Vol.2018-DPS-175 No.21
Vol.2018-MBL-87 No.21
Vol.2018-ITS-73 No.21
2018/5/24

BLE通信技術を利用するバーチャル伝言板システムの提案

山田 悠生[1,a)]　内藤 克浩[2]

概要：本稿では，簡易な短文メッセージを交換可能なバーチャル伝言板システムの提案を行う．近年，一つの携帯電話基地局に対して膨大な数のアクセスが集中する場合，災害の影響などにより通信設備が破損した場合など，スマートフォン通信の利用が困難となる状況が確認されている．提案方式では，特定の場所に設置されたバーチャル伝言板とスマートフォンアプリケーションが協調することにより，多数のユーザー間のメッセージ交換が可能なシステムを Bluetooth Low Energy (BLE) を利用して実現する．BLE は低消費電力で動作する規格であり，通信に伴う電力だけではなく，メッセージ受信に伴う待機電力も含めて有効性が高い．本稿では，提案システムの通信シグナリングを提案するとともに，プロトタイプ機器を実装することにより，提案システムの有効性について評価を行う．また，評価結果より，避難所などで想定される規模のユーザー数間のメッセージ交換が可能であることを明らかにする．

キーワード：BLE，BLE ビーコン

1. はじめに

近年，ユーザに情報伝達を行う手段として，デジタルサイネージの使用に関心が高まっている [1–3]．デジタルサイネージは，従来の掲示板に代わり，駅や空港，店頭等に，ディスプレイやプロジェクターを設置し，情報を表示し発信するための情報媒体である [4–6]．デジタルサイネージ上の情報は，周囲の状況や時間経過により，自動的に変更を行うことが可能である．これにより，一つのデジタルサイネージ上で複数の情報を表示することができる．

従来の掲示板は，多くの人々に同一の情報を周知させるための情報伝達手段として利用されている．そのため，市役所や学校，企業など人々が集まる場所に設置される．掲載されている情報は，基本的に設置場所に集まる人々全体を対象とした内容である．したがって，掲示板は多くの人々に，同一の情報を提供する手段として最適である．一方で，個人向けの情報については，掲示板は利用されない．なぜなら，殆どの人々には関係のない情報であり，掲示板の役割として適さないためである．また，掲示板の広さには限りがあるため，全体向けの情報の掲載が優先される．よって，個人向けの情報は，掲示板以外の方法で取得する手段が必要であり，手間になる．仮に，掲示板を確認したタイミングで，自分宛の情報を受け取ることが可能ならば，個人が手間をかけることなく情報を取得できると考える．そこで，従来の掲示板に代わり，スマートフォンと通信が可能なデジタルサイネージを利用し，各個人が自分宛の情報のみを受け取る通信手段を検討する．

デジタルサイネージとスマートフォンの情報のやり取りの方法はいくつかある．1 つ目は，デジタルサイネージに表示されている QR コードを読み取る方法である [7]．QR コードを読み取ったユーザはその URL からホームページへアクセスができる．そのアクセスした WEB ページから，目的の情報を取得する．2 つ目は，スマートフォンと Bluetooth や Wi-Fi などの無線を通じで通信を行う方法である [8–10]．これはデジタルサイネージの目の前にいるユーザと直接通信を行い，情報のやり取りを行う．これらの方法では，全てのユーザが希望するデータをスマートフォンを通じて受け取ることができる．

しかし，これらの方法で，各個人が情報を受信する手段としては不向きである．なぜなら，QR コードを利用した方法では，自分宛の情報が存在しなくとも確認を行うために，アクセスをしなければならないという手間がある．また，Bluetooth や Wi-Fi による通信では，情報を伝達して

[1] 愛知工業大学経営情報科学研究科
Faculty of Departments and Graduate Schools, Aichi Institute of Technology, Toyota, Aichi 470-0392, Japan
[2] 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology, Toyota, Aichi 470-0392, Japan
[a)] yamayu@pluslab.org

© 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-DPS-175 No.21
Vol.2018-MBL-87 No.21
Vol.2018-ITS-73 No.21
2018/5/24

Length (1 Oct)	AD Type (1 Oct)	Company ID (2 Oct)	Beacon Type (2 Oct)	UUID (16 Oct)	Major (2 Oct)	Minor (2 Oct)	Tx Power (1 Oct)

図 1 iBeacon のフレームフォーマット

いない時でも，常時接続が必要になるため，スマートフォンのバッテリに影響を与えてしまうデメリットがある．そのため，個人宛の情報がある場合のみ，接続をし，データの受信を行う方式であることが望ましい．

そこで，Bluetooth Low Energy（BLE）及び，BLE ビーコンを用いて，特定の対象のみと接続を行う通信手段を提案する．スマートフォンは特定の BLE ビーコンのみを検知する動作が可能である．そして，特定の BLE ビーコンを検知した時のみ，BLE 通信を行う実装をする．また，この方法は，災害の影響により携帯通信が行えない状況において，非常時の連絡手段として応用が可能である．震災時には, 通信を行うための携帯基地局が正常に動作するとは限らない [11]. 活用例として，避難所内で特定の人物への伝言や，救援物資の情報を避難者のスマートフォンに転送するといったものである．災害時には, スマートフォンのバッテリの残量の維持が重要である [12]. BLE は低消費電力通信であるため，バッテリの消費を抑えた通信が可能である．

