

UWB 기반 위치 측위 범위 확장을 위한 드론 활용에 관한 연구

A Study on Utilization of Drones for UWB-based Positioning Range Extension

저자 (Authors)	김동훈, 박지웅, 고영배 Dong Hoon Kim, Ji Woong Park, Young-Bae Ko
출처 (Source)	한국통신학회 학술대회논문집 , 2017.6, 1221-1222(2 pages) Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences , 2017.6, 1221-1222(2 pages)
발행처 (Publisher)	한국통신학회 Korea Institute Of Communication Sciences
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07218615
APA Style	김동훈, 박지웅, 고영배 (2017). UWB 기반 위치 측위 범위 확장을 위한 드론 활용에 관한 연구. 한국통신학회 학술대회논문집, 1221-1222
이용정보 (Accessed)	아주대학교 202.30.7.*** 2020/07/20 14:08 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

UWB 기반 위치 측위 범위 확장을 위한 드론 활용에 관한 연구

김동훈¹⁾, 박지웅²⁾, 고영배¹⁾

아주대학교 소프트웨어학과¹⁾, 일반 대학원 컴퓨터공학과²⁾

kdh94@ajou.ac.kr¹⁾, jiwoong@uns.ajou.ac.kr²⁾, youngko@ajou.ac.kr¹⁾

A Study on Utilization of Drones for UWB-based Positioning Range Extension

Dong Hoon Kim¹⁾, Young-Bae Ko¹⁾, Ji Woong Park²⁾

Department of Software and Computer Engineering, Ajou Univ.¹⁾,

Department of Computer Engineering, Ajou Univ.²⁾

요약

UWB를 이용한 위치 측위 시 측위 범위에 제약이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하고자 범위를 확장하고자 하는 곳에 UWB Tag와 Anchor를 각각 장착한 드론을 투입하여 새로운 Anchor로 활용해 위치 측위 범위를 확장시키는 알고리즘을 제안한다. 기본적인 위치 측위 방식은 Stephen Bancroft가 제안한 Bancroft알고리즘을 변형시킨 modified Bancroft(mBA) Algorithm을 사용한다. 본 논문에서 제안하는 Algorithm을 사용하면 기존 위치 측위 시 발생하는 측위 범위 제약 문제를 해결할 수 있으며 위치 측위 범위를 유동적으로 확장할 수 있다.

I. 서론

UWB(Ultrawide Band)는 높은 전송속도와 낮은 주파수, 짧은 펄스 파형의 특징으로 인해 RFID, Wi-Fi, Zigbee 등 기존 실내 위치측위 시스템(Indoor Positioning System)에서 문제 되는 신호의 감쇄, 반사, 회절 등으로부터 발생하는 multipath간섭이 적어 상대적으로 높은 정확도를 가진다[1]. UWB 기반 위치 측위 방식 중 가장 많이 사용하는 방식은 TDoA(Time Difference of Arrival)와 ToA(Time of Arrival)다. 이들 방식은 위치 측위 하고자하는 Target이 보낸 신호를 미리 설치되어 있는 Anchor에서 수신해 신호를 수신한 Anchor들의 위치와 각각에 도달한 시간을 기준으로 거리를 계산해 Target의 위치를 측위 한다.

TDoA와 ToA가 미리 설치되어 있는 Anchor의 위치에 기반하여 거리를 계산하는 방식이므로 Target의 위치 측위의 범위는 Anchor들의 개수에 영향을 받는다. 즉, 위치 측위 범위를 확장하려면 Anchor의 개수를 늘려야 한다. 하지만 재난상황 탐사 혹은 동굴 탐사와 같은 사람이 직접 Anchor를 추가 설치하기 어려운 제한된 환경에서는 위치 측위 범위 확장에 제약이 생긴다. 본 논문에서는 이러한 위치 측위 범위 제약에 대한 문제를 드론을 통해 해결하며 동시에 유동적으로 위치 측위 범위를 증가시키는 방안을 소개한다.

II. 본론

A. 제안 알고리즘 기본 개념

본 논문에서 제안하는 드론의 활용방안에 대한 개념도는 그림 1과 같다. 그림에서 왼쪽 박스 영역은 초기 Anchor 1,2,3,4의 통신 범위를 의미하며 3차원에서 필요 Anchor가 4개인 UWB TDoA방식을 사용하면 이 영역 안에서 Target의 위치 측위가 가능하다. 하지만 왼쪽 영역 밖의 대상, 즉 그림 1에서는 중앙 박스에 있는 드론의 위치는 Target의 신호가 Anchor 2에 닿지 않아 TDoA측위가 불가능하다. 이때에 그림 1과 같이 왼쪽 영역 안에 UWB Tag와 Anchor를 각각 장착한 드론을 새로운 Anchor 5로 사용하게 되면 기존의 Anchor 1,3,4와 새롭게 추가된 Anchor 5를 통해

