5U-02

Beacon 配置空間での近傍点推定方式

前田　俊彦†　　大谷　真†　　菊池　竜太†　　柏倉　歩†

湘南工科大学†

1. はじめに

複数の Beacon を空間内に固定設置しておき、その空間内を移動するスマートフォーンの位置を決定することができれば、店舗内での商品紹介など新たな応用が可能になる。しかし BLE を用いた Beacon では、受信信号強度（RSSI）が不安定に変化し、RSSI から距離を正確に求めることが困難であり、三角測位などの従来の方式が適用できない。我々は空間内に複数の点を設定し各 Beacon からの RSSI を事前測定しておき、それを利用して測位する方法を研究している。本論では、RSSI 測定値から、最も近い事前測定点を決定する新たな方式を提案し、その評価結果も示す。

2. 現状、課題、本研究のアプローチ

Beacon は、BLE(Bluetooth Low Energy)近距離通信技術を利用し、スマートフォーンなどに対し信号を常時発信する装置である。近年、会計決済やデジタルスタンプ入手などの他、店舗での商品の情報をスマートフォーンなどへの表示、などに利用が進んでいる。

現在のところ、対象となる商品などの物にあらかじめ Beacon をつけておき、Beacon のそばに受信者（スマートフォーンなど）が近づいたら情報を表示する方法が一般的である。しかしこの方法では対象物ごとに Beacon をつける手間が発生し、一般の店舗では現実的でないことが多い。この問題を解決するために Beacon を対象物ではなく店舗内の決められた場所に前もって設置しておき、Beacon 配置空間の中での受信者の位置を決定することで、対象物への受信者の近さを算出することが考えられる。この方法で重要なのは、一般に反射吸収が多い室内に配置された Beacon の空間内で、いかにして受信者の位置をできるだけ正確に決定するかである。本研究では、従来の三角測位をまず適用したが、誤差が大きく適用不能であることが分かった。このため事前測定法に基づく新たな方式を提案した。測定検証評価の結果、かなりの精度で受信者の位置が推定できることが判明した。

A method to estimate the nearest pre-measured point in a beacons placed space

†Toshihiko Maeda, Makoto Oya, Kikuti Ryuta,and Kashiwakura Ayumu, Shonan Institute of Technology

3. 三角測位

室内での測位で一般的な方法は三角測位[1]である。三角測位では RSSI（受信信号強度）から比較的正確に距離が算出できることが前提である。今回用いた Beacon(㈱芳和システムデザイン社の BLEAD)でこの前提がどの程度成立するかを検証した。

反射吸収などを考慮しない理想的環境では、距離 d に対し、RSSI は以下の式で決まる。

$$\boldsymbol{RSSI = A - 10B * \log_{10}(d)}$$

Beacon と受信装置(iPhone)を、0.5m、1.0m、1.5m、2.0m、2.5m、3.0m の距離でそれぞれ 50 回測定を行った結果から、A=-74、B=2 となった。これから、推定距離 d は理論上は以下の式で求まることが分かった。

$$\boldsymbol{d = 10^{\frac{-(74+RSSI)}{20}}} \quad (1)$$

次に反射吸収が多いと思われる一般的な屋内環境(湘南工科大学 1 号館 3F)で、次の実験を行った：中心に Beacon を置き、半径 1.25mの円を描く。円上４か所で 50 回 RSSI を測り平均を求める（図 1）。表 1 にその結果と（1）から算出した推定距離を示す。

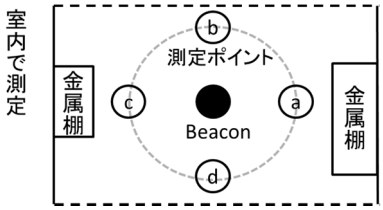

図 1:三角測位の妥当性の検証実験

表 1:実験結果と式(1)による推定距離

測定点	実距離(m)	実測rssi値	推定距離(m)
a	1.25	-77.1	1.43
b	1.25	-65.1	0.36
c	1.25	-74	1
d	1.25	-64	0.32

同一距離でも周囲環境によって RSSI が大きく変化し、推定距離が大幅に狂ってしまう。三角測位は本研究には適用できないことが分かった。

4. 事前測定法

4.1 事前測定法

事前測定法は、測定環境内に、複数の Beacon $B_1, B_2, \ldots, B_m$を配置し、あらかじめその中の複数の事前測定点$P_1, P_2, \ldots, P_k$で各 Beacon からの RSSI 値を測定しておく。そのうえで位置推定を行う測定点をαに対して、αで得られる RSSI 値から