本研究では，デジタルサイネージの利用を想定した，バーチャル上の伝言板システムを提案する．メッセージの送信元のユーザは，デジタルサイネージとして利用されるメッセージサーバへメッセージの送信を行う．そして，宛先のユーザがメッセージサーバへ接近した時，メッセージサーバから宛先のユーザへメッセージの転送を行い，特定の個人へメッセージ転送が可能な仕組みを目的とする．本研究では，BLE および BLE ビーコンを利用したマイコンとスマートフォンの通信の実装を行い，提案方式の性能を評価する．

2. Bluetooth

Bluetooth とは，無線 LAN でも使われている 2.4GHz 帯の電波を使用して通信を行う規格である．通信規格名として，IEEE 802.15.1 と定められている．また，Bluetooth は，Bluetooth SIG（Special Internet Group）という団体によって規格の策定や Bluetooth の利用に対する認証が行われている．

2.1 Bluetooth Low Energy

BLE は Bluetooth4.0 にて規格された通信プロトコルである．従来の Bluetooth3.0 よりも消費電力が少ない．また，規格が全く異なるため，以前のバージョンとは互換性がない．具体的な違いには，チャネル数の減少，変調方式を 1 つに限定，パケットのサイズを減らす等により，消費電力の減少を実現している．また，BLE は，体重や体温など常時通信する必要のない通信に向いており，必要な時のみ通信を行うことでも省電力化を行う．このように，消費電力を大幅に低下させることによって，ボタン電池で数年の動作を可能にしている．BLE では Generic Attribute Profile（GATT）というプロファイルをベースとしたプロファイルを利用して通信を行なう．GATT ベースのプロファイルはあらかじめ定義されているものである．しかし，ユーザが自由に定義を行うことができる．すなわち，ユーザが通信時に行う処理を自由に決められるため，利用するアプリケーションに最適なプロファイルの作成ができる．Bluetooth3.0 でも GATT の利用はできるが，必須なプロファイルではない．以上の説明の通り，Bluetooth3.0 までが利用するプロファイルと Bluetooth4.0 が利用するプロファイルは異なるため，通信に互換性はない．

2.2 iBeacon

iBeacon とは，ビーコンの中でも iOS 用に定めた規格である．そもそもビーコンとは，アドバタイズのみを行うもので，データのやり取りはせず，自分の存在をアピールするのに用いられる．そのため，ビーコンは BLE のアドバタイジング型の通信に該当する．データのやり取りを行わないことで，コネクションを行う BLE 通信よりも，低消費電力で動作する．また，構造がシンプルなため，製造コストが低いといった特徴がある．ビーコンには iOS 用の iBeacon の他にも，Android 用の Eddystone がある．

iBeacon は主にビーコンとスマートフォンの位置測定の機能として利用される．iBeacon のフレームフォーマットを図 1 に示す．一番初めの Length はフレームの大きさを表す．AD Type はこのビーコンが製造者によって定義されたビーコンであることを表していて，次の Company ID で Apple 社の定義したビーコンであることを示す情報が入っている．Beacon Type は iBeacon では固定値であり，それに続く UUID，Major，Minor は識別番号である．iBeacon が発信するパケットには UUID という 128 ビットの識別番号が含まれており，さらに細かい識別のために Major と Minor というそれぞれ 16 ビットの値が存在する．最後の Tx Power は電波強度を表していて，これを用いることでビーコンからの位置を推定する．iBeacon は以上のような

© 2018 Information Processing Society of Japan

パケット情報を発信することで，アプリケーションはビーコンを検知し，位置情報の取得といった動作を行う．

アプリケーションは iBeacon の UUID と場合によっては Major と Minor の値を監視対象として設定を行うことで，ビーコンの検知が可能になる．アプリケーションで検知を行う iBeacon は，予め UUID の指定が必要であり，監視可能な iBeacon の UUID は最大 20 件である．すでに設定が行われている UUID については，iOS 上で監視を行うことができ，アプリケーションが起動していない状態でも，iBeacon の検知が可能になる．iOS のアプリケーションは以下の 4 種類の状態に該当する．

- 非実行
- フォアグラウンド
- バックグラウンド
- サスペンド

非実行はアプリケーションが起動されていない状態，フォアグラウンドはアプリケーションが画面に表示されて実行されている状態である．バックグラウンドは実行状態であるが，アプリケーション画面の表示はなく，フォアグラウンドからサスペンドに遷移する間の状態である．サスペンドはアプリケーションが画面に表示されず，実行もされていない状態である．メモリ不足時には，システムにより非実行へアプリケーションを移動させられることもある．アプリケーションが起動していない状態とは，サスペンドもしくは，非実行で一度は起動済みである状態のことを指す．アプリケーションが起動していない状態で iBeacon を検知した際，iBeacon を利用するアプリケーションがバックグランドで動作し，約 10 秒の間，アプリケーション側で実装されている処理を実行が可能になる．このように iBeacon をトリガーとして活用し，バックグラウンドで特定の処理を行うことができる．