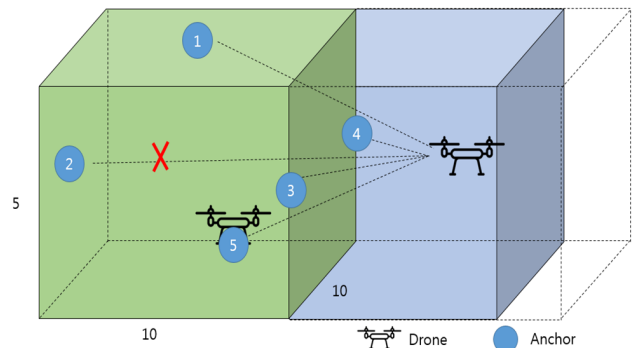


그림 1 UWB를 장착한 드론 기반 위치 측위 범위 확장의 예

TDoA 위치 측위 범위가 오른쪽 영역까지 확장 된다. 이를 통해 기존 4개의 Anchor로는 측위가 불가능 하던 중앙 드론의 위치 측위가 가능해 진다.

B. 위치 측위 방법 및 제안 알고리즘

본 논문에서 위치측위는 Stephen Bancroft가 제안한 Bancroft알고리즘[2]을 GPS환경이 아닌 실내 환경에 맞춰 변형시킨 modified Bancroft(mBA) Algorithm[3]을 기반으로 TDoA 방정식을 계산하여 Target의 위치를 측정한다. TDoA와 ToA방식 중 TDoA를 사용하는 이유는 two-way방식을 사용하는 ToA보다 one-way 방식을 사용하는 TDoA는 움직이는 Target에 대하여 좀 더 빠르고 정확한 위치 측위가 가능하기 때문이다.

mBA의 기본 개념은 다음과 같다. j개의 Anchor가 있을 때 기준이 되는 Anchor 하나와 Tag 사이의 거리차를 b 라고 한다. 이는 식 (1)과 같이 표현 된다.

$$C_0^* t_{SE} = \sqrt{(x_s - x_E)^2 + (y_s - y_E)^2 + (z_s - z_E)^2} \\ = \| \vec{r}_S - \vec{r}_E \| = -b \quad \dots (1)$$

각각의 j 개의 Anchor와 특정 Anchor 하나의 시간차에 대해 식 (1)을 통해 식 (2)와 같이 표현 할 수 있고, 이를 vector로 표현하면 식 (3)이 된다.

$$\begin{aligned} 0 &= \|\vec{r}_S - \vec{r}_{E1}\| + b \\ \Delta d_{21} &= \|\vec{r}_S - \vec{r}_{E2}\| + b \cdots (2) \\ &\vdots \\ \Delta d_{j1} &= \|\vec{r}_S - \vec{r}_{Ej}\| + b \end{aligned}$$

$$\vec{p}' = [0 \ \Delta d_{21} \cdots \Delta d_{j1}]^T \cdots (3)$$

(3)의 row는 다음과 같다.

$$p'_i = \sqrt{(x_s - x_E)^2 + (y_s - y_E)^2 + (z_s - z_E)^2} + b \cdots (4)$$

(4)을 완전제곱식으로 표현하고 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} (x_E^2 + y_E^2 + z_E^2 - p_i^2) - 2(x_s x_E + y_s y_E + z_s z_E - p_i' b) \\ + (x_s^2 + y_s^2 + z_s^2 - b^2) = 0 \end{aligned} \cdots (5)$$

Lorentz inner product R^4 정의에 따르면 :

$$\langle \vec{a}, \vec{b} \rangle = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 - a_4 b_4$$

이를 통해 (5)을 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$\frac{1}{2} \langle \vec{v}, \vec{v} \rangle - \langle \vec{u}, \vec{v} \rangle + \frac{1}{2} \langle \vec{u}, \vec{u} \rangle = 0, \quad \vec{u} = \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \\ b \end{bmatrix}, \vec{v} = \begin{bmatrix} x_E \\ y_E \\ z_E \\ p_i' \end{bmatrix} \cdots (6)$$

또한 (6)의 \vec{v} 의 E_i 대하여 모든 Anchor에 대한 행렬로 표현하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$B = \begin{bmatrix} x_{E1} & y_{E1} & z_{E1} & -p_{1'} \\ x_{E2} & y_{E2} & z_{E2} & -p_{2'} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \cdots (7)$$

(7)과 (6)을 이용하여 모든 j 개의 Anchor와 특정 Anchor의 시간차 대하여 (5)수식을 풀게 되면 Target의 위치를 추정 할 수 있다.

