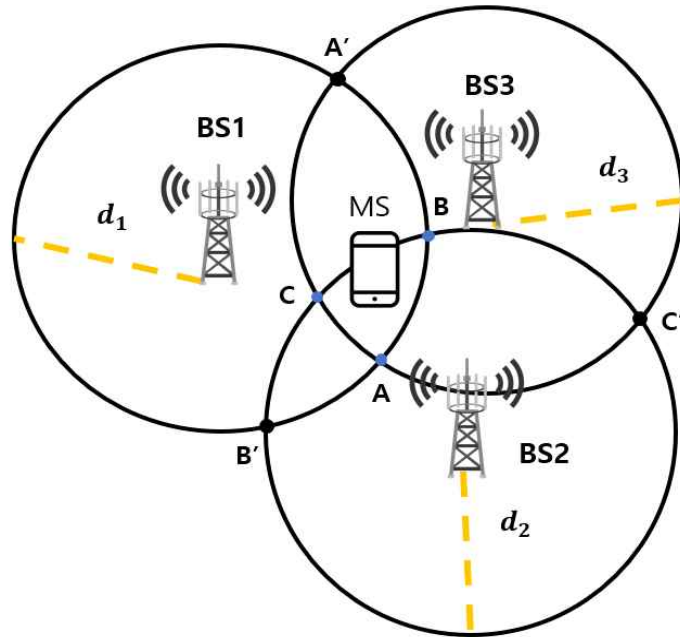


Figure 2.5 TOA considering three BSs

여섯 개의 교점 중 세 개의 내부 교점 A, B, C를 선택하기 위해서, 본 논문은 [66]에서 제안한 Shortest Distance Approach를 사용해 교점을 찾는다. 세 개의 내부 교점을 찾은 뒤, 단말기의 추정 좌표 (\hat{x}, \hat{y}) 는 식(2.2)와 같이 교점들의 평균을 구하여 결정한다.

$$\begin{aligned}\hat{x} &= \frac{A_x + B_x + C_x}{3} \\ \hat{y} &= \frac{A_y + B_y + C_y}{3}\end{aligned}\tag{2.2}$$

2. 중계기를 고려해야 하는 NLOS 환경

다수의 통신 장애물로 인하여 기지국으로부터 송신된 신호를 이용할 수 없는 NLOS 환경에서는 중계기를 고려해야 한다. 본 항은 한 개의 중계기를 고려한 경우부터 연속으로 다수의 중계기를 고려한 경우에 대한 수학적 모델을 소개한다.

가. 한 개의 중계기를 통과할 때 신호 모델

Figure 2.6은 한 개의 기지국과 한 개의 중계기로부터 단말기가 신호를 수신하는 개념도이다. t_{BS} 는 기지국으로부터 송신된 신호를 단말기가 직접 수신하는데 소요되는 시간을 가정한 것이며, t_1 은 기지국에서 송신된 신호가 중계기를 거쳐 단말기로 수신되는데 소요된 시간을 가정한 것이다.

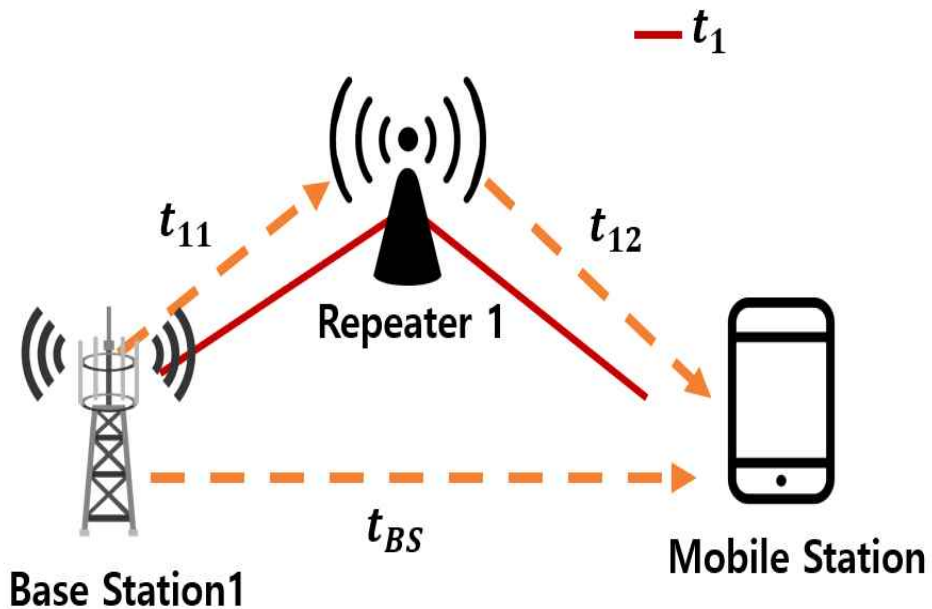


Figure 2.6 Location estimation technique using TDOA considering one repeater

기지국에서 중계기를 거쳐 단말기로 수신된 신호의 도착 시간(t_1)과 기지국에서 단말기로 바로 수신된 신호의 도착 시간(t_{BS})의 도달 시간 차이($\tau_{1,BS}$)는 식(2.3)과 같다[12, 49].

$$\tau_{1,BS} = t_1 - t_{BS} \quad (2.3)$$

식(2.3)의 t_1 은 기지국에서 송신된 신호가 중계기까지 수신되어 소요되는 시간 t_{11} 과 기지국에서 받은 신호를 중계기가 다시 송신하여 단말기까지 수신되어 소요되는 시간 t_{12} 로 나눌 수 있으며 식(2.4)와 같이 표현된다.

$$t_1 = t_{11} + t_{12} \quad (2.4)$$

식(2.3)에 식(2.4)를 대입하여 정리하면 식(2.5)를 얻을 수 있다.

$$\tau_{1,BS} = t_{11} + t_{12} - t_{BS} \quad (2.5)$$

식(2.5)에서 t_{11} 은 기지국과 중계기가 설치될 때 알 수 있는 좌표를 바탕으로 계산할 수 있지만, 중계기와 단말기 간 신호 도달 시간(t_{12})은 알 수 없으므로 t_{12} 를 기반으로 계산되는 중계기와 단말기 사이의 거리 역시 알 수 없다. 따라서 t_{12} 의 값을 추정하기 위해 알 수 있는 값 $\tau_{1,BS}$, t_{11} , t_{BS} 를 이용하여 식(2.5)를 변형하면 식(2.6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{t}_{12} = \hat{\tau}_{1,BS} - t_{11} + \hat{t}_{BS} \quad (2.6)$$

식(2.6)에서 \hat{t}_{BS} 는 t_{BS} 를 측정한 값이며, $\hat{\tau}_{1,BS}$ 는 $\tau_{1,BS}$ 의 측정값이다. 식(2.6)를 통해 중계기와 단말기 사이의 신호 도달 시간(\hat{t}_{12})을 추정하였으며, 해당 추정 값을 이용하여 중계기와 단말기 간 거리를 추정할 수 있게 되었다.

변형된 TDOA와 TOA를 기반으로 하나의 중계기가 고려된 경우 단말기의 위치를 추정하는 기술에 대한 블록 다이어그램은 Figure 2.7에 나타난다. 단말기는 기지국과 중계기로부터 신호들을 수신하고, 수신 가능한 기지국으로부터 직접 수신된 신호를 기반으로 기지국과 단말기의 거리를 계산하고, 변형된 TDOA를 사용하여 중계기와 단말기 사이의 거리를 추정한다. 계산된 거리와 추정된 거리를 TOA 기법에 적용하여 Shortest Distance Approach를 통해 추정된 다수개의 내부 교점들의 평균을 단말기의 위치로 결정한다.

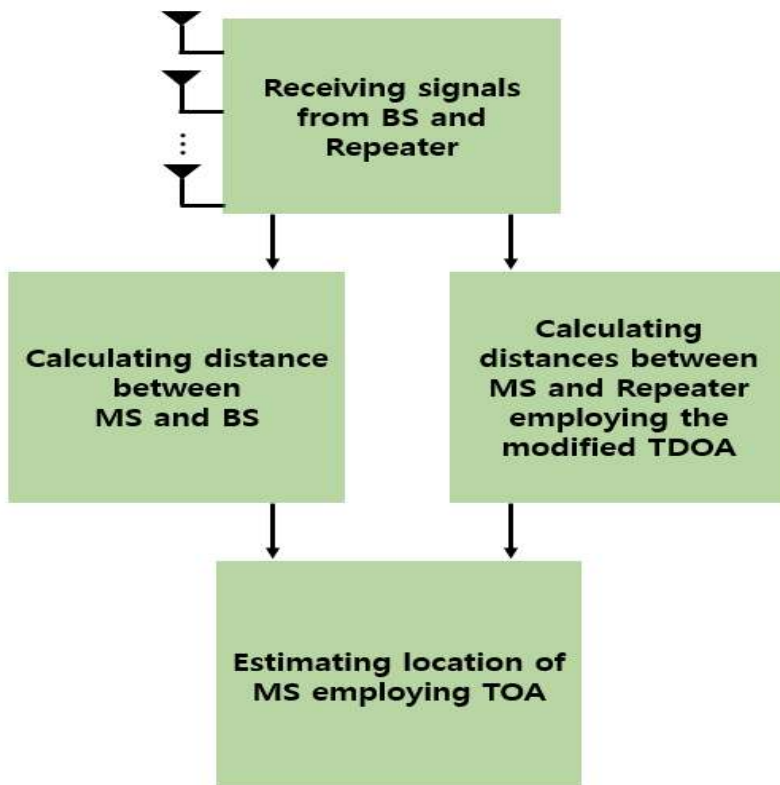


Figure 2.7 Block diagram of the proposed location estimation technique considering repeater

나. 다수의 중계기를 직렬로 통과할 때 신호 모델

통신 장애물로 인해 중계기를 거친 신호가 또 다른 통신 장애물로 인해 전파되지 못하는 경우 또 다른 중계기를 사용해 단말기까지 신호를 송신해야 한다. 연속으로 두 개의 중계기를 고려할 때 각 중계기는 부반송파에 중계기 ID를 포함하여 전송하기 때문에 단말기는 수신된 신호가 거쳐온 중계기를 알 수 있게 된다. Figure 2.8은 단말기가 한 개의 기지국과 두 개의 중계기를 통과한 신호를 수신하는 상황의 개념도이다.

