

IoT 位置トラッキングシステムの構築を目的とした 実環境におけるタンデム BLE スキャナの受信性能評価

浦野 健太^{†*}廣井 慧^{‡*}河口 信夫^{†‡*}[†] 名古屋大学大学院工学研究科[‡] 名古屋大学未来社会創造機構

*NPO 法人 位置情報サービス研究機構 (Lisra)

1 はじめに

展示会で来場者の訪問ブースやブース滞在時間などを調査する場合、来場者の位置を把握する必要がある。GPS 利用が難しい屋内での位置推定には、内界センサを使う歩行者自律航法 [1] や、電波や音波を利用する方法 [2] が提案されている。我々は配布型 BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンと設置型 BLE スキャナを用い来場者の位置推定を行ってきた。過去の実験では BLE ビーコンの送信パケットがしばしば受信されなかった [3] ため、パケットの受信率向上を狙い、1 端末で複数の Bluetooth ドングルを備えるタンデム BLE スキャナを構築した [4]。本稿では実環境での実験をもとにタンデム BLE スキャナの受信性能を評価する。

2 G 空間 EXPO2016 での実験

G 空間 EXPO2016 は日本科学未来館で 2016 年 11 月 24 日から 26 日まで 3 日間開催され、のべ 19000 人以上が来場した。我々は来場者に実験への参加を依頼し、のべ 266 人が参加した。実験参加者は、受付でネームホルダーに入った BLE ビーコンを首からかけ、会場を見て回り、帰る際に受付に BLE ビーコンを返却した。また、UWB (Ultra Wide Band) タグによる測位で参加者の位置の正解データを収集した。

2.1 利用した BLE スキャナと配置

図 1 に会場内の BLE スキャナ配置を示す。番号はスキャナに振った番号であり、1 から 11 が Raspberry Pi 3 Model B に複数 (1 から 10 は 4 つ、11 のみ 7 つ) のドングルを備えたタンデム BLE スキャナ、12 から 38 が Raspberry Pi Model B+ にひとつのドングルを備えた通常の BLE スキャナとなっている。タンデム BLE スキャナと通常の BLE スキャナはそれぞれ図 2 と図 3 のような外見で、スキャナ 11 のみ図 4 のように 7 つのドングルを一列に配置した。タンデム BLE スキャナのド

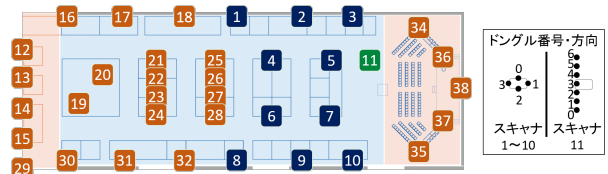


図 1: 会場内の BLE スキャナ配置

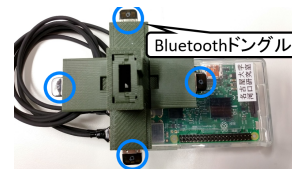


図 2: タンデム BLE スキャナ



図 3: 通常の BLE スキャナ

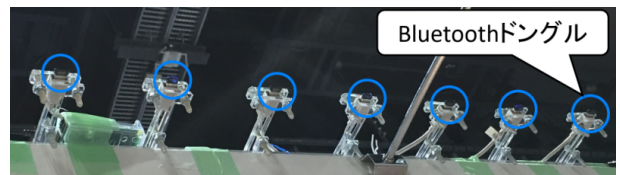


図 4: スキャナ 11 の Bluetooth ドングル配置

ングルには番号が振られており、図 1 に示した方向でブースの梁の上に設置した。

3 受信性能評価

3.1 ユニークなパケットの受信数

タンデム BLE スキャナを利用して受信率が向上したかを確認するには、タンデム BLE スキャナの各ドングルでのパケット受信数と、各ドングルでの受信パケットから重複を排除したユニークなパケット受信数を比較すればよい。今回、BLE ビーコンは 10Hz でパケットを送信したため、受信時刻が 0.1 秒の位まで一致するパケットを同一パケットとみなしてユニークなパケットの受信数を計算し、図 5 にまとめた。

図 5 を見ると、ユニークなパケット受信数は各ドングルでの受信数を上回り、2 倍程度に受信数が向上した。また、スキャナにより最大の受信数を記録したドングル番号が異なっている。スキャナ 1, 2, 3 で最大のパケット受信数を記録しているドングル 0 は会場の壁に面していた。これは、会場の壁で反射したパケットを

A Performance Analysis of Tandem BLE Scanner for IoT Location Tracking System at a Real Environment

[†], * Kenta URANO [‡], * Kei HIROI ^{†, ‡, *} Nobuo KAWAGUCHI

[†] Graduate School of Engineering, Nagoya University

[‡] Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University

* NPO Location Information Service Research Agency (Lisra)