アプリケーションから iBeacon の監視を行うには，Core Location フレームワークを利用する．iBeacon を検知したアプリケーションが得られるイベントを表 1 に示す．iBeacon を検知したアプリケーションが得られるイベントには didEnterRegion，didExitRegion，didRangeBeacons がある．didEnterRegion と didExitRegion は，ビーコンへの進入と退出時に通知が送られる．これらのイベントは，ビーコンの境界線に加え，システムで定義された緩衝距離を超えるまで通知の取得はしない．これは，ビーコンの境界線で連続した通知を受け取ることを防ぐためである．また，didEnterRegion はユーザが既に領域内に存在するときは呼び出されない．didRangeBeacons はユーザがビーコン内に存在するとき，ビーコンとの相対的な距離の計測を行い，距離に変化があった場合に通知を行うことができる．

以上のイベントをアプリケーションが得ることで，ビーコンからの距離などを測定し，位置情報を取得できる．iBeacon のメッセージを受信した iOS 端末は iBeacon デバイスとの距離を，Immediate（非常に近い），Near（近い），Far（遠い）の 3 段階で測ることができる．Immediate は至近距離，Near は 1〜3 メートル，Far は Near よりも遠いことを示す．また，距離検知ができなかった場合は Unknown（不明）となる．他にも，rssi（受信強度）や accuracy（距離の精度）の測定が可能である．このように iBeacon で距離推定を行い，GPS では測定が困難な屋内でも位置推定が可能になる．

表 1 iBeacon 検知時のイベント

イベント名	内容
didEnterRegion	iBeacon の領域への進入を検知
didExitRegion	iBeacon の領域からの退出を検知
didRangeBeacons	iBeacon との相対的な距離を測定

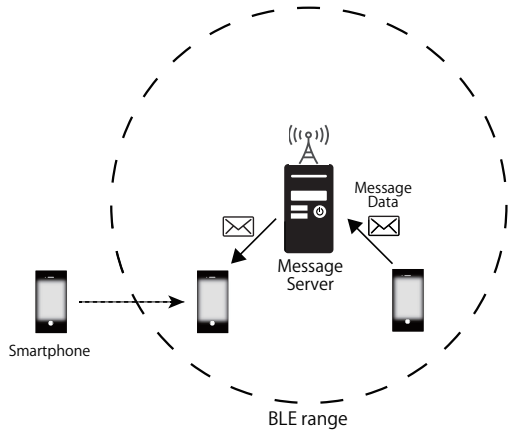


図 2 システムモデル

3. バーチャル伝言板システム

3.1 サービス概要

本研究では，デジタルサイネージであるメッセージサーバとスマートフォンによる，バーチャル伝言板システムを実現する．デジタルサイネージとスマートフォンにおける通信の問題として，スマートフォンの区別することなく，どのスマートフォンとも通信を行う点である．そこで，BLE 及び iBeacon を利用し，デジタルサイネージが特定のスマートフォンのみと通信する実装を行う．

提案システムの概要図を図 2 に示す．提案システムの流れを説明する．まず，前提条件として，メッセージを送受信するアプリケーションが各スマートフォンにインストールされているとする．メッセージ送信を行うユーザは，メッセージサーバにメッセージを送信する．メッセージサーバはメッセージを受信すると，自身のデータベースに宛先やメッセージ内容などのデータを保存する．宛先ユーザがメッセージサーバに接近した時，メッセージを宛先ユーザへ送信する．最後に，スマートフォンが受信したメッセージを宛先ユーザが確認できる．

© 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-DPS-175 No.21
Vol.2018-MBL-87 No.21
Vol.2018-ITS-73 No.21
2018/5/24