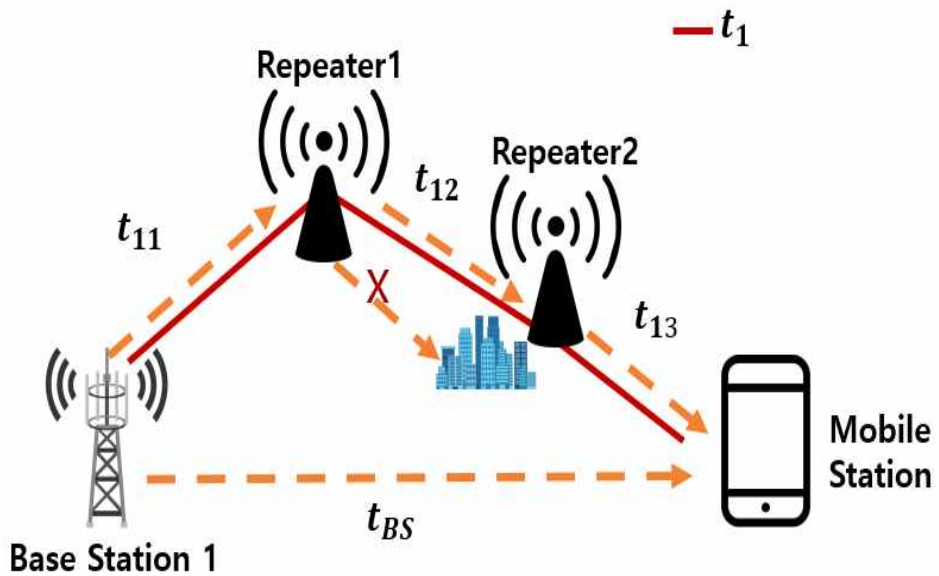


Figure 2.8 Location estimation technique using TDOA when repeaters pass in series

t_1 은 기지국에서 송신된 신호가 중계기1과 중계기2를 거쳐 단말기까지의 신호 도달 시간이라 가정하면, 기지국에서 송신된 신호가 중계기1까지 소요되는 시간 t_{11} 과 중계기1에서 송신한 신호가 중계기2까지 소요되는 시간 t_{12} , 중계기2에서 송신된 신호가 단말기까지 소요되는 시간 t_{13} 로 나눌 수 있으며, t_1 은 식

(2.7)와 같이 나타낼 수 있다.

$$t_1 = t_{11} + t_{12} + t_{13} \quad (2.7)$$

한 개의 중계기를 고려할 때와 마찬가지로 기지국에서 중계기를 거쳐 단말기로 수신된 신호의 도착 시간(t_1)과 기지국에서 단말기로 바로 수신된 신호의 도착 시간(t_{BS})의 도달 시간 차이($\tau_{1,BS}$)는 식(2.8)과 같다.

$$\tau_{1,BS} = t_{11} + t_{12} + t_{13} - t_{BS} \quad (2.8)$$

t_{11} 과 t_{12} 는 기지국과 각 중계기가 설치되는 좌표를 기반으로 계산될 수 있지만, 중계기2와 단말기 간 신호 도달 시간(t_{13})은 알 수 없으며, t_{13} 을 기반으로 계산되는 중계기2와 단말기 사이의 거리 역시 알 수 없다. 따라서 t_{13} 의 값을 추정하기 위해 알 수 있는 값 $\tau_{1,BS}$, t_{11} , t_{12} , t_{BS} 를 이용하여 식(2.8)을 변형하면 식(2.9)와 같다.

$$\hat{t}_{13} = \hat{\tau}_{1,BS} - t_{11} - t_{12} + \hat{t}_{BS} \quad (2.9)$$

식(2.9)를 이용하여 두 번째 중계기와 단말기 사이의 신호 도달 시간(\hat{t}_{13})을 추정하였으며, 해당 추정값을 이용하여 중계기와 단말기 간 거리를 추정할 수 있게 되었다. 이 결과를 단말기의 실제 위치를 추정하기 위한 TOA 기법에 적용한다.

변형된 TDOA와 TOA를 기반으로 다수의 중계기를 직렬로 통과할 때 단말기의 위치를 추정하는 기술에 대한 블록 다이어그램은 Figure 2.9에 나타난다. 단말기는 기지국과 중계기로부터 신호들을 수신하고, 수신 가능한 기지국으로부터 수신된 신호를 기반으로 기지국과 단말기의 거리를 계산하며 중계기 식별자를 통해 수신 신호가 통과된 중계기들의 순서를 결정한다. 변형된 TDOA를 이용하여 가장 마지막 중계기와 단말기 사이의 거리를 추정한다. 계산된 거리와 추정된 거리를 TOA 기법에 적용하여 Shortest Distance Approach를 통해 추정된 다수개의 내부 교점들의 평균을 단말기의 위치로 결정한다. \

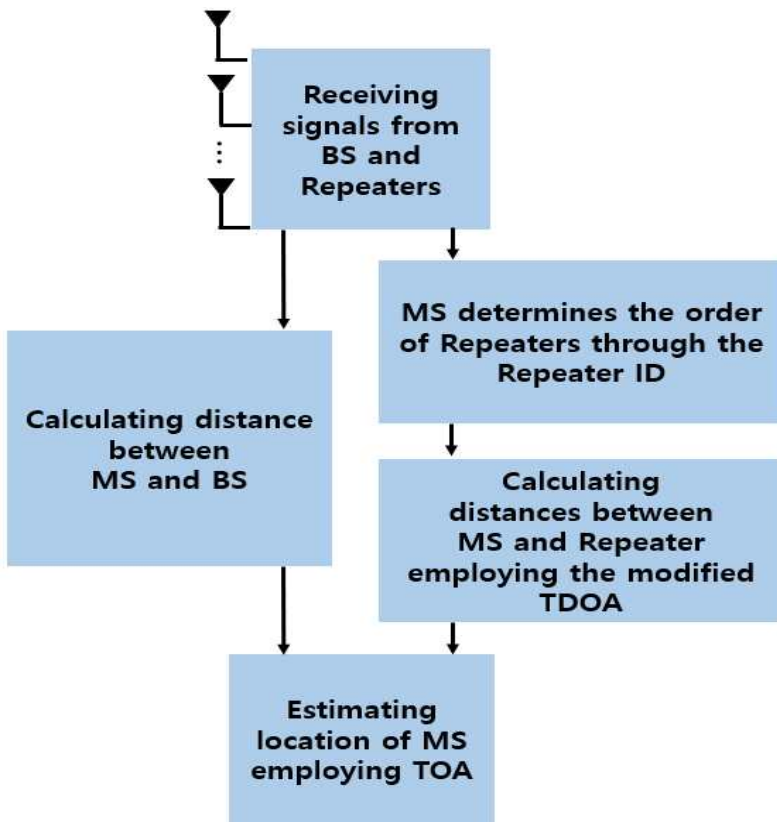


Figure 2.9 Block diagram of the proposed location estimation technique considering when two repeaters pass in series

제4절 중계기를 고려한 TDOA 및 TOA 혼합 위치추정 알고리즘

1. 한 개의 중계기를 고려할 경우

Figure 2.10은 두 개의 기지국과 한 개의 중계기를 이용하여 단말기의 위치를 추정하기 위한 개념도이다 [12].

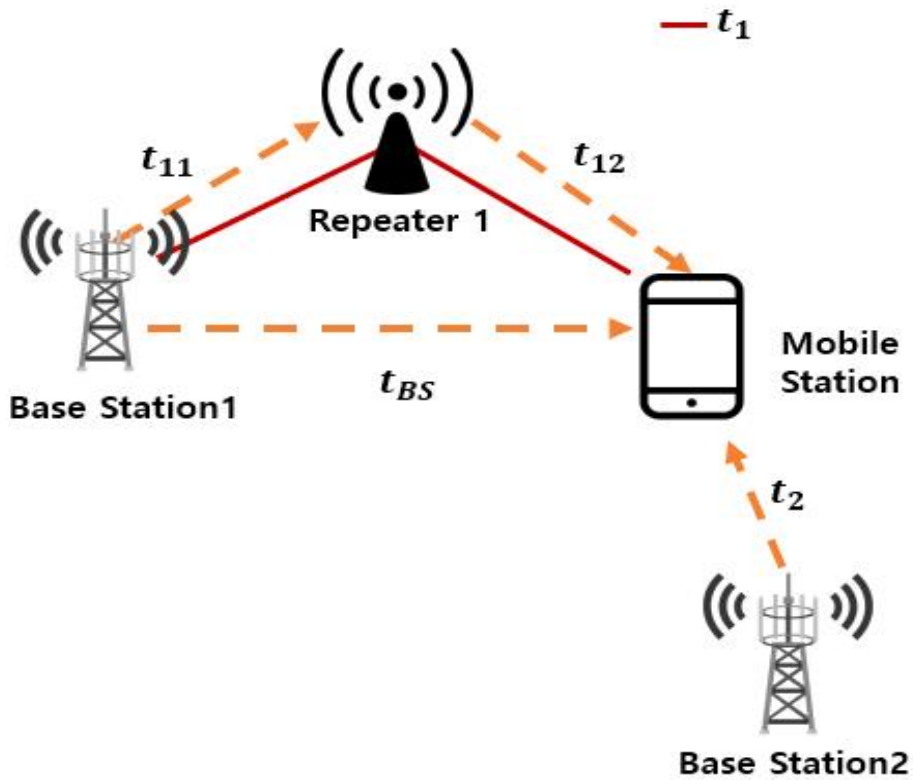


Figure 2.10 Concept of signal transmission and reception between two BSs and MS including repeater

3절의 2항의 신호 모델을 이용하여 단말기와 중계기 사이의 신호 도달 시간 \hat{t}_{12} 을 추정한다. \hat{t}_{12} 을 기반으로 중계기와 단말기 사이의 거리 d_2 , 중계기를 통과 하는 신호를 송신한 기지국과 단말기 사이의 거리를 d_1 , 신호 송신이 가능한 한 개의 다른 기지국과 단말기 사이의 거리를 d_3 이라고 가정하면, 각 기지국과 중 계기에서 단말기까지의 거리는 식(2.10)과 같다.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c \times \hat{t}_{BS} \\
 d_2 &= c \times \hat{t}_{12} \\
 d_3 &= c \times \hat{t}_2
 \end{aligned}
 \tag{2.10}$$

실제 통신 환경에서는 중계기의 지연 요소와 각종 요소로 인해 추정된 거리는 실제 거리보다 길게 주어지게 된다. 이를 반영하여 식(2.10)에서 계산된 거리들 을 반지름으로 가지는 세 개의 원을 그리게 되면 Figure 2.11과 같이 한 점에서 만나지 않고 여섯 개의 교점을 가지게 된다.

여섯 개의 교점 중 세 개의 내부 교점을 찾기 위해 Shortest Distance Approach 방법을 이용하여, 세 개의 내부 교점 A, B, C를 선택한 후 식(2.2)을 이용하여 내부 교점들의 평균을 단말기의 위치로 추정한다.

