

Bluetooth を用いた短距離通信による避難所運営の円滑化

宮城県仙台第三高等学校 35 班

私達は探求の中で Bluetooth 通信を用いて避難所運営を円滑にする手法について探求してきた。その中で私達は Bluetooth の通信範囲についての実験を行ったが、詳細なデータが提示できなかった。そのため発表の場で詳細な通信範囲や接続性についていくつかの質問を頂き、それらについて定量的な分析を行おうと思い立った。今回はアプリケーションを用いて詳細な指標（電波強度等）を用いて様々な状況下での Bluetooth の接続性に付いて確かめ、それが実際に使う際にどのような影響を与えるのか調べていく。

キーワード：BlueTooth,BLE,電波強度,短距離通信

I. はじめに

現在、私達の身の回りには通信デバイスが溢れており、そのほとんどには bluetooth が搭載されている。Bluetooth とは近距離でデジタル機器のデータをやり取りする無線通信技術であり国際標準の規格である。その中で私達は災害時、特に発災直後の避難所運営に着目し、いわゆる LAN、狭域ネットワークと呼ばれる通信網を Bluetooth によって構築することで、発災直後もスムーズな避難者の受け入れ対応が行えると考えている。またその導入には避難所の運営者が高齢であることによる順応の難しさの問題や通信に使うデバイスの数量についての問題が挙げられた。ところで、Bluetooth 通信の有用性について検討する中で私達は実験を行ったがその実験はアバウトなもので胸を張って発信できるデータではなかった。その上で、この構想のベースとなる Bluetooth 通信という技術についてその特性を明確にし、その有用性について追加実験を通して調査することにした。具体的には Bluetooth を搭載する機器同士をセントラル(送信側)とペリフェラル(受信側)に分け、その通信の中で電波強度がどのように変化するか調べた。

II. 研究方法

スマートフォン用アプリケーション nRF Connect for Mobile®を用いて電波強度に関する実験を行った。

i) Bluetooth low Energy について

今回の実験では Bluetooth Low Energy(以下 BLE)を用いて実験を行った。BLE とは Bluetooth における通信規格の一つで、一般的な Bluetooth 通信規格は通信方式がそれぞれに異なる

っているのに対し、BLE はどの機器でも統一した通信方式で通信をすることができる特徴がある。また通信能力の保持のため BLE は対応する周波数の全体ではなく、周波数帯を何本かのチャンネルに分けて切り替えながら通信を行う。これは適応型周波数ホッピング (Adaptive Frequency Hopping / AFH と呼ばれる。ch.37～ch.39 の 3 つのチャンネルは BLE デバイスの発見・接続に利用される特殊なチャンネルで、アドバタイズメントチャンネルと呼ばれる。残りの 37 個のチャンネルはデータチャンネルと言い、実際にデータのやり取りを行う際に利用されるチャンネルである。(図 1 参照)

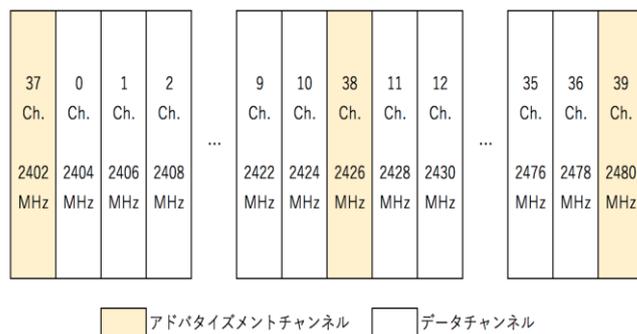


図 1 BLE のチャンネル構成

ii) 電波強度の測定について

今回の実験では RSSI(受信信号強度)という尺度を用いて行った。単位は dbm(デシベルミリワット)で基準値(問題なく通信可能な値)は 2.4Ghz で -65dbm 以上であり、5Ghz で -60dbm である。

RSSI	Receive sensitivity threshold	Signal strength (%)	Signal-to-noise ratio	Signal quality (%)
30	-30 dBm	100%	70 dB	100%
25	-41 dBm	90%	60 dB	100%
20	-52 dBm	80%	43 dB	90%
21	-52 dBm	80%	40 dB	80%
15	-63 dBm	60%	33 dB	50%
10	-75 dBm	40%	25 dB	35%
5	-89 dBm	10%	10 dB	5%
0	-110 dBm	0%	0 dB	0%

図 2 RSSI の電波品質

iii)実験について

実験 1

端末間を Bluetooth で接続し距離と電波強度の関係性について実験を行った。測定方法として 10cm ごとに 30 秒ずつ電波強度を測定し、その平均値をその距離の電波強度とした。また、端末の発信強度は 4dbm である。(図 3)

実験 2

端末間を Bluetooth で接続し、40cm 離れた後にその間に様々なものを置くことで電波強度がどのように変化するか測定した。実験 1 と同様に端末の発信強度は 4dbm である。(図 4)

III.探究内容

次に前述の手順によって行った実験の結果を説明する。まず、実験が行われた空間は結果的に不安定であり図 5 で示した dbm の計算式を利用すると、係数の n が距離によって様々な値を取った。この係数は電波が伝播する空間の状態を示しており、

- ・ n = 2.0: 障害物のない理想的空間
- ・ n < 2.0: 電波が反射しながら伝播する空間
- ・ n > 2.0: 伝播が障害物に吸収され減衰しながら伝播する空間

と表せるようだ(※1)が、実験 1 では距離が 10cm のとき 1.95、100cm のとき 2.02、200cm のとき 2.33 と無視できない程度の誤差が出てしまった。