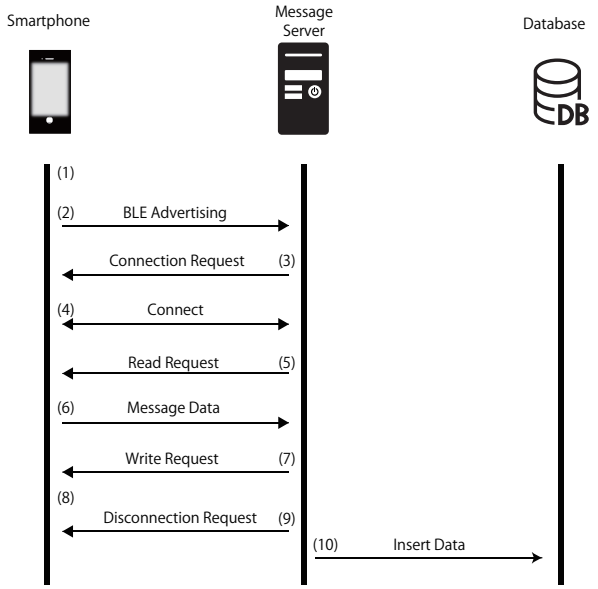


図 3 スマートフォンからのデータ収集プロセス

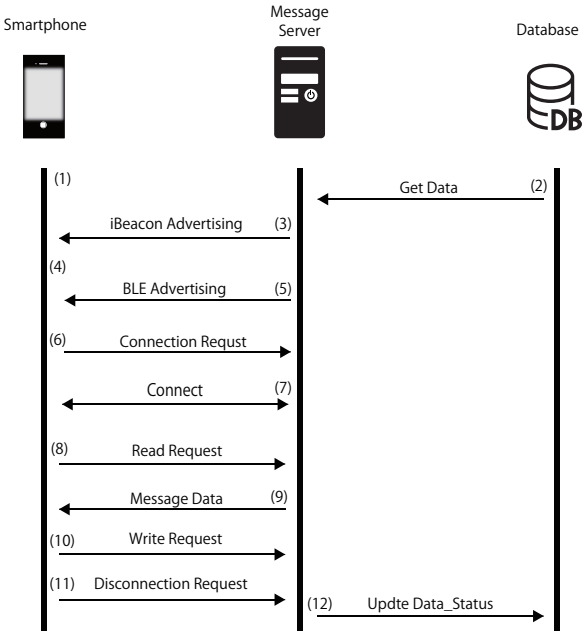


図 4 スマートフォンへのデータ配信プロセス

3.2 メッセージアプリケーション

メッセージサーバにメッセージの送受信を行うスマートフォンアプリケーションである．ユーザが入力したメッセージを BLE 通信を用いてメッセージサーバに送信する．また，メッセージサーバから BLE 通信でデータの受信を行う．受信の始めに，iBeacon の検知を利用しており，バックグラウンドでデータを受け取ることが可能である．iBeacon の検知にはスマートフォンの電話番号を元に UUID を作成する．アプリケーションは自身の UUID を監視することにより，自分宛のデータ通信時のみ，データの送受信を行う．

3.3 スマートフォンからのデータ収集プロセス

スマートフォンがメッセージデータを送信し，メッセージサーバがそのデータを収集するときの通信シーケンスを図 3 に示す．以下に，各シーケンスの説明をする．

(1) スマートフォンから送信するメッセージを入力し，送信ボタンを押す．ボタンを押した時，画面に送信したメッセージを表示する．
(2) スマートフォンはデータ送受信用の Characteristic を用意する．用意する Characteristic は，パケット情報，次にメッセージデータ，最後に送信確認のための 3 種類である．スマートフォンは BLE の Advertising パケットの発信を行う．
(3) メッセージサーバは Advertising パケットをスキャンし，スマートフォンに Connection Request を送信する．
(4) スマートフォンが Connection Request を受信し，メッセージサーバとのコネクションを確立する．
(5) メッセージサーバからスマートフォンへ Read Request を送信する．
(6) スマートフォンからメッセージサーバへパケット情報とメッセージデータを送信する．
(7) メッセージサーバは正常な受信の確認を行った際，スマートフォンへ Write Request を送信する．
(8) Write Request を受信したスマートフォンは，アプリケーションの画面にある送信したメッセージの横に，送信が完了したことを表示する．
(9) Write Request 送信後，メッセージサーバから Disconnection Request を送信し，通信を終了する．
(10) 通信終了後，メッセージサーバは受信したデータをデータベースへ登録を行う．

3.4 スマートフォンへのデータ配信プロセス

メッセージサーバがスマートフォンへデータを送信するときの通信シーケンスを図 4 に示す．スマートフォンが受信側になる場合は，通信の始めに iBeacon の検知を行ってから BLE の通信を始める．iBeacon がトリガーになることで，アプリケーションをバックグラウンドで起動させ，通信を行うことができる．この方法により，ユーザが受信時にアプリを起動させるなどの操作が必要なくなる．以下に，シーケンスの説明をする．

(1) スマートフォンの初回起動時に電話番号の設定を行う．電話番号をもとに Major と Minor の設定を行い，予め定められている iBeacon の UUID を合わせて監視を行う．
(2) データベースからメッセージサーバへパケット情報，メッセージデータを転送する．
(3) メッセージサーバは受け取った電話番号より，iBeacon の Major と Minor を設定し，iBeacon の Advertising

© 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-DPS-175 No.21
Vol.2018-MBL-87 No.21
Vol.2018-ITS-73 No.21
2018/5/24

表 2　実装環境

	OS	Bluetooth
iPod touch	iOS 11.0	バージョン 4.1
Raspberry Pi 3	Raspbian 9.1	バージョン 4.1

パケットを 1 秒間発信する．

(4) スマートフォンは iBeacon を検知し，バックグラウンドで BLE の Advertising パケットのスキャンを行う．
(5) メッセージサーバは iBeacon の発信が終了次第，BLE の Advertising パケットを発信する．この時，通信に用いる Characteristic を用意する．
(6) スマートフォンは Advertising パケットをスキャンして，メッセージサーバに Connection Request を送信する．
(7) メッセージサーバが Connection Request を受信し，スマートフォンとのコネクションが確立する．
(8) スマートフォンからメッセージサーバへ Read Request を送信する．
(9) メッセージサーバからスマートフォンへ，データベースから受け取ったパケット情報とメッセージデータを送信する．
(10) スマートフォンは正常な受信を確認した後，メッセージサーバへ Write request を送信する．その後，受信したメッセージがアプリケーション内で表示され，通知が行われる．
(11) Write Request 送信後，スマートフォンから Disconnection Request を送信し，通信を終了する．
(12) 通信終了後，データベースにあるデータのステータスを送信済みに設定する．