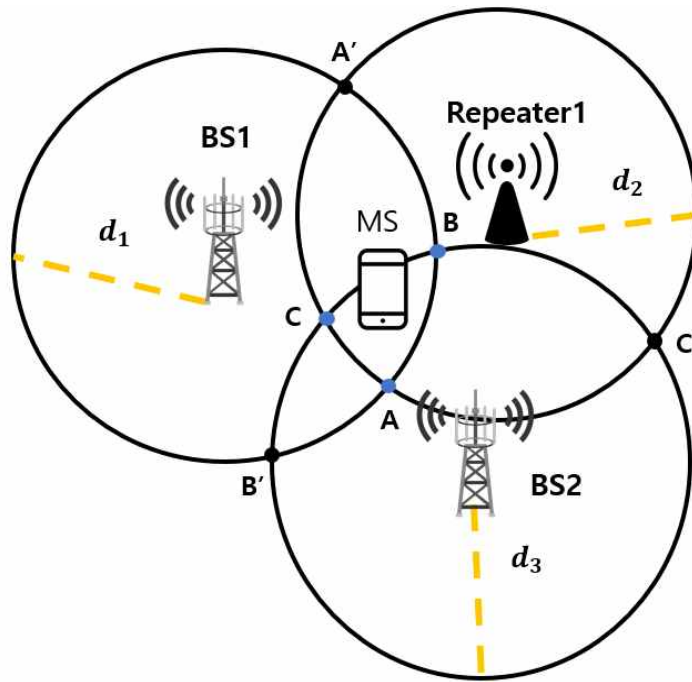


Figure 2.11 TOA considering two BSs and one repeater

2. 두 개의 중계기를 고려할 경우

가. 두 개의 중계기가 직렬로 통과한 경우

Figure 2.12는 두 개의 기지국과 두 개의 중계기가 직렬로 통과할 때 단말기의 위치를 추정하기 위한 개념도이다.

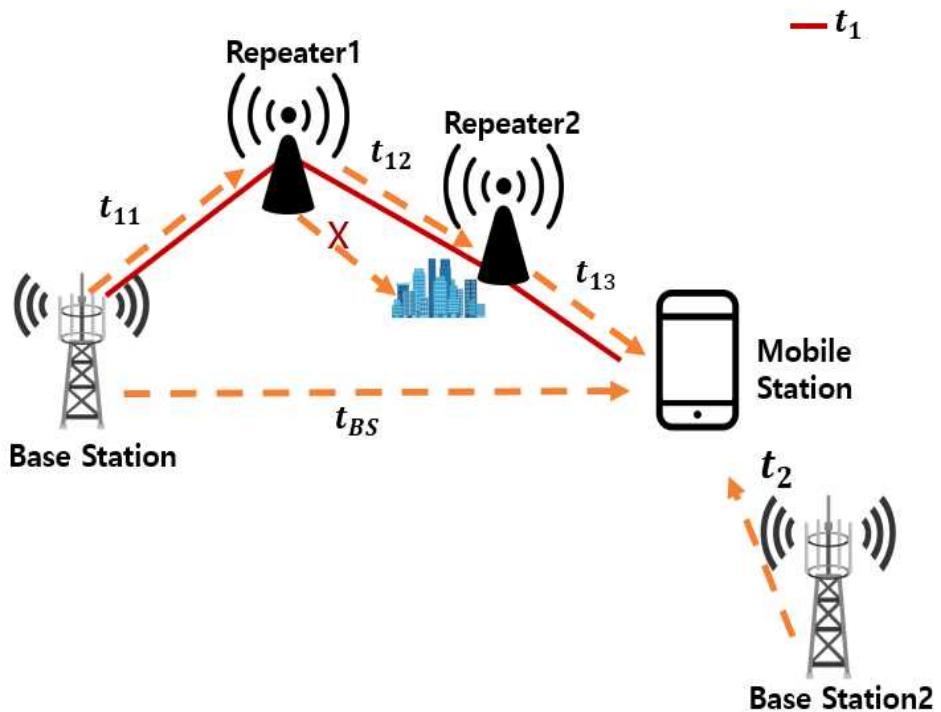


Figure 2.12 Concept of signal transmission and reception between two BSs and MS including two repeaters

3절의 2항의 신호 모델을 이용하여 단말기와 중계기 사이의 신호 도달 시간 \hat{t}_{13} 을 추정한다. \hat{t}_{13} 을 기반으로 중계기와 단말기 사이의 거리 d_2 , 중계기를 통과하는 신호를 송신한 기지국과 단말기 사이의 거리를 d_1 , 신호 수신기가

능한 기지국과 단말기 사이의 거리를 d_3 라고 가정하면, 각 기지국과 중계기에서 단말기까지의 거리는 식(2.11)과 같다.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c \times \hat{t}_{BS} \\
 d_2 &= c \times \hat{t}_{13} \\
 d_3 &= c \times \hat{t}_2
 \end{aligned}
 \tag{2.11}$$

실제 통신 환경에서는 각종 지연 요소로 인해 추정된 거리는 실제 거리보다 길게 주어지게 되며, 이를 반영하여 식(2.11)에서 계산된 거리들을 반지름으로 가지는 세 개의 원을 그리게 되면 Figure 2.13과 같이 한 점에서 만나지 않고 여섯 개의 교점을 가지게 된다. 여섯 개의 교점 중 세 개의 내부 교점을 찾기 위해 Shortest Distance Approach 방법을 이용하여, 세 개의 내부 교점 A, B, C를 선택한 후 식(2.2)을 이용하여 내부 교점들의 평균을 단말기의 위치로 추정한다.

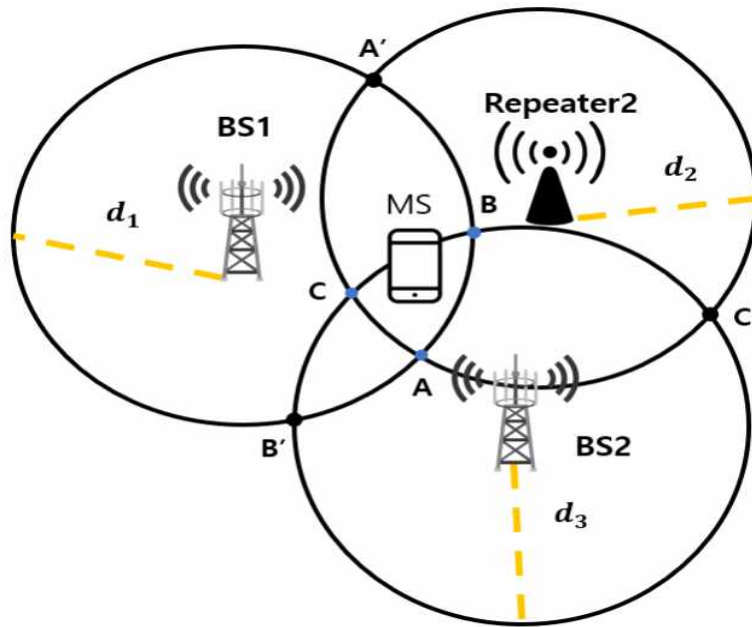


Figure 2.13 TOA considering two BSs and second repeater

나. 두 개의 중계기를 병렬로 통과한 경우

Figure 2.14는 한 개의 기지국과 두 개의 중계기를 병렬로 통과할 때 단말기의 위치를 추정하기 위한 개념도이다.

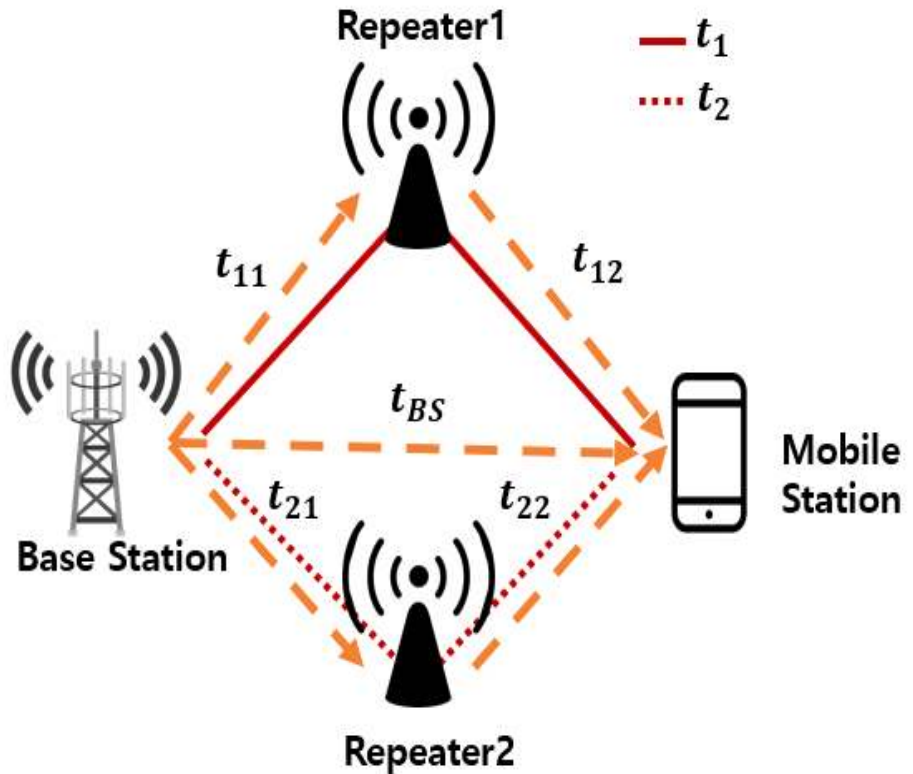


Figure 2.14 Concept of signal transmission and reception between BS and MS including two repeaters

3절 2항의 신호 모델을 이용하여 단말기와 각 중계기와 단말기 사이의 신호 도달 시간 \hat{t}_{12} , \hat{t}_{22} 를 추정하고, 각 중계기와 단말기 사이의 거리를 d_2, d_3 , 중계기들을 통과하는 신호를 송신한 기지국과 단말기 사이의 거리를 d_1 이라고 가정하면, 기지국과 각 중계기에서 단말기까지의 거리는 식(2.12)와 같다.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c \times \hat{t}_{BS} \\
 d_2 &= c \times \hat{t}_{12} \\
 d_3 &= c \times \hat{t}_{22}
 \end{aligned}
 \tag{2.12}$$

실제 통신 환경에서는 각종 지연 요소로 인해 추정된 거리는 실제 거리보다 길게 주어지게 된다. 이를 반영하여 식(2.12)에서 계산된 거리들을 반지름으로 가지는 세 개의 원을 그리게 되면 Figure 2.15와 같이 한 점에서 만나지 않고 여섯 개의 교점을 가지게 된다. 여섯 개의 교점 중 세 개의 내부 교점을 찾기 위해 Shortest Distance Approach 방법을 이용하여, 세 개의 내부 교점 A, B, C를 선택한 후 식(2.2)을 이용하여 내부 교점들의 평균을 단말기의 위치로 추정한다.