예를 들어, 그림 1의 처음 왼쪽영역 밖의 가운데 영역에 있는 드론에서 신호를 발생시키면 Anchor 2를 제외한 Anchor 1,3,4 는 신호를 수신한다. 이때 Anchor2는 신호를 받지 못했기 때문에 (7)의 B행렬의 row2 col4값은 정상 값의 범위를 벗어난다. 이를 범위 밖의 Target이 존재한다고 인식하고 Anchor2와 거리가 가장 멀고 현재 Anchor들로 위치 측위가 가능한 위치로 UWB Anchor와 Tag를 각각 장착한 드론을 보낸다. 이때 측정한 드론의 Tag위치 값을 Anchor5로서 (7)의 B행렬 마지막에 추가한다. 새로운 B행렬을 가지고 mBA알고리즘을 이용하면 가운데 영역의 드론의 위치를 측위 할 수 있다. 즉 이 알고리즘을 통해 기존의 Anchor로는 위치를 측위 할 수 없는 Target의 위치를 측위 할 수 있다.

새로운 범위 밖의 Target이 나타나면 위와 같은 방법으로 (7) B행렬 col4값이 정상 범위의 값을 갖는 4개의 row가 존재하게끔 드론 추가, 위치시키고 Tag값을 계산한 후 B행렬에 새로운 Anchor로서 추가시킨다. 이를 통해 드론을 투입 할 수 있는 어떤 방향, 위치든 초기 Anchor의 위치와는 상관없이 위치 측위 범위를 확장 시킬 수 있다.

C. 실험 환경과 결과

실험 환경은 Anchor와 Tag의 신호가 10m가 되면 전달이 안 된다고 설정하고 신호의 세기는 빛의 속력인 $299,792,458m/s$ 으로 설정했다. 또한

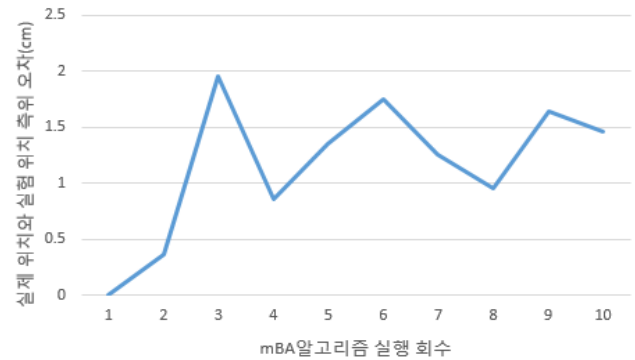


그림 2 실험 결과

초기 Anchor의 배치는 그림 1의 왼쪽 영역과 같은 가로, 세로 10m 높이 5m인 구조에 설치되어있다고 가정한다. 이런 환경을 가지고 mBA알고리즘을 10번을 실행하여 측정범위를 증가시켰으며 mBA알고리즘을 한 번 실행할 때 마다 측정된 Target은 새로운 Anchor로 추가된다. 그림2는 실험결과에 대한 그래프이며 x축은 mBA알고리즘 실행 회수를 나타내며 y축은 그로인해 확장된 범위안의 Target의 위치 측위 값과 실제 위치를 비교한 오차를 나타낸다. 시행회수가 증가됨에 따라 오차율이 점차 증가하지만 4번부터 즉 새로운 Anchor들로만 측정을 할 경우 약 0.8~2cm 이상의 오차가 나지 않음을 확인하였다.

III. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘을 통해 UWB 기반 위치 측위 범위의 제약 문제를 해결할 수 있다. 상황에 맞춰 UWB Tag와 Anchor를 장착한 드론을 적당한 위치에 투입하여 위치를 측정하고, 이를 Anchor로서 사용하여 Anchor를 추가하기 쉽지 않은 환경에서 위치 측위 범위를 확장한다. 또한 실내 환경에서 실외 환경까지 범위를 유동적으로 증가 시킬 수 있다. 드론의 개수가 무한하다면 그 범위는 무한히 증가 할 수 있다. 뿐만 아니라 UWB 에서만이 아닌 TDoA를 사용하는 많은 기술들에 적용할 수 있다. 이를 통해 많은 실내 위치 측정 기술이 상황에 맞춰 범위를 증가시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터 터의 SW 중심대학 지원사업의 연구결과이며(2015-0- 00908), 또한 2016 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초사업연구 임(NRF2016R1D1A1A01059049).

참 고 문 헌

- [1] Alarifi, Abdulrahman, et al. "Ultra wideband indoor positioning technologies: Analysis and recent advances." *Sensors* 16.5 (2016): 707.
- [2] Bancroft, Stephen. "An algebraic solution of the GPS equations." *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* 1 (1985): 56-59.
- [3] Zwirello, Lukasz. *Realization Limits of Impulse-Radio UWB Indoor Localization Systems*. Vol. 71. KIT Scientific Publishing, (2014):35-47.