4. 実装

3 章では，メッセージサーバとスマートフォン間でメッセージを送受信するシステムの提案を行なった．この提案方式により，デジタルサイネージを利用したバーチャル上での伝言板システムを実現できる．本章ではスマートフォンとメッセージサーバの実装について説明する．スマートフォンのアプリケーションは，iPod touch 上で実装を行なった．また，メッセージサーバには Raspberry Pi 3 で実装を行なった．表 2 にデバイスの実装環境を示す．

スマートフォンとメッセージサーバの通信には BLE を利用した．BLE のデータの送受信に利用する Characteristic のデータサイズは 23 バイトである．しかし，BLE 通信を利用する端末が，より大きいデータサイズに対応するならば，サイズの変更が可能である．今回実装を行なったスマートフォンとメッセージサーバは 182 バイトのデータサイズに対応する．そのため，1 つの Characteristic のサイズは 182 バイトまで転送が行えるものとして実装を行なった．本研究で利用する Characteristic は 3 種類の用途がある．図 5 に Characteristic のデータ内容を示す．1 種類目はパケット情報用の Characteristic である．パケット情報の各属性について，表 3 に示す．パケット情報は主に，送受信を行う characteristic や送信先などの情報である．2 種類目の Characteristic はメッセージ用である．これは宛先に届けるメッセージデータである．送信を行うメッセージデータの大きさによって，メッセージ用 Characteristic の数が増える．データ文字コードには UTF-8 を利用しており，日本語は 1 文字 3 バイトであることが多いため，60 文字で区切り，順に Characteristic へ保存する．3 種類目はメッセージの送信が正常に動作したかを確認するための Characteristic である．受信側がパケット情報のパラメータとやりとりを行なった Characteristic の数を比較し，正常な送受信を確認した時，返信として送信側に Write Request を送信し，通信が完了したことを伝えるために利用する．

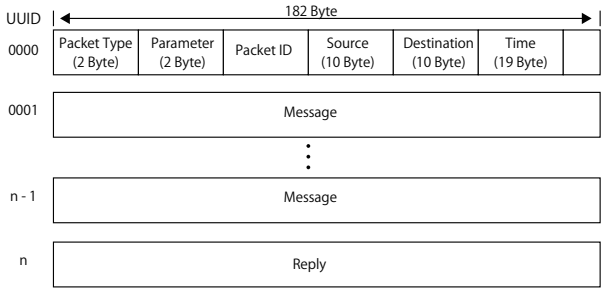


図 5　Characteristic の内容

表 3　パケット情報の各フィールド

Packet Type	メッセージサーバ用通信であることの識別
Parameter	通信に利用する Characteristic の個数
Packet ID	データの重複を防ぐ識別番号
Source	送信先電話番号
Destination	宛先電話番号
Time	送信元がメッセージを送信した時刻

4.1 メッセージ交換アプリケーション

アプリケーションの開発は Swift 3.2 で行なった．スマートフォンがメッセージサーバを通じて，相手のスマートフォンとメッセージの送受信を行うアプリケーションである．アプリケーションの初回起動時に，アプリケーションが Bluetooth，位置情報，連絡先，通知を利用するための許可を取得する．位置情報の許可は，iBeacon の検出に必要である．位置情報が許可されない場合，iBeacon の検知ができず，バックグラウンドでの受信が不可能になる．また，連絡先は，iOS のデフォルトでインストールされている連絡先アプリケーションから連絡先情報を読み取るために使用する．本アプリケーションでは連絡先アプリケーションから宛先名と電話番号を取得するため，許可が必要である．

本アプリケーションでは，端末の識別に電話番号を利用する．そのため，送受信を行う端末それぞれ電話番号が必

© 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-DPS-175 No.21
Vol.2018-MBL-87 No.21
Vol.2018-ITS-73 No.21
2018/5/24