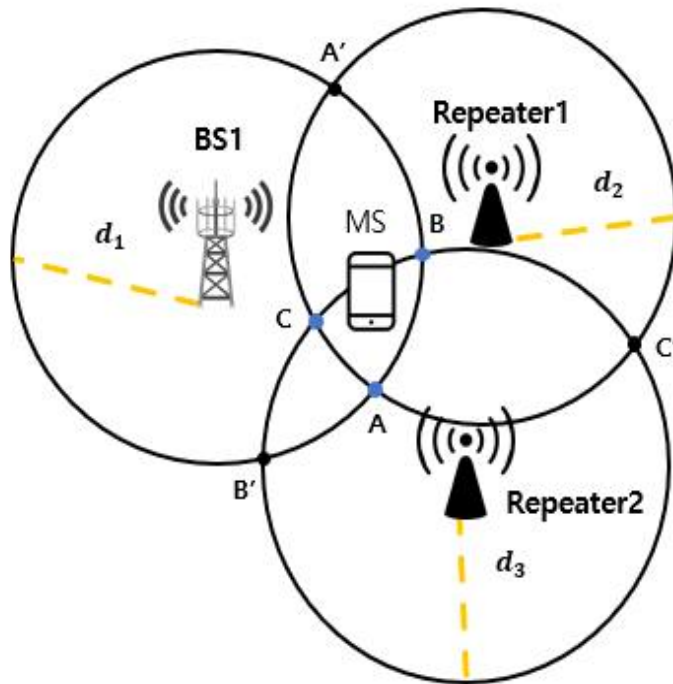


Figure 2.15 TOA considering BS and two repeaters

3. 세 개의 중계기를 고려할 경우

Figure 2.16은 한 개의 기지국과 한 개의 중계기와 두 개의 연속된 기지국을 거쳐오는 경우가 혼합된 상황에서 단말기의 위치를 추정하기 위한 개념도이다.

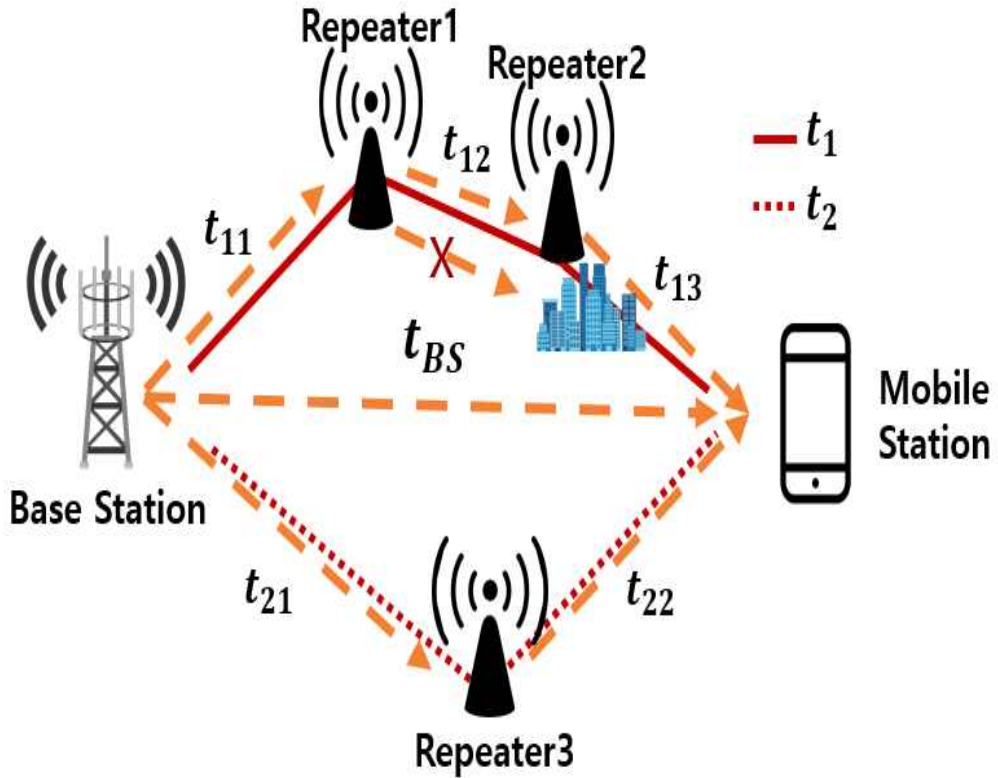


Figure 2.16 Concept of signal transmission and reception between BS and MS including three repeaters

3절의 2항의 신호 모델을 이용하여 단말기와 각 중계기 사이의 신호 도달 시간 \hat{t}_{13} , \hat{t}_{22} 을 추정하고, 각 중계기와 단말기 사이의 거리를 d_2, d_3 , 신호 수신 가능한 기지국과 단말기 사이의 거리를 d_1 이라고 가정하면, 기지국과 각 중계기에서 단말기까지의 거리는 식(2.13)과 같다.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c \times \hat{t}_{BS} \\
 d_2 &= c \times \hat{t}_{13} \\
 d_3 &= c \times \hat{t}_{22}
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

실제 통신 환경에서는 각종 지연 요소로 인해 추정된 거리는 실제 거리보다 길게 주어지게 된다. 이를 반영하여 식(2.13)에서 계산된 거리들을 반지름으로 가지는 세 개의 원을 그리게 되면 Figure 2.17과 같이 한 점에서 만나지 않고 여섯 개의 교점을 가지게 된다. 여섯 개의 교점 중 세 개의 내부 교점을 찾기 위해 Shortest Distance Approach 방법을 이용하여, 세 개의 내부 교점 A, B, C를 선택한 후 식(2.2)을 이용하여 내부 교점들의 평균을 단말기의 위치로 추정한다.

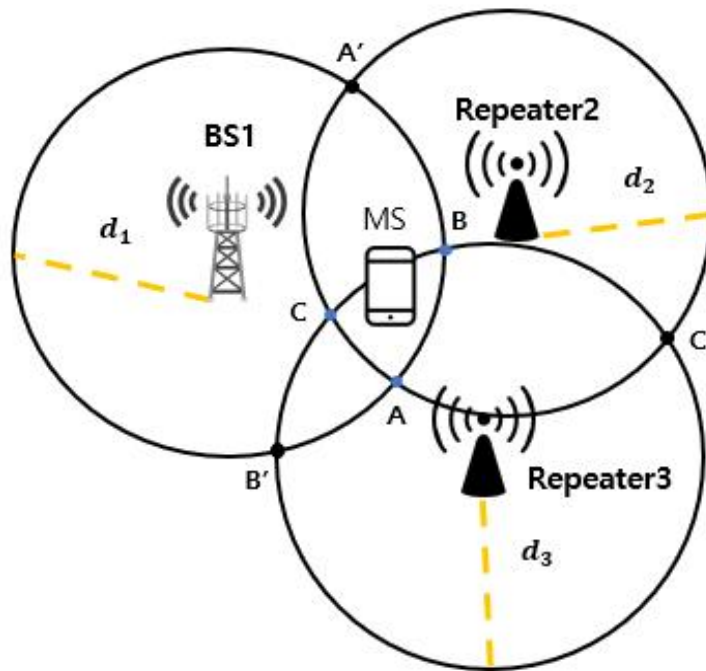


Figure 2.17 TOA considering BS and first repeater, third repeater

제3장 시뮬레이션

본 장은 중계기를 고려한 TDOA 및 TOA 기반의 새로운 위치추정 기술에 대한 성능평가를 위한 컴퓨터 시뮬레이션을 제공한다. 위치추정의 성능평가를 위해 추정 모델의 성능평가에 주로 이용되는 RMSE (Root Means Square Error)를 사용하였으며, RMSE는 식(3.1)과 같이 정의된다.

$$Error_{position} = \sqrt{\frac{[E[(x-\hat{x})^2] + E[(y-\hat{y})^2]]}{2}} \quad (3.1)$$

식(3.1)에서 (x,y) 는 단말기의 실제 위치이며, (\hat{x},\hat{y}) 은 제안한 알고리즘을 통해 추정한 단말기의 위치이다. 시뮬레이션을 위해 각 절마다 두 가지의 시나리오를 고려하였으며, 각 시나리오의 좌표 단위는 시나리오의 좌표 단위는 미터(m)이다. 다양한 반송주파수를 고려하기 위해 각기 다른 반송주파수를 설정하였으며, 각 주파수당 10,000번 반복하여 RMSE의 값을 계산하였다. 또한, 중계기 내부에서의 처리 시간은 기지국과 중계기의 신호 도달 시간과 중계기에서 다른 중계기의 신호 도달 시간에 포함된다고 가정하였으며, 중계기 내부 지연 시간은 $1\mu s$ 로 동일하게 가정한다.

제1절 한 개의 중계기를 가정한 경우

본 절은 한 개의 중계기를 가정한 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 제공한다. 시뮬레이션을 위해 신호의 수신이 가능한 두 개의 기지국과 한 개의 중계기 그리고 단말기의 좌표가 필요하며, 이들의 좌표에 대한 정보는 Table 3.1에 나와 있다. 단말기는 각 시나리오의 x, y 좌표 범위 내에서 임의로 움직인다고 가정한다.

Table 3.1 Two BSs, repeater and MS coordinates

Scenario 1	coordinates (m)		Scenario 2	coordinates (m)	
	x	y		x	y
Base station 1	-4000	-1000	Base station 1	3500	500
Base station 2	1000	-2000	Base station 2	-300	-3300
Repeater	-1500	1000	Repeater	1300	2500
Mobile station	(0~500)	(0~500)	Mobile station	(-300~300)	(-300~300)

Figure 3.1은 단말기의 좌표가 (250, 250)으로 가정하였을 때 시나리오1의 배치도를 나타내며, Figure 3.2는 단말기의 좌표가 (0, 0)으로 가정하였을 때 시나리오2의 배치도를 나타낸다. 시나리오1의 반송파 주파수 800MHz, 1.8GHz, 2.1GHz, 2.6GHz, 3.5GHz에 대해 시행되었으며, 시나리오2의 반송파 주파수는 3.9GHz, 7GHz, 12GHz, 20GHz, 28GHz에 대해 시행되었다. 제안한 알고리즘과 일반적인 TOA 기법을 비교하기 위해서는 일반적인 TOA 기법에 가상의 기지국 1개가 필요하다. 가상의 기지국은 시나리오1, 2에서 중계기의 위치와 같은 곳에 있다고 가정한다. Figure 3.3과 3.4는 각 시나리오에 대한 RMSE 결과를 나타내고 있다. 두 그림으로부터 제안한 알고리즘과 일반적인 TOA 기법의 위치추정 성능은 비슷한 것을 볼 수 있지만, 일반적인 TOA 기법은 중계기를 고려할 수 없다는 단점이 있다.