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

最も近い事前測定点P_xを推定する手法である。

4.2 事前測定法での測位方法（基本方式）の提案

この研究では、同じ場所で得られる各 Beacon からの RSSI 値はおおむね等しいだろうとの理由から、以下の方法を基本方式として提案する。

P_iでのB_jからの RSSI 値を$RSSI(j,i)$、測定点αでのB_jからの RSSI 値を$RSSI_\alpha(j)$とするとき、

i=1～k の範囲で

$$\boldsymbol{X_i = \sum_{j=1}^{m} |RSSI(j,i) - RSSI_\alpha(j)|^n} \quad (2)$$

を計算し、最小のX_iを求める。その時の i の値を x とし、推定近傍点をP_xとする。

4.3 提案（基本方式）の検証

提案の妥当性と n の値を決定するために 3 での実験と同じ環境で次の測定を行った。：事前測定点（図 2 の白丸、黒丸）の間隔を 60cm として 12 個の点を設定する。各点で 50 秒間測り各 Beacon からの RSSI の平均を求める。Beacon は 6 つ配置した。そのうえで、各事前測定点の近くに 1 ヶ所ずつ合計 12 ヶ所の測定点(図 2 の□)を設け、各々50 回 RSSI 値を測定した。

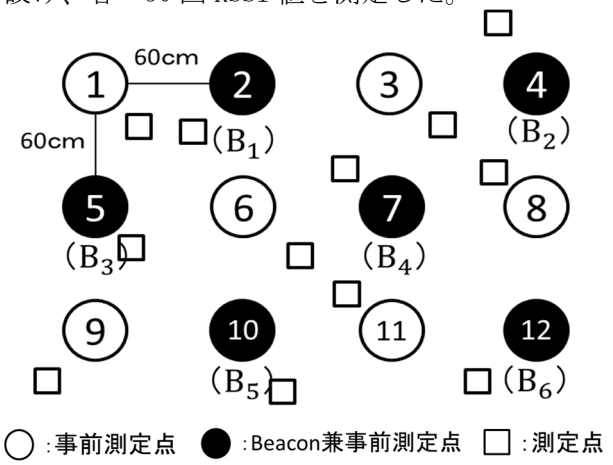

図 2:実験での測定点の位置

1 回の測定結果ごとに 4.2 で述べた方式で推定近傍点を求めた。総合的な評価値を得るために 600 回(=50 回×12 ヶ所)の推定ごとに、正しい近傍点だった場合 100 点、上下左右に外れた場合 70 点、斜めに外れた場合 50 点、その他 0 点で評価値を算出し、合計を求めた。結果を表 2 の基本方式の欄に示す。(n を 2～1/10 と変化させている)。これから基本方式では n=1/4 が妥当であり、そのときの正解率は 69%(=41260/60000)である。RSSI 値が不安定な環境の中では一定の実用性があると判断できる。

5. 改良方式

“どの Beacon からの電波が強いか”に着目することでより正確な推定ができる可能性があると考え、更に以下の改良方式を提案する。

j=1～m の中で、RSSI(j,i)が最大である j を$b_1(i)$、2 番目である j を$b_2(i)$、3 番目である j を$b_3(i)$とする。また$\mathrm{RSSI}_\alpha(\mathrm{j})$が最大である j を$b_\alpha$とする。その上で、i=1～k の範囲で、$b_\alpha = b_1(i)$又は$b_2(i)$又は$b_3(i)$となる i について、式（2）を使って$\boldsymbol{X_i}$を計算し、その値が最小となる i の値を x とし、推定近傍点をP_xとする。

基本方式と同様に検証実験を行った結果を表 2 の改良方式の欄に示す。これから改良方式では n=1/6 が妥当で、正解率は 77%(=46230/60000)となり、基本方式より大幅に向上していることがわかる。

表 2:基本方式と改良方式の評価結果

	評価点(60000点満点)			評価点(60000点満点)	
n	基本方式	改良方式	n	基本方式	改良方式
2	28980	-	1/5	40930	46000
1	35450	-	1/6	40410	46230
1/2	39420	-	1/7	40270	45990
1/3	40340	-	1/10	40260	44760
1/4	41260	43980			

成果をより分かり易くするために、改良方式(n=1/6)で実際に近傍点がどう推定されたかを表 3 に示す。カッコ内は 50 回中にその近傍点を推定した回数である。

表 3:改良方式の推定結果

測定点	正しい近傍点	推定近傍点
1	1	1(36), 8(13), 6(1)
2	2	6(50)
3	3	9(34), 6(8), 1(5), 3(2), 12(1)
4	4	4(28), 6(13), 1(9)
5	5	5(41), 3(6), 7(3)
6	6	6(33), 3(16), 1(1)
7	7	6(30), 7(13), 12(5), 1(1), 4(1)
8	8	8(49), 1(1)
9	9	9(50)
10	10	11(39), 10(11)
11	11	11(50)
12	12	12(50)

6. まとめ

Beacon を事前配置した空間での近傍点推定方式を提案した。反射吸収により RSSI が大きく変化する室内空間にもかかわらず 77%の正解率を得ることが出来た。一部の測定点で若干の誤差が出ているものの店内での位置推定には十分実用的な結果であると考える。

参考文献

[1]北須賀他,無線通信網を用いた屋内向け測位方式,情報処理学会,2003

[2]EEL Lau and WY Chung, Enhanced RSSI-Based Real-Time User Location Tracking System for Indoor and Outdoor Environments, ICCIT07, pp.1213-1218, 2007

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.