実験 1 では図 3 のように距離ができるにつれて電波の強度が下がっていることが確認できた。また、図内の近似式からも分かる通り距離と電波の強度には負の相関関係があることが明らかになった。

次に実験 2 では図 4 のようになにもない場合、人、カバン、アルミホイルが間にあるときについて電波強度の測定を行ったところ、なにもない場合 -55dbm、カバン -60dbm、人 -73dbm、

アルミホイル -96dbm となった。

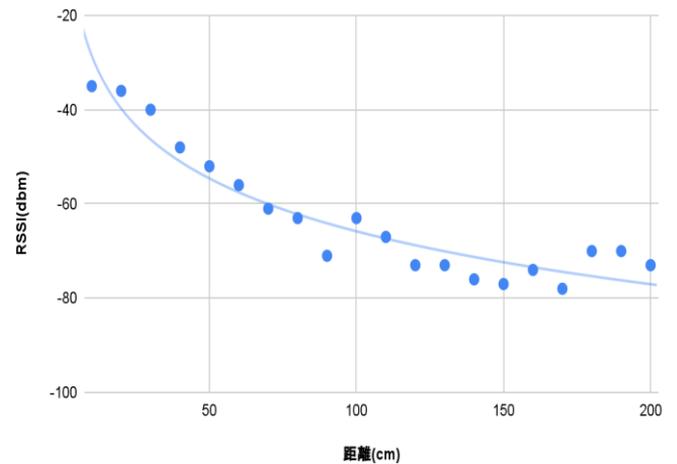


図 3 距離と電波強度

物質	RSSI(dbm)	専有距離
なし	-55	
ヒト(男)	-73	16cm
バックパック	-60	25cm
アルミホイル	-96	1 mm以下

図 4 物質と電波強度

$$RSSI = TxPower - 10 * n * \lg(d)$$

図 5 RSSI の計算式

(d は distance で単位は mm)

IV.考察

i) 実験 1 について

今回の実験で伝播する空間の状態が安定しなかったのは、実験する場所の環境であると考えられる。実験をする際、室内で行ったため室内の様々な電波と干渉ないしは周囲のものに反射吸収されてしまったため、電波の強度が安定しなかったと考えられる。また、電波の持続距離について一般的に 100m ほどであると言われているが、図 3 に示すように電波強度はおおよそ -80dbm に漸近するような形で値を取っていたため正確に持続する距離の限界を測定するには設備や機材の観点から限界があると考えられる。またここまでは値を近似したグラフが対数関数のように近似した場合という前提に基づいているが実際のところ、もっと距離を大きくした場合等を調べていないため実際にこの値が対数的に変化するのかわからない。また、この実験から比較的端末間の距離が近いときに急激に電波強度が下がることが判明したため、

いわゆるカタログスペックのような理想的な通信速度や通信容量は近距離のとても近い通信でしか期待できないことがわかった。したがって Bluetooth を使ってコミュニケーションを取る場合は通信容量が少なく、そのために早く通信が行えるテキストベースのプラットフォームが適切であると考えられ、現在存在する諸々の Bluetooth 通信を用いたコミュニケーションアプリがテキストベースであることも納得できる。

ii) 実験 2 について

まず、バックパックとヒトを比較したときバックパックのほうが伝播しやすかった。ここで人体とバックパックの構成物について考えてみると、バックパックは布等の有機物とチャック等の少量の無機物からできている。その一方で人体は有機物と 6 割強の水でできている。これよりこの両者の決定的な差異は水にあると考えるられる。したがってこの結果はは無機物や有機物よりも水分が伝播を妨害している要素であると考えられる。そのため、この結果から Bluetooth 通信は雨の状況であったり、湿度が高い環境では電波強度が振るわなくなることが予測できる。したがって大雨等の水が関係する災害時では最悪の場合 Bluetooth 通信がうまく活用できないことが危惧される。次にアルミホイールについて、この物質は電磁波を阻害するという人口に膾炙した性質を持っており、今回の実験で最も電波を妨害したという結果から似たような材質の災害時に使う断熱シートやそれに準ずるものに電波が阻害される可能性があることが予想できる。また、ヒトによる電波の阻害も馬鹿にならない数字であるため、避難所など大勢が集まる場での通信は困難になる恐れがある。

V.まとめ

今回の実験とこれまでの探求から Bluetooth 通信を避難所の運営に用いるのには、ハードとソフトの両面に課題があることがわかった。技術的な問題については活用する私達には限界があるので改善することはできないが、使う側の工夫はできるはずなので今回私達が行った探求は有意義なものであったと考える。また今回の実験では特に「通信」というものの繊細さ不安定さというものを痛感し現代の通信技術のありがたさを強く再確認できた。実世界の現状に対抗する解決策をだすには理論だけでなく、実験と検証を繰り返し実用的にするというプロセスが不可欠でありその取り組みが私達の生活を豊かに、安全に、高度にしているものであってその大切さを実感できたように思う。災害の問題は

日本の環境を考える上で不可避なものだ。わたしたちはこれからも自分たちに身近なところをめをむけ、考えることでより安全によりかしこく災害へ立ち向かっていく必要があるだろう。

参考文献・引用

HOUWAsystemdisign 「そもそも BLE って何？」 Bluetooth の技術概要 図 2 (図 1 に使用) R5 7/26 参照

Dot11ip RSSI (図 2 に使用)

<https://dot11ap.wordpress.com/cwna/radio-frequency-rf-technologies/rssi/> R5 7/26 参照

※ 1

RSSI と TxPower からビーコンとの距離および近接度 (Proximity) を推定する

<https://qiita.com/shu223/items/7c4e87c47eca65724305> R5 7/26 参照

同サイトを図 5 に使用。