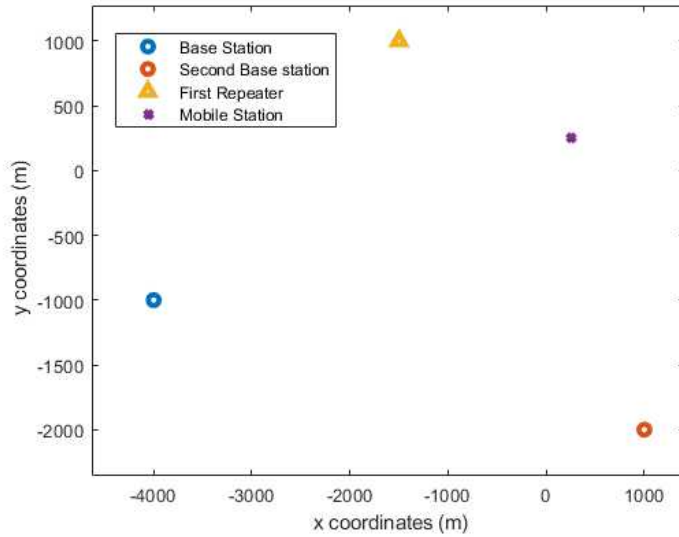


Figure 3.1 Layout for the first scenario when the location of the MS is (250, 250)

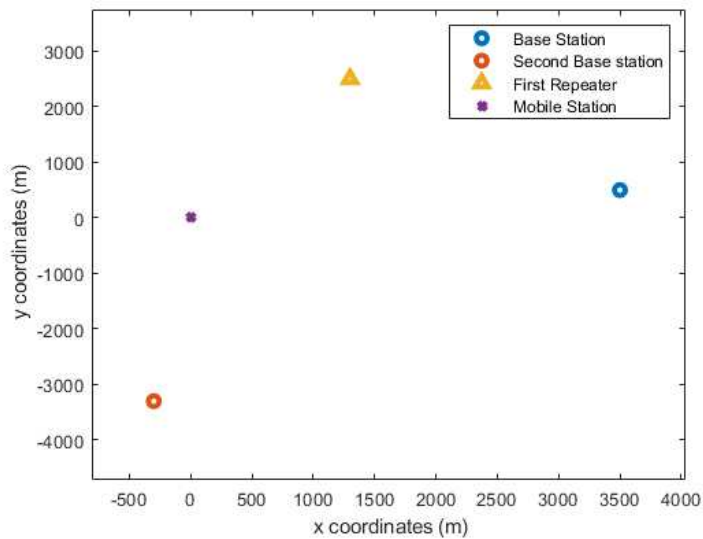


Figure 3.2 Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)

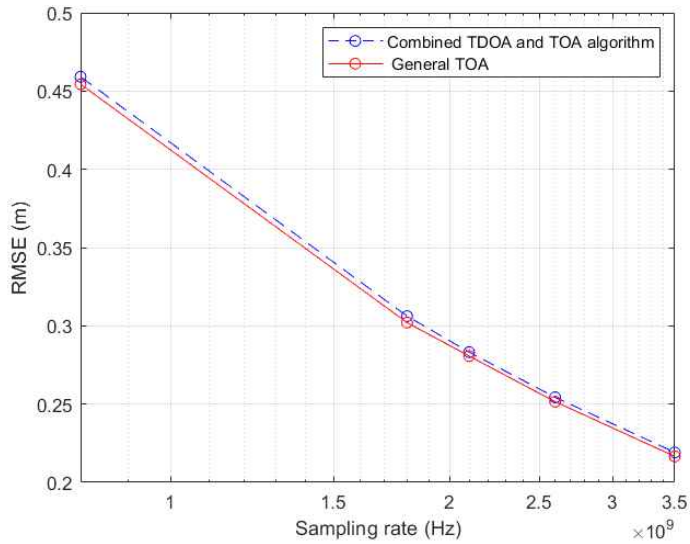


Figure 3.3 RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA

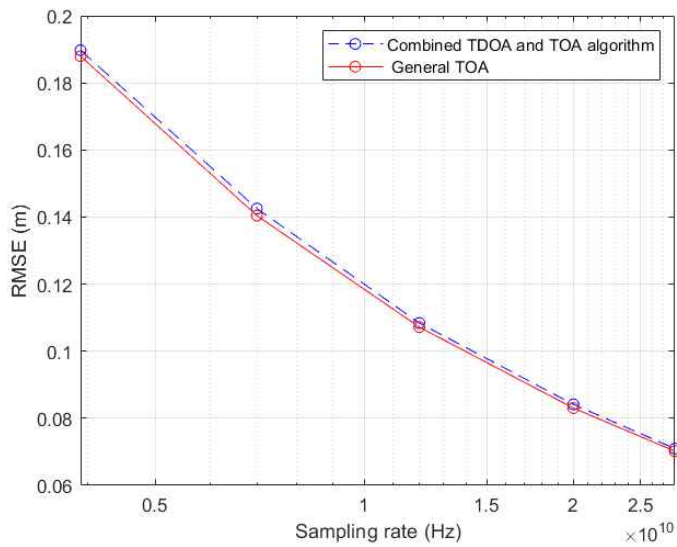


Figure 3.4 RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA

제2절 두 개의 중계기를 가정한 경우

본 절은 두 개의 중계기를 가정한 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 제공한다. 시뮬레이션을 위해 두 가지 시나리오가 고려되었으며 신호의 수신이 가능한 두 개의 중계기를 직렬로 통과하는 상황과 신호의 수신이 가능한 한 개의 기지국과 병렬로 두 개의 중계기를 통과하는 상황을 고려한다. 또한, 단말기는 각 시나리오의 x, y 좌표 범위 내에서 임의로 움직인다고 가정한다.

1. 두 개의 중계기를 직렬로 가정한 경우

본 항은 두 개의 기지국과 두 개의 중계기를 가정한 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 제공한다. 기지국 두 개와 중계기 두 개, 단말기의 좌표를 필요로 하며, 이들의 좌표에 대한 정보는 Table 3.2에 나와 있다.

Table 3.2 Two BSs, two repeaters and MS coordinates

Scenario 1	coordinates (m)		Scenario 2	coordinates (m)	
	x	y		x	y
Base station 1	-4600	300	Base station 1	3000	1000
Base station 2	3000	-900	Base station 2	-100	-2400
Repeater 1	-2500	1600	Repeater 1	1900	1700
Repeater 2	-1000	1200	Repeater 2	1100	1200
Mobile station	0~1000	0~1000	Mobile station	-400~400	-400~400

Figure 3.5는 단말기의 좌표가 (500, 500)으로 가정하였을 때 시나리오1의 배치도를 나타내며, Figure 3.6은 단말기의 좌표가 (0, 0)으로 가정하였을 때 시나리오2의 배치도를 나타낸다. 시나리오1의 반송파 주파수 800MHz, 1.3GHz, 1.7GHz, 2.4GHz, 3.1GHz, 3.8GHz에 대해 시행되었으며, 시나리오2의 반송파 주파수는 3GHz, 9GHz, 15GHz, 21GHz, 27GHz에 대해 시행되었다. 제안한 알고리즘과 일반적인 TOA 기법을 비교하기 위해서는 일반적인 TOA 기법에 가상의 기지국 1개가 필요하다. 일반적인 TOA 기법을 사용하기 위해 가상의 기지국 1개는 각 시

나리오의 중계기2의 위치와 같은 곳에 있다고 가정한다. Figure 3.7과 3.8은 각 시나리오에 대한 RMSE 결과를 나타낸다. 두 그림으로부터 제안된 알고리즘과 일반적인 TOA 기법의 성능을 비슷한 것을 확인할 수 있지만, 일반적인 TOA 기법의 경우 중계기를 고려할 수 없다는 단점이 있다.

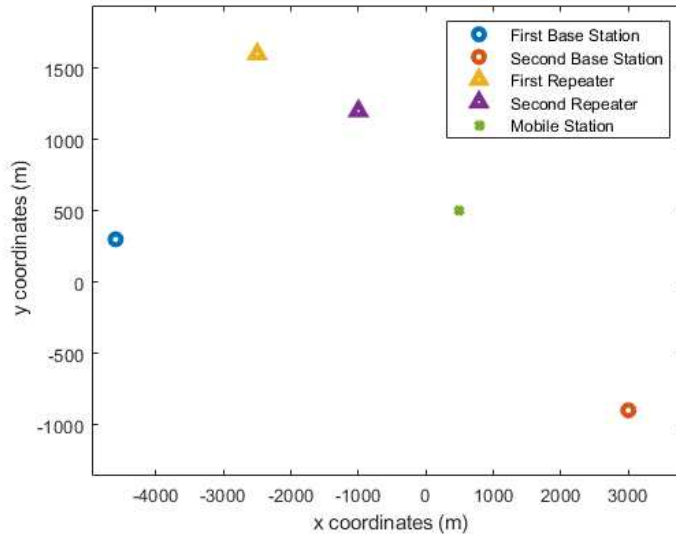


Figure 3.5 Layout for the first scenario when the location of the MS is (500, 500)

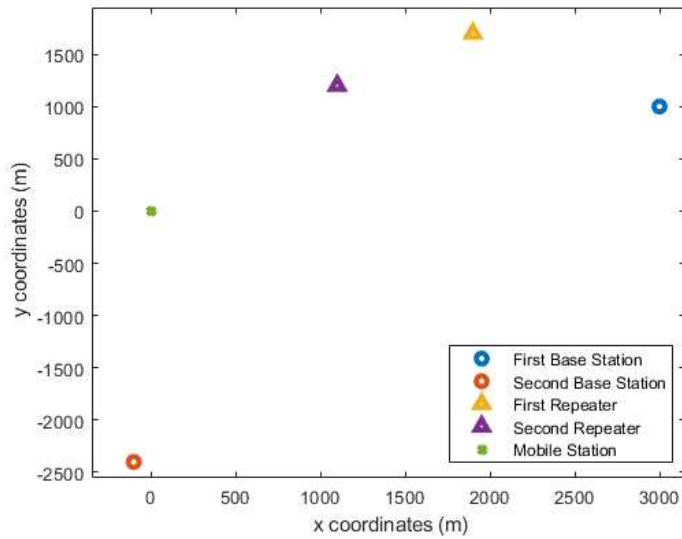


Figure 3.6 Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)

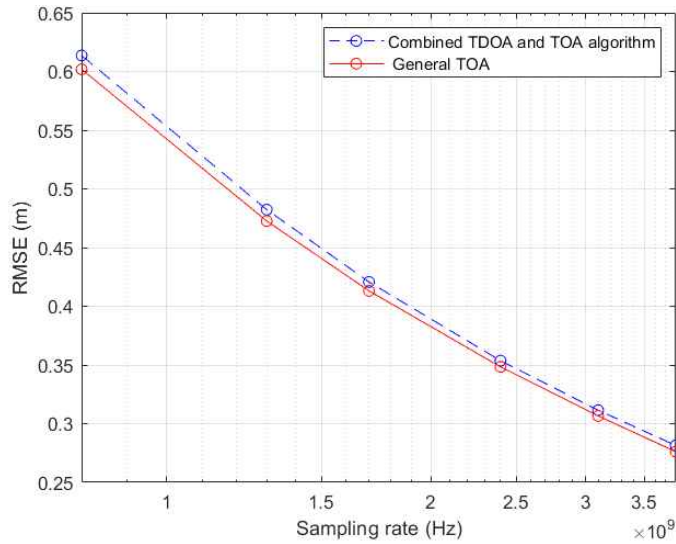


Figure 3.7 RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA

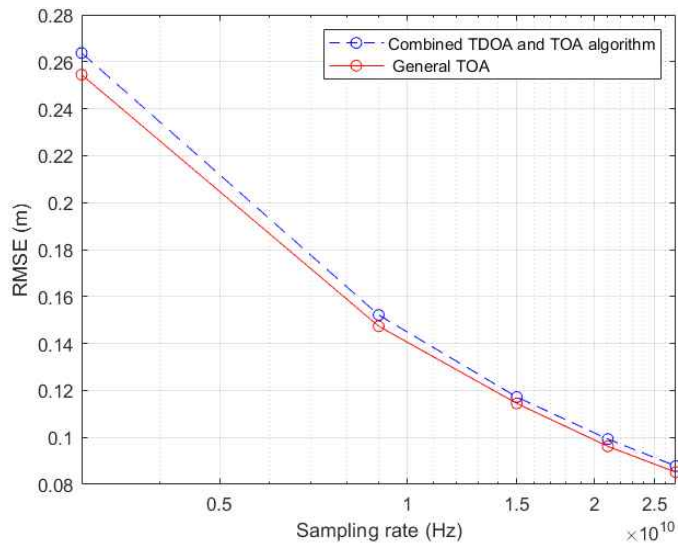


Figure 3.8 RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA

2. 두 개의 중계기를 병렬로 가정한 경우

본 항에서는 한 개의 기지국과 두 개의 중계기를 가정하였을 때의 시나리오 두 개를 고려한다. 기지국 1개와 중계기 2개, 단말기의 좌표를 필요하며, 이들의 좌표에 대한 정보는 Table 3.3에 나와 있다.