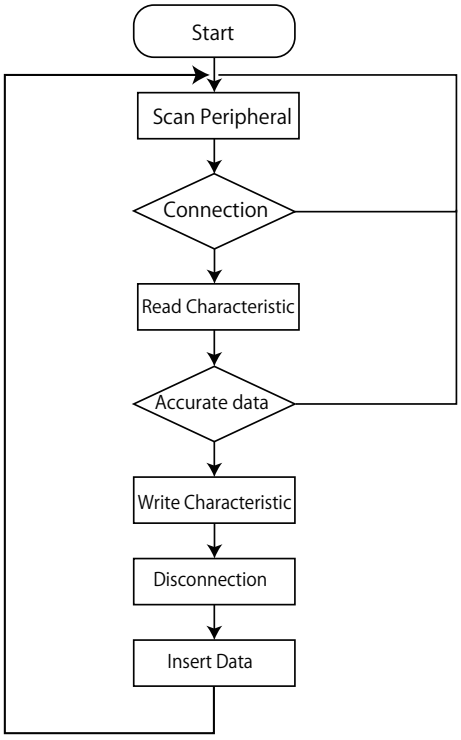


図 6 メッセージ受信時のフローチャート

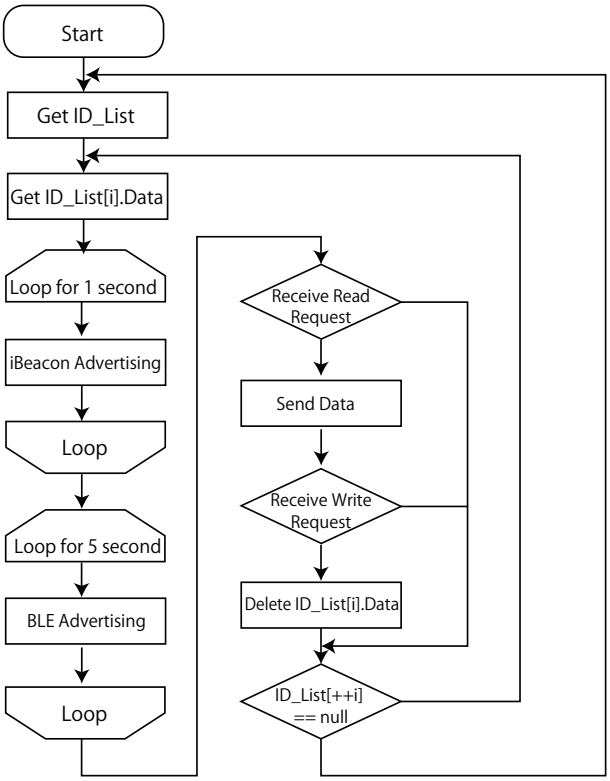


図 7 メッセージ受信時のフローチャート

要である．受信者，すなわち宛先の電話番号は iOS の標準の連絡先アプリケーションから取得を行う．また，送信者，すなわち自身の端末の電話番号の取得は，セキュリティ上の理由により，アプリケーションが OS から取得することが不可能である．したがって，ユーザの入力により電話番号の登録を行う．

メッセージの受信には iBeacon の検知を用いる．iBeacon により，バックグラウンドでの受信及び，自分宛のメッセージであることの検知を行うことができる．iBeacon の UUID は自身の電話番号を元に生成した値を用いる．監視対象の iBeacon を検知した時，BLE の接続を行い，メッセージサーバへ Read Request を送信する．そしてメッセージサーバから送られてきたデータを読み取り，パケット情報にあるパラメータと受信した Characteristic の数を比較する．正常な受信を確認できた時，Write Request を送信し，コネクションを切断する．

4.2 Raspberry Pi による情報収集・発信サービス

Raspberry Pi のソフトウェア実装には node.js を用いた．node.js のバージョンは 6.11.4 である．node.js には BLE を操作するためのモジュールである，Noble，Bleno が作成されている．Noble がセントラル用のモジュール，Bleno がペリフェラル用のモジュールである．メッセージ収集には Noble を，メッセージ配信には Bleno を利用する．また，収集したデータの管理を行うデータベースには Maria DB を利用する．Maria DB のバージョンは 10.1.23 である．

メッセージサーバがスマートフォンからのメッセージデータの受信を行うサービスを説明する．図 6 にフローチャートを示す．メッセージサーバは常にメッセージ受信用の UUID の監視を行う．対象の UUID を発見した時，スマートフォンと接続をする．接続が成功すると，スマートフォンへ Read Request の送信を行い，データの取得を行う．データを受信し，パケット情報のパラメータと比較し，正常な受信を確認出来次第，Write Request を送信する．その後，通信を終了し，受け取ったデータをデータベースへ登録を行う．また，データベースの管理用 ID のフィールドも一緒に登録を行う．通信終了後，メッセージサーバは次のメッセージの監視を再開する．

メッセージサーバがスマートフォンへメッセージを配信するサービスを説明する．図 7 にフローチャートを示す．メッセージサーバは，データベースから送信を行うデータの ID の一覧を取り出す．一覧から 1 つずつ ID を取り出し，該当する ID のデータを取り出す．取り出すデータは，パケットタイプ，パラメータ，パケット ID，送信元電話番号，送信先電話番号，メッセージである．送信先電話番号を元に，iBeacon の UUID の設定を行う．そして，iBeacon のアドバタイジングを 1 秒間行い，BLE のアドバタイジングを 5 秒間行う．スマートフォンと接続ができ，Read Request が届くと，Characteristic にパケット情報とメッセージデータを載せ，データを送信する．スマートフォンが正常な受信を確認すると，Write Request を送信する．Write Request を受信したメッセージサーバは，データベースから送信したデータの削除を行う．これらの

© 2018 Information Processing Society of Japan

表 4　データベースの各フィールドと役割

フィールド	タイプ	役割
ID	INT	データベースの登録番号
パケットタイプ	TINYINT	パケットの種類
パラメータ	INT	Characteristic の数
パケット ID	INT	メッセージ送信時の識別値
送信元電話番号	INT	送信側の電話番号
宛先電話番号	INT	受信側の電話番号
送信時刻	DATETIME	送信元のデータ送信時刻
メッセージ	TEXT	転送するメッセージの内容