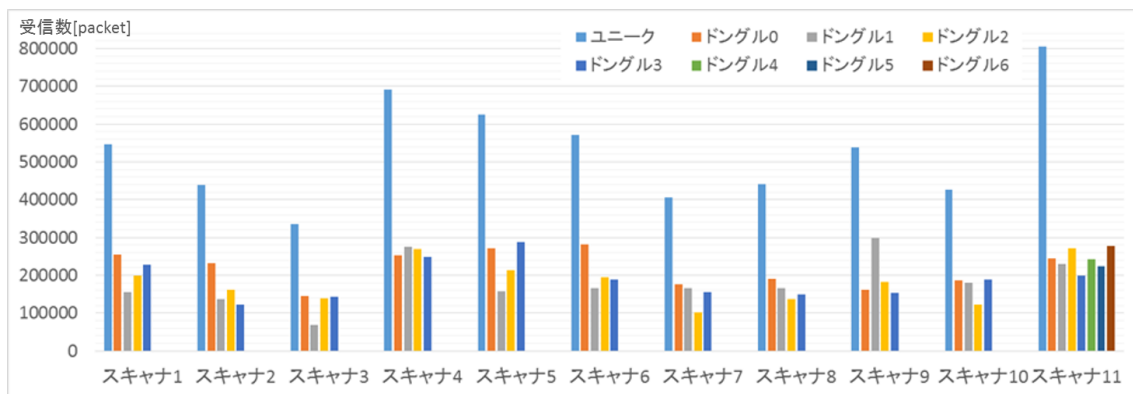


図 5: Bluetooth ドングルごとのパケット受信数とユニークなパケット受信数

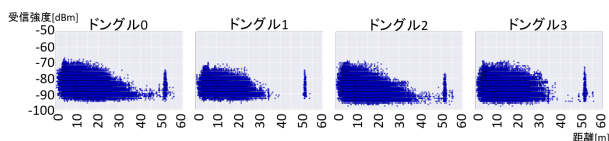


図 6: 距離-パケット受信強度の関係 (スキャナ 3)

記録したと考えられるが、スキャナ 8, 9, 10 では壁に面していたドングル 2 で最大の受信数は記録していない。すべてのドングルが同じ方向を向いていたスキャナ 11 においても各ドングル間の受信数の差が存在する。

3.2 パケットの受信強度

パケット受信数の差は、BLE スキャナと被験者の位置が遠く離れ、受信強度が不安定な領域で生じると考え、UWB による測位データから BLE スキャナと被験者の距離を計算し受信強度と合わせて散布図を作成した。スキャナ 3 の例を図 6 に示す。受信強度は、距離によって最大の強度が減衰していくものの、同じ距離でも大きな差が見られる。50m 付近で観測されているパケットは、被験者が実験受付で説明を受けている際に送信されたパケットだと考えられる。

図 5 から分かるようにスキャナ 3 で受信数が少なかったドングル 1 では、35m から 50m 程度の距離でパケットを受信できていない。スキャナ 3 のドングル 1 は図 1 の配置図で示したように、会場右上の角の方向を向いている。パケットはほとんどが展示ブースの方向から到来するため、ドングルの受信特性には方向依存性があると考えられる。

4 まとめ

本研究では、配布型 BLE ビーコンを用いた位置推定を行うにあたり、パケットロスを減らす目的で構築したタンデム BLE スキャナの実環境での受信性能を評価した。受信パケットからユニークなパケット受信数を算出すると、ひとつのドングルの 2 倍程度の受信数を

得られ、受信状況を改善できた。一方、距離と受信強度の関係からは、実環境では近距離でも受信強度が大きく変動するうえ、ドングルの受信特性に方向依存性が見られることがわかった。

今後は、UWB による測位に基づく被験者の位置をもとにパケットの到来方向と受信数の関連を調べるとともに、以前提案した位置推定方式 [3] を用いて推定精度が改善するか調べ、複数のドングルに合わせて、位置推定方式そのものの改善も行っていく。

本研究は G 空間 EXPO2016 屋内位置情報サービス実証実験実行委員会の協力で行われた。記して感謝する。

参考文献

- [1] S. Beauregard and H. Haas. Pedestrian Dead Reckoning: A Basis for Personal Positioning. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication*, pp. 27–35, 2006.
- [2] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, pp. 1067–1080, 2007.
- [3] K. Urano, K. Hiroi, K. Kaji, and N. Kawaguchi. A Location Estimation Method using BLE Tags Distributed Among Participants of a Large-Scale Exhibition. In *International Workshop On Mobile Ubiquitous Systems, Infrastructures, Communications, And Applications (MUSICAL 2016)*, pp. 119–124, 2016.
- [4] 浦野健太, 廣井慧, 河口信夫. 配布型 BLE タグを用いた IoT 位置トラッキングシステムの構築. HCG シンポジウム 2016, pp. 56–60, 2016.