Table 3.3 BS, two repeaters and MS coordinates

Scenario 1	coordinates (m)		Scenario 2	coordinates (m)	
	x	y		x	y
Base station 1	-3000	500	Base station1	2000	4500
Repeater 1	-1400	1800	Repeater 1	-800	2000
Repeater 2	-700	-1500	Repeater 2	3500	2700
Mobile station	-500~500	-500~500	Mobile station	-300~300	-300~300

Figure 3.9는 단말기의 좌표가 (0, 0)으로 가정하였을 때 시나리오1의 배치도를 나타내며, Figure 3.10은 단말기의 좌표가 (0, 0)으로 가정하였을 때 시나리오2의 배치도를 나타낸다. 시나리오1의 반송파 주파수는 900MHz, 1.5GHz, 2.1GHz, 3GHz, 3.9GHz에 대해 시행되었으며, 시나리오2의 반송파 주파수는 4GHz, 10GHz, 15GHz, 20GHz, 28GHz에 대해 시행되었다. 제안한 알고리즘과 일반적인 TOA 기법을 비교하기 위해서, 일반적인 TOA 기법에 가상의 기지국 2개가 필요하다. 가상의 기지국은 각 시나리오에서 중계기1과 중계기2의 위치와 같은 곳에 있다고 가정한다. Figure 3.11과 3.12는 각 시나리오에 대한 RMSE 결과를 나타낸다. 두 그림으로부터 제안된 알고리즘과 일반적인 TOA 기법의 성능을 비슷하지만 일반적인 TOA 기법의 성능이 더 좋다는 것을 확인할 수 있다. 하지만 일반적인 TOA 기법의 경우 중계기를 고려할 수 없어, NLOS 환경에서는 제안한 알고리즘이 적절하다.

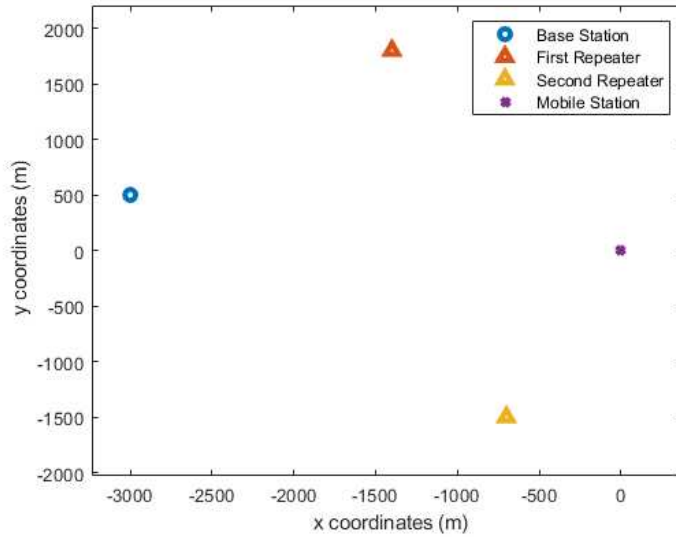


Figure 3.9 Layout for the first scenario when the location of the MS is (0, 0)

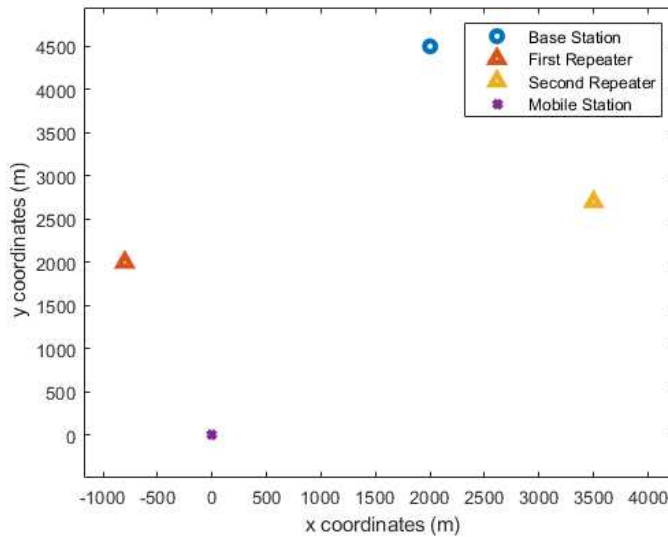


Figure 3.10 Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)

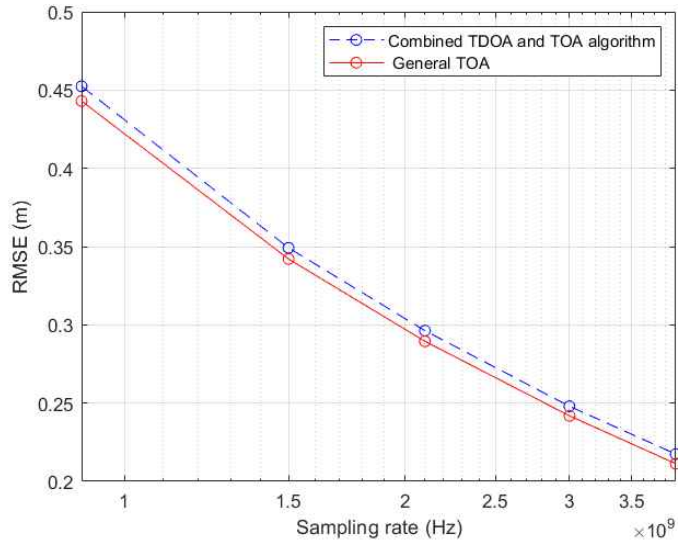


Figure 3.11 RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA

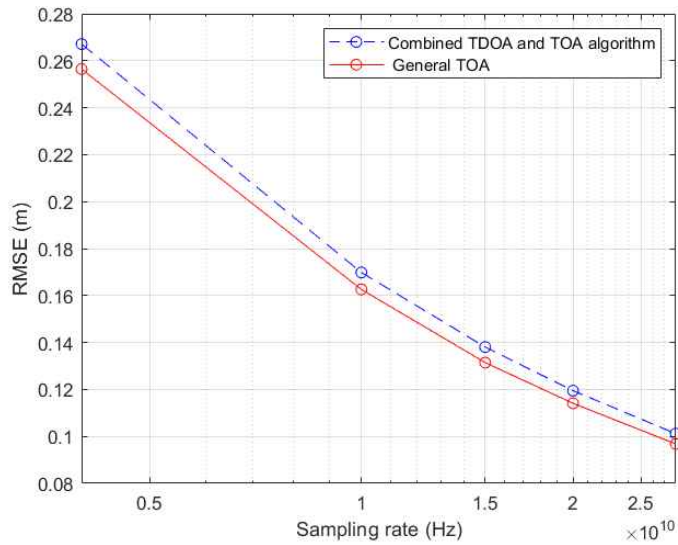


Figure 3.12 RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA

제3절 세 개의 중계기를 가정한 경우

본 절은 한 개의 기지국과 세 개의 중계기를 가정한 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 제공한다. 기지국 1개와 중계기 3개, 단말기의 좌표를 필요로하며, 이들의 좌표에 대한 정보는 Table 3.4에 나와 있다. 단말기는 각 시나리오의 x, y 좌표 범위 내에서 임의로 움직인다고 가정한다.

Table 3.4 BS, three repeaters and MS coordinates

Scenario 1	coordinates (m)		Scenario 2	coordinates (m)	
	x	y		x	y
Base station 1	5000	-4500	Base station1	-4500	-3300
Repeater 1	3800	-2200	Repeater 1	-3800	-1200
Repeater 2	2000	-500	Repeater 2	-2200	-700
Repeater 3	1000	-3000	Repeater 3	800	-1700
Mobile station	-500~500	-500~500	Mobile station	-450~450	-450~450

Figure 3.13은 단말기의 좌표가 (0, 0)으로 가정하였을 때 시나리오1의 배치도를 나타내며, Figure 3.14는 단말기의 좌표가 (0, 0)으로 가정하였을 때 시나리오2의 배치도를 나타낸다. 시나리오1의 반송파 주파수는 900MHz, 1.4GHz, 2GHz, 2.5GHz, 3.7GHz에 대해 실행되었으며, 시나리오2의 반송파 주파수는 2.1GHz, 3.5GHz, 10GHz, 15GHz, 20GHz, 27GHz에 대해 시행되었다. 제안한 알고리즘과 일반적인 TOA 기법을 비교하기 위해서는 일반적인 TOA 기법에 가상의 기지국 2개가 필요하다. 가상의 기지국은 두 개의 시나리오에서 중계기2와 중계기3의 위치와 같은 곳에 있다고 가정한다. Figure 3.15와 3.16은 각 시나리오에 대한 RMSE 결과를 나타낸다. 두 그림으로부터 제안된 알고리즘과 일반적인 TOA 기법의 성능을 비슷하지만 일반적인 TOA 기법의 성능이 더 좋다는 것을 확인할 수 있다. 하지만 일반적인 TOA 기법의 경우 중계기를 고려할 수 없어, NLOS 환경에서는 제안한 알고리즘이 적절하다.