表 5　フォアグラウンド時の処理時間

	1m	15m	30m
通信成功率	100%	99%	98%
通信処理時間	4.221sec	4.977sec	5.943sec

処理を ID 一覧の数だけ行い，全て処理が終了した時，また ID 一覧の取得をし，データの送信を繰り返す．

4.3　データベース

データベースにはメッセージのやり取りに必要なデータを保存する．表 4 にデータベースの各フィールドとその役割を示す．ID は，データベースにデータが登録された順に値を与える．パケットタイプは，データの種類を表しており，本研究ではメッセージサーバ間の通信を表す固定値である．パラメータは，通信に利用する characteristic の数を表す．パケット ID は，スマートフォンがメッセージ送信を行うときに生成するデータの識別子である．この値はスマートフォンが同じデータを受け取ることを防ぐために用いる．送信元と宛先の電話番号は，ユーザを識別に用いる．送信時刻は，スマートフォンがメッセージサーバへメッセージを送信したときの時刻である．メッセージはメッセージの内容を示している．送信先にデータの転送が完了した時，データベースから完了したデータの削除を行う．

4.4　評価

メッセージサーバであるマイコン 1 台とスマートフォンである iPod touch 3 台の通信による評価を行う．メッセージサーバからメッセージデータを配信し，100 件のデータを処理する時間を計測する．配信する順番として，配信先のスマートフォンを一つずつローテーションして配信を行う．また，配信するメッセージの内容としては日本語で 500 文字の送信を行う．メッセージサーバとスマートフォンの距離を 1m，15m，30m と変化させ，検証を行う．また，スマートフォンがフォアグラウンドの状態とバックグラウンドの状態で通信速度が異なるため，それぞれの状態で検証を行う．

表 5 にスマートフォンがフォアグラウンド時の，表 6 にスマートフォンがバックグラウンド時の検証結果を示す．

表 6　バックグラウンド時の処理時間

	1m	15m	30m
通信成功率	98%	96%	39%
通信処理時間	4.554sec	5.254sec	6.179sec

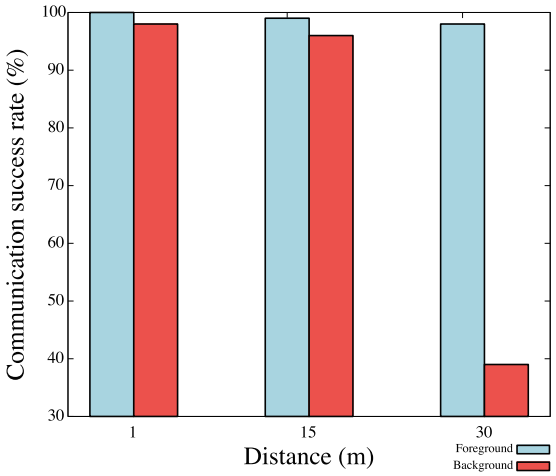


図 8　通信成功率

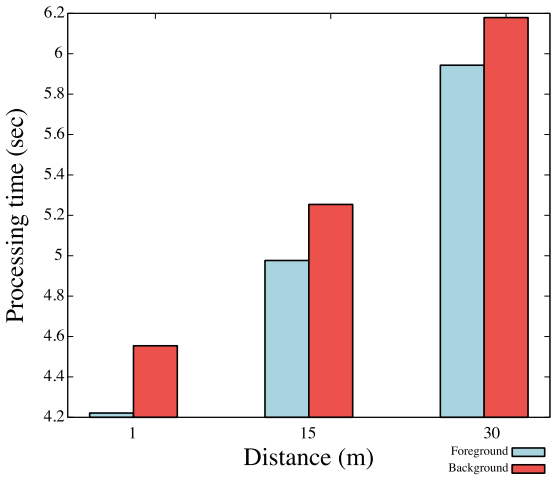


図 9　1 メッセージ当たりの通信処理時間

また，図 8,9 にそれぞれ通信成功率，1 メッセージ当たりの通信処理時間を示す．メッセージサーバとスマートフォンの距離が離れるほど，通信処理時間が伸びる結果となった．また，スマートフォンがバックグラウンドで動作している場合には，30m の距離がある時，通信の成功率が低下している．成功率低下の原因として，バックグラウンド時の iBeacon の検知間隔が，フォアグラウンド時よりも広くなるからである．そのため，距離が遠くなるほど，メッセージサーバの iBeacon アドバタイズと検知のタイミングが合わなくなり，通信成功率が低下している．しかし，本研究では，掲示板として利用するデジタルサイネージに通信機能を搭載することを想定している．そのため，想定の通信距離としては 5m 程度である．実験結果から，15m 以内であれば，通信の成功率は高いため，本研究の提案シス

© 2018 Information Processing Society of Japan

テムは優位性があることが確認できる．

通信処理時間については，1 メッセージ当たりのバックグラウンドの状態で 15m の距離がある時，約 5.3 秒であった．1 時間あたりの送信可能台数とすると，およそ 670 台である．無線通信としては速い速度ではないが，ユーザがデジタルサイネージに接近し，離れていく間に通信が可能であるため，通信速度としても，優位性があることが確認できる．