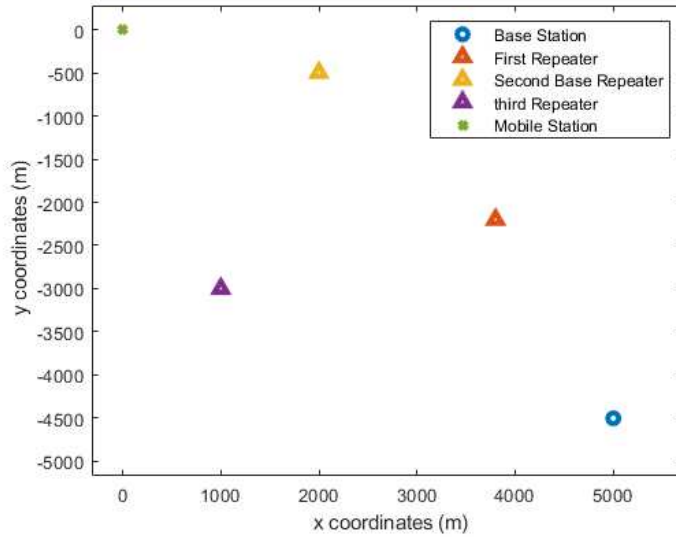


Figure 3.13 Layout for the first scenario when the location of the MS is (0, 0)

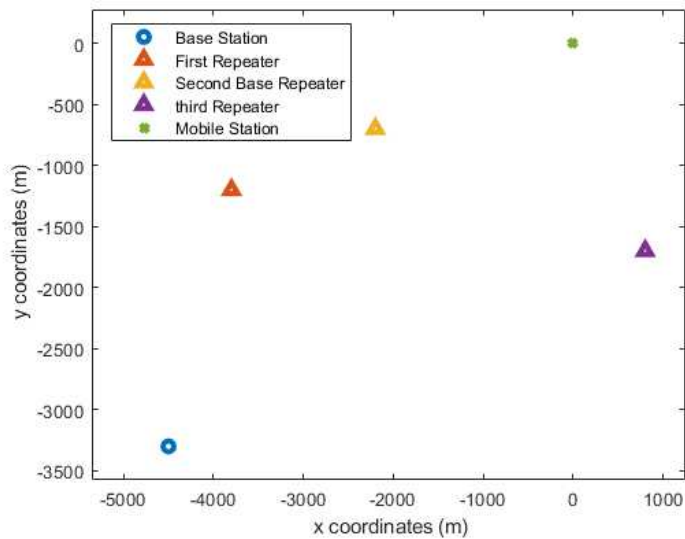


Figure 3.14 Layout for the second scenario when the location of the MS is (0, 0)

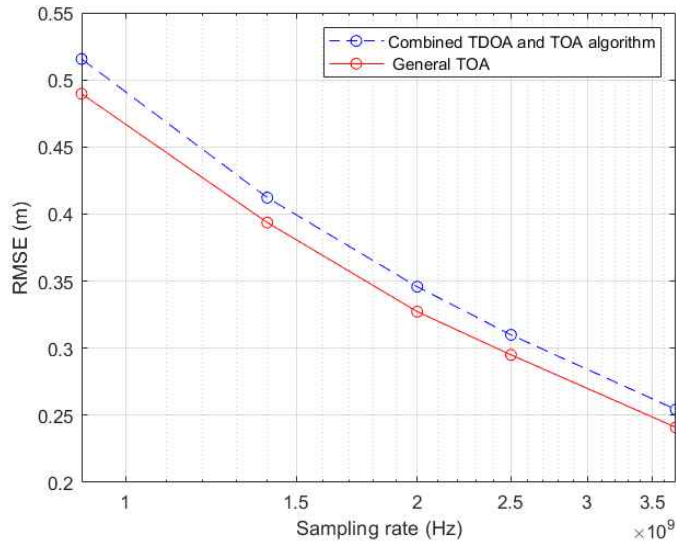


Figure 3.15 RMSE curve for the first scenario with the proposed algorithm and general TOA

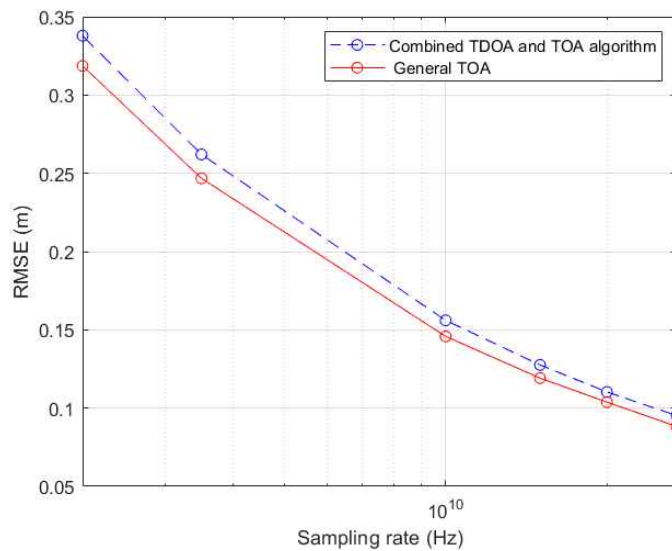


Figure 3.16 RMSE curve for the second scenario with the proposed algorithm and general TOA

제4장 결론 및 향후 연구

다수의 장애물로 인해 전파 음영 현상이 빈번히 발생하는 도심지와 같은 통신 환경에서 원활한 무선 통신 서비스 제공을 위해 저비용 고성능의 중계기가 대량 설치되어 운영되고 있다. 이러한 중계기를 단말기의 위치추정을 위해 네트워크 기반 위치추정 알고리즘에 직접적으로 적용할 경우 심각한 위치추정 오차를 초래할 수 있다. 본 논문은 중계기를 고려할 경우 발생하는 단말기의 추정 오차를 해결하기 위해 중계기 개수에 따른 TDOA 및 TOA 적용을 위한 수학적 모델을 제시하고, 제시된 모델을 기반으로 중계기를 고려한 변형된 TDOA 및 TOA 기반 위치추정 알고리즘을 제안하였다. 중계기를 고려하기 위해 기존 TDOA 기법을 변형하여 중계기와 단말기 사이의 도달 시간을 추정하고, 해당 값을 이용하여 중계기와 단말기 사이의 거리를 추정하게 된다. 추정된 거리 값과 신호 수신 가능한 기지국으로부터 계산된 거리 값을 TOA 기법에 적용하여 단말기의 위치를 결정한다. 다양한 시나리오를 고려한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 성능평가를 진행하였으며, 시뮬레이션 결과를 통해 기존의 TOA 기법과 비교하였을 때 중계기를 고려한 TDOA 및 TOA 기법을 혼합한 위치추정 알고리즘이 기존 TOA 기법과 유사한 추정성능을 보유한 것을 확인하였다. 하지만 기존의 TOA는 중계기를 고려하지 못해, 많은 음영지역이 발생하는 통신 환경에서 운용이 어렵다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하면 전파 음영이 심각한 통신 환경에서도 다수개의 중계기를 고려할 수 있으므로 효율적으로 단말기의 위치를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

향후에는, 본 연구에서는 TDOA와 TOA를 이용하여 2차원에서 단말기의 위치를 파악하여 진행되었다. 향후 연구에서는 TDOA를 3차원적 환경으로 확대해서 고려할 때, 위성들의 이격 거리에 대해서 연구할 계획이다.

REFERENCES

- [1] H. I. Kim, Y. K. Kim and J. W. Chang. “A Grid-based Cloaking Area Creation Scheme for Continuous LBS Queries in Distributed Systems,” *Journal of Convergence*, vol. 4, no. 1, 2013, pp. 23-30.
- [2] Y. Huo, X. Dong, T. Lu, W. Xu and M. Yuen, “Distributed and multilayer UAV networks for next-generation wireless communication and power transfer: A feasibility study,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 4, 2019, pp. 7103-7115.
- [3] J. Ahn, J. Heo, S. Lim, J. Seo and W. Kim, "A Study of Healthcare System for Patient Location Data Based on LBS," *2008 Digest of Technical Papers - International Conference on Consumer Electronics*, 2008, pp. 1-2.
- [4] T. Lee, J. Kim, D. Kim, and J. Lee, “Performance Evaluations and Feature Vector by Implementing Hybrid Filter in BLE-Based Fingerprinting,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 44, no. 8, 2019, pp. 1556–1565.
- [5] M. Z. Chowdhury, M. Shahjalal, S. Ahmed and Y. M. Jang, "6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 1, pp. 957-975.
- [6] S. Cho, H. Song, K. J. You, and H. C. Shin, “A new direction-of-arrival estimation method using automotive radar sensor arrays,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 13, no, 6, 2017, pp. 1-12.
- [7] J. Yim, J. Joo and Y. Nam, “Design and Implementation of an Integrated Positioning System for Location-Based Services,” *Journal of Information Technology Applications & Management*, vol. 13, no. 4, 2006, pp. 57-70.

- [8] J. B. Ahn, “A Study on Service & Advertising Marketing Plan using LBS Smart Mobile Technology based on Delphi Research Method,” *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 13, no. 6, 2013, pp. 281-288.
- [9] H. C. Jin and K. P. Hong, “Model Analysis and Technology research for Location Based Service,” *Proceeding of the Korean Association of Geographic Information Studies Conferece*, 2003, pp.46-50.
- [10] S. Lee, G. Tewolde and J. Kwon, "Design and implementation of vehicle tracking system using GPS/GSM/GPRS technology and smartphone application," *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 2014, pp. 353-358.
- [11] S.-C. Son, J.-K. Oh, “A study of relay Scheme for shadow Area in WiBro Network,” *Journal of the Institute of Inofrmation and Telecommunication Facilities Engineering*, vol, 8, no. 2, 2009, pp.47-52.
- [12] S. B. Jeon and S. Hwang, “Location Estimation Technique Based on TOA and TDOA Using Repeater,” *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 4, 2022, pp.571-576.
- [13] J. Kwon and S. Cho, “Performance Analysis of Fingerprinting Method for LTE Positioning according to W-KNN Correlation Techniques in Urban Area.” *Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vo. 16, no. 6, 2021, pp. 1059-1068.
- [14] J.-H. Choi, Y.-W. Lim, H.-K. Lim, “Location-based Area Setup Method and Optimization Technique for Deviation Detection,” *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 14, no. 4, pp. 19-28.
- [15] D. Kim and S. Kim, “Factors Influencing Users’s Resistance to Location Based SNS Application for Smart Phones,” *Korean Journal of Broadcasting and Telecommunication Studies*, vol. 25, no. 3, 2011, pp.133-166.

- [16] F. M. Mahmood and Z. A. Bin Abdul Salam, "A conceptual framework for personalized location-based Services (LBS) tourism mobile application leveraging semantic web to enhance tourism experience," *2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, 2013, pp. 287-291.
- [17] T. Wigren, "Adaptive enhanced cell-ID fingerprinting localization by clustering of precise position measurements," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 56, no. 5, 2007, pp. 3199–3209.
- [18] E. Trevisani and A. Vitaletti, "Cell-ID location technique, limits and benefits: an experimental study," *Sixth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 2004, pp. 51-60.
- [19] G. Sun, J. Chen, W. Guo, and K. J. R. Liu, "Signal processing techniques in network-aided positioning—A survey of state-of-the-art positioning designs," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 22, no. 4, 2005, pp. 12–23.
- [20] D. Niculescu and B. Nath, "Ad Hoc Positioning System (APS) using AoA," *Proc. IEEE INFOCOM, San Francisco, CA*, 2003, vol. 3, pp. 1734–1743.
- [21] H. -J. Shao, X. -P. Zhang and Z. Wang, "Efficient Closed-Form Algorithms for AOA Based Self-Localization of Sensor Nodes Using Auxiliary Variables," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 62, no. 10, 2014, pp. 2580-2594.
- [22] Y. Zheng, M. Sheng, J. Liu and J. Li, "Exploiting AoA Estimation Accuracy for Indoor Localization: A Weighted AoA-Based Approach," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 8, no. 1, 2019, pp. 65-68.
- [23] I. Guvenc and C.-C. Chong, "A Survey on TOA Based Wireless Localization and NLOS Mitigation Techniques," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 11, no. 3, 2009, pp. 107-124.
- [24] J. Shen, A. F. Molisch and J. Salmi, "Accurate Passive Location Estimation Using TOA Measurements," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 11, no. 6, 2012, pp. 2182-2192.

- [25] S. Venkatraman, J. Caffery and Heung-Ryeol You, "A novel ToA location algorithm using LoS range estimation for NLoS environments," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 53, no. 5, 2004, pp. 1515-1524.
- [26] J. Kim, D. Eom, "TDoA-Based Practical Localization Using Precision Time-Synchronization," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38, no. 2, 2013, pp. 141-154.
- [27] J. Lim and G. Chae, "Position Fixing Accuracy of TDOA Direction Finding Method," *Journal of Digital Convergence*, vol. 12, no. 11, 2014, pp. 373-378.
- [28] N. El Gemayel, H. Jakel and F. K. Jondral, "Error analysis of a low cost TDoA SENSOR NETWORK," *IEEE Position, Location and Navigation Symposium 2014*, 2014, pp. 1040-1045.
- [29] D. Cho, K. Kim, S. Lee, M. Kim, K. Kim, B. Park and H. Ko, "The Design of Smart Antenna Structures for RF Repeater," *Journal of the Institute of Convergence Signal processing*, vol.14, no. 2, 2013, pp. 110-116.
- [30] B. Lee, K. Sung and T. Ban, "A Relay Selection Scheme for Network Security," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 12, 2016, pp. 2213-2218.
- [31] Y.-H. Park, J.-C. Shin and C.-Y. Cheon, "The Improvement of Antenna Isolation With 1900MHz Band Repeaters," *한국정보통신설비학회 학술대회*, 2003, pp. 289-292.
- [32] H.-S. Yoon, I. Ho, C. Lee and K. Byon, "Comparative Analysis of TOA and TDOA method for position estimation of mobile station," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 4, no. 3, 2005, pp. 595-602.
- [33] J.-H. Sohn and G.-H Hwang, "Development of Position Recognition System by Wireless Communication," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 6, 2013, pp. 1477-1486.

- [34] J.-H. Sohn and G.-H Hwang, "Development of Position Awareness Algorithm Using Improved Trilateration Measurement Method," *Journal of the Korea Institute of Inforamtion and Communication Engineering*, vol. 17, no. 2 , 2013, pp. 473-480.
- [35] S.-J. Kim, S.-Y Kim, B.-B. Lee, W.-W. Ryu, H.-W. Lee and C.-H. Cho, "A Study of Coverage Extension and Minimum Deployment Cost in NBTC and WBTC Structures based WiBro System Using Multi-hop Relay," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences B*, vol. 33, no.10, 2008, pp. 911-918.
- [36] S. Hong and C. Kim, "wcdma Interference Cancellation Wireless Repeater Using Variable Stepsize Complex Sign-Sign LMS Algorithm," *TeleCommunication*, vol. 47, no. 9, 2012, pp. 37-43.
- [37] K.-S Park, C.-S Hwang, S.-R. Ryong and S.-K Choi, "The Development of Wireless Repeater Management System Using Geo-Spatial Information System," 대한토목학회 학술대회, 2002, pp. 3005-3008.
- [38] D. Ahn and S. Hong, "A Study on Magnetic Field Repeater in Wireless Power Transfer," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 60, no. 1, 2013, pp. 360-371.
- [39] H. Choi, S. Kim, J. Choi and Y. Park, "A Study of Repeater Effect Adjustment Algorithm in CDMA Indoor Positioning System," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences C*, vol. 33, no. 8, 2008, pp. 605-612.
- [40] H. Yanikomeroglu, "Fixed and Mobile Relaying Technologies for Cellular Networks," *Proc. 2nd Workshop on Applications and Services in Wireless Networks(ASWN)*, 2002, pp. 75-81.
- [41] Y.-J. Sang, I. Byun, B.-H. Ko and K.-S. Kim "Performance of OFDMA Cellular System Using Mobile Relays," 대한전자공학회 학술대회, 2007, pp. 35-36.

- [42] F. Qi, X. Zhu, G. Mang, M. Kadoch and W. Li, “UAV Network and IoT in the Sky for Future Smart Cities”, *IEEE Network*, vol. 33, no. 2, 2019, pp. 96-101.
- [43] J.-H. Joo and S.-J. Lee, “A Study on Digital RF System with Interference Cancellation System,” *The Journal Of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 19, no. 12, 2009, pp. 1252 –1263.
- [44] H.-C. Won, “Space-Frequency Block Coded OFDMA Transmission System using Multiple Relays for Shadow Area,” *Journal of the Korea Society Industrial Information System*, vol. 19, no. 4, 2014, pp. 1-7.
- [45] H.-C. Won, “Channel Selective Relay-based Transmission System for Broadband Wireless Communications,” *Journal of the Korea Society Industrial Information System*, vol. 14, no. 4, 2009, pp. 8-15.
- [46] D.-W. LEE and J.-H. Lee “Performance of Dual-hop Decode-and-Forward Relaying with Multiple Interferers over Rayleigh Fading Channels,” *Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference*, 2010, pp. 96-97.
- [47] J.-W. Kim, W. Choi, C.-H. Oh and S.-J. Cho, “Channel Capacity of Mobile Communication System Using Switching Repeater,” *Proceedings of the Korea Electromagnetic Engineering Society Conference*, 2001, pp. 68-73.
- [48] S.-B. Moon and S. Oh, “Interference Signal Cancellation Algorithm using Parallel sub-filters for W-CDMA repeater,” *Journal of IKEEE*, vol. 14, no. 3, 2010, pp. 179-184.
- [49] S.-S Hwang, J. Yi, S. Yoon and Y. Kwon, “ Appratus and method for positioning in wireless communication system,” Korea Patent no. 10-1048444, Nov, 2011.
- [50] S.-H. Jeong and H.-S. Shin, “The Trend of WPS(Wifi Positioning System&Service), *Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 6, no. 3, 2011, pp. 433-438.

- [51] Y. Xu and Y. Sun, "Neural Network-Based Accuracy Enhancement Method for WLAN Indoor Positioning," 2012 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2012, pp. 1-5.
- [52] H. Meng, F. Yuan, T. Yan and M. Zeng, "Indoor Positioning of RBF Neural Network Based on Improved Fast Clustering Algorithm Combined With LM Algorithm," *IEEE Access*, vol. 7, 2019, pp. 5932-5945.
- [53] B.-I Ahn, Y.-D. Joo, "Design of Location Based Social Network Service Model Centering around Smart Phone," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, vol. 16, no. 5, pp. 55-62.
- [54] M. F. M. Mahyuddin, A. A. M. Isa, M. S. I. M. Zin, M. A. Ah, Z. Manap and M. K. Ismail, "Overview of positioning techniques for LTE technology," *Journal of Telecommunication Electronic and Compute Engineering*, vol. 9, no. 2, 2017, pp. 43-50.
- [55] D. Wang and F. M. Ghannouchi, "Handset-Based Positioning System for Injured Fireman Rescue in Wildfire Fighting," in *IEEE Systems Journal*, vol. 6, no. 4, 2012, pp. 603-615.
- [56] M. Ficco, F. Palmieri and A. Castiglione, "Hybrid indoor and outdoor location services for new generation mobile terminals," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 18, no. 2, 2014, pp. 271-285.
- [57] I. K. Adusei, K. Kyamakya and K. Jobmann, "Mobile positioning technologies in cellular networks: an evaluation of their performance metrics," *MILCOM 2002, Proceedings*, vol.2, 2002, pp. 1239-1244.
- [58] H.-B. Shim, "Comparative analysis for advanced technologies of the location based service," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 4, 2012, pp. 853-871.

- [59] Y. Hong, C.-U. Park, W.-Y. Park and W.-C. Lee, "TOA & TDOA Estimation Scheme Using Symmetric Double-Sided Two Way Ranging Method," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, 2007, pp. 257-260.
- [60] S.-Y. Cho, "Hybrid Closed-Form Solution for Wireless Localization with Range Measurements," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems* vol. 19, no. 7, 2013, pp. 633-639.
- [61] J.-W. Park, Y. Choi, J. Kang, W. Lee, "Indoor Wireless Location Estimation Method with considering Wireless Synchronization and Clock Offset," *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 35, no. 10, 2010, pp. 915-921.
- [62] B. Huang, L. Xie and Z. Yang, "TDOA-Based Source Localization With Distance-Dependent Noises," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, no. 1, 2015, pp. 468-480.
- [63] F. Gong, W. Qing and X. Zhang, "A new distance based algorithm for TDOA localization in cellular networks," *2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology*, 2010, pp. 502-505.
- [64] B. Xu, G. Sun, R. Yu and Z. Yang, "High-Accuracy TDOA-Based Localization without Time Synchronization," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 24, no. 8, 2013, pp. 1567-1576.
- [65] S. Pradhan and S.-S. Hwang, "A TOA Shortest Distance Algorithm for Estimating Mobile Location," *Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 8, no. 12, 2013, pp. 1883-1890.
- [66] B. Lee and S. Kim, "A Study on Self-Localization of Home Wellness Robot Using Collaboration of Trilateration and Triangulation," *Journal of IKEEE*, vol. 18, no. 1, 2014. pp. 57-63.

- [67] S. Kim, T. Kim, S. Tak, “Performance Evaluation of RSSI-based Various Trilateration Localizaation,” *Proceedings of the Korean Institute of Information and Communcation Sciences Conference*, 2011, pp.493-496.

감사의 글

대학원을 진학하여 연구실에서 생활하는 동안 도움을 주신 모든 분들께 감사의 말씀을 드리고자 합니다.

먼저, 저를 이끌어주시고 아낌없는 조언을 해주신 지도 교수님이신 황석승 교수님께 감사의 인사를 드립니다. 교수님의 노력과 지도 아래 석사과정을 무사히 마칠 수 있었습니다. 정말 감사드립니다.

또한, 학위 논문을 위해 아낌없는 조언을 해주신 이충규 교수님, 김윤학 교수님께도 감사의 인사를 드립니다.

학위 논문 심사 기간 많은 도움을 준 적응신호처리 실험실의 구성원들에게도 고마운 마음을 전합니다.

마지막으로 학업을 진행하는 동안 많은 도움을 주시고 지켜봐준 가족들에게 감사드립니다.