通信処理時間の短縮について考察を行う．本研究で利用した通信は iBeacon と BLE 通信の二種類である．今回，メッセージサーバは iBeacon のアドバタイズを 1 秒間行なっている．スマートフォンは iBeacon を検知した後，次に送られてくる BLE アドバタイズまで待機時間が発生する．そのため，iBeacon のアドバタイズ時間を短くすることにより，スマートフォンの待機時間が減少し，通信処理速度の短縮につながる．しかし，iBeacon のアドバタイズ時間を短くすると，iBeacon の検知率が低下してしまうため，最適な時間短縮方法ではないと言える．

次に BLE によるメッセージ通信について考える．通信文字数として 500 文字で通信を行なっていたが，実際の運用時には，伝言の内容として 500 文字分を転送することは少ない．したがって，文字数が減ることが予想されるため，通信処理時間も短くなる．また，BLE 自体で設定できるものとして，Connection Interval というものがある．これは，通信を行う時のパケットの送信頻度を設定するものである．Connection Interval の値を小さくすることで，通信処理時間を短くすることができる．しかし，今回実装を行なった API ではその機能は搭載されていなかったため，実現はできていない，そのため，Connection Interval の設定は今後の課題とする．

5. まとめ

本研究では，デジタルサイネージの利用を想定した，バーチャル上の伝言板システムを提案し，BLE 及び BLE ビーコンによる実装評価を行なった．提案により，メッセージの交換が可能であることが示され，通信処理速度と通信成功率から，伝言板サービスとして運用可能であることを確認した．今後の展望として，メッセージサーバとスマートフォンの通信処理時間の短縮の実現を目指す．

謝辞 本研究の一部は科研費 (15H02697, 17K00142)，日比科学技術振興財団研究助成の助成を受けたものである．記して謝意を表する．

参考文献

[1] Davies, N., Langheinrich, M., Clinch, S., Elhart, I., Friday, A., Kubitza, T. and Surajbali, B.: Personalisation and Privacy in Future Pervasive Display Networks, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 2357–2366 (online), DOI: 10.1145/2556288.2557287 (2014).

[2] Hasegawa, D., Abiko, S. and Sakuta, H.: Autonomous Mobile Digital Signage: Persuasiveness of Life-like Behaviors on Daily Zodiac Horoscope, *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, OzCHI '16, New York, NY, USA, ACM, pp. 150–154 (online), DOI: 10.1145/3010915.3010995 (2016).

[3] Khamis, M., Bulling, A. and Alt, F.: Tackling Challenges of Interactive Public Displays Using Gaze, *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp/ISWC'15 Adjunct, New York, NY, USA, ACM, pp. 763–766 (online), DOI: 10.1145/2800835.2807951 (2015).

[4] Lawyer, R. S.: Student Driven Digital Signage, *Proceedings of the 2015 ACM Annual Conference on SIGUCCS*, SIGUCCS '15, New York, NY, USA, ACM, pp. 133–135 (online), DOI: 10.1145/2815546.2815579 (2015).

[5] Nakajima, H., Suzuki, S., Tokunaga, T., Tanaka, K., Miyazaki, Y., Maruyama, K. and Nakamura, O.: Out-of-band authentication protocol for digital signage and smartphone interaction, *2016 IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics*, pp. 1–2 (online), DOI: 10.1109/GCCE.2016.7800428 (2016).

[6] Sethi, M., Oat, E., Di Francesco, M. and Aura, T.: Secure Bootstrapping of Cloud-managed Ubiquitous Displays, *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, UbiComp '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 739–750 (online), DOI: 10.1145/2632048.2632049 (2014).

[7] Gao, Z., Zhai, G. and Hu, C.: The Invisible QR Code, *Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Multimedia*, MM '15, New York, NY, USA, ACM, pp. 1047–1050 (online), DOI: 10.1145/2733373.2806398 (2015).

[8] Shinu Koshy, D. M. N. S. S.: Intellectual Signage: A New Method of Data Capture, *Volume 3 -Issue-8 8August 2016*, pp. 1878–1882 (2016).

[9] Chen, L. W., Ho, Y. F., Tsai, M. F., Chen, H. M. and Huang, C. F.: Cyber-Physical Signage Interacting With Gesture-Based Human-Machine Interfaces Through Mobile Cloud Computing, *IEEE Access*, Vol. 4, pp. 3951–3960 (online), DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2594799 (2016).

[10] Kim, S., Yoon, J., Kim, S., Kim, I. S., So, S., Kwak, N. S., Yun, Y. S., Eun, S. B. and Jung, J.: Design of On-offline Multilingual Support Digital Signage for Foreign Tourists, *Proceedings of the International Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems*, RACS '16, New York, NY, USA, ACM, pp. 247–248 (online), DOI: 10.1145/2987386.2987415 (2016).

[11] Bhattacharjee, S., Kanta, S., Modi, S., Paul, M. and DasBit, S.: Disaster messenger: An android based infrastructure less application for post disaster information exchange, *2016 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, pp. 1–5 (online), DOI: 10.1109/ANTS.2016.7947806 (2016).

[12] Kongsiriwattana, W. and Gardner-Stephen, P.: Smartphone battery-life short-fall in disaster response: Quantifying the gap, *2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, pp. 220–225 (online), DOI: 10.1109/GHTC.2016.7857284 (2016).

© 2018 Information Processing Society of Japan