

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 25 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500090

研究課題名(和文)DTNにおけるクラスタ型分散協調キャッシング方式に関する研究

研究課題名(英文)Study on a Cooperative Distributed Caching Method for DTN Clusters

研究代表者

石橋 勇人 (ISHIBASHI, Hayato)

大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授

研究者番号：70212925

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、3G/LTE/WiMAXのような遠距離向けの通信方式と、Wi-FiやBluetoothのような近距離向けの通信方式の両方が使用可能な携帯端末(スマートフォンなど)を対象とし、近隣に存在する携帯端末間で自律的に協調動作を行うことによって、通信回線やバッテリーなどの携帯端末のリソースを全体として効率的に利用可能とする方式を提案している。

研究成果の概要(英文)：This study proposed a method to efficiently utilize resources of a group of mobile phones as a whole cluster. A mobile phone is supposed to use long range communication technology such as 3G, LTE and WiMAX as well as short range communication technology such as Wi-Fi and Bluetooth. Mobile phones gathering in a relatively small area are making a cluster autonomously by a distributed manner and sharing their resources.

研究分野：計算機科学

キーワード：分散協調キャッシュ 携帯端末 資源共有 アドホックネットワーク

1. 研究開始当初の背景

近年、スマートフォンやタブレット等の携帯端末が急速に普及しており、極めて多数の人が何らかの携帯端末を所持する状況となっている。これらの携帯端末は、情報の取得やコミュニケーションに日常的に利用されており、たとえば、電車の車両内において、乗り合わせた乗客の多くが携帯端末を使用していることは珍しくない。

一方、携帯端末は限られた資源である電波を共有して通信を行う機器であり、それらが高密度に集結すると、インフラ側の端末収容能力が不足するために、満足に通信が行えない場合がある。大規模なイベントの会場やラッシュ時の駅等において、このような状況が見られる。

また、災害時における携帯端末の有用性は十分に認識されているところであるが、大規模災害においては公民館や学校の体育館のような避難所に多数の住民が集まることになり、これらの多くの人々が情報の取得や知人に対する連絡を試みることは必然である。このような状況においても、やはり上で述べたイベントや駅と同様に混雑による収容能力不足が発生し得る。さらに悪いことには、災害時には携帯端末の基地局側の設備が被災することによって、通常よりも収容可能な端末数が減少する可能性が高い。

通信状態が悪い状況下では、成功するまで接続・通信を繰り返す必要があるため、同じ情報を取得するにあたっては、良好な通信状況で行う場合よりもバッテリーの消費が増えるという問題もあり、特に災害時には電力消費を押さえることは重要である。

2. 研究の目的

収容能力の問題を解決するためには、携帯端末の動作を制御し、同時に通信しようとする端末台数を減らすことが効果的である。

ここで、携帯端末の仕様に目を向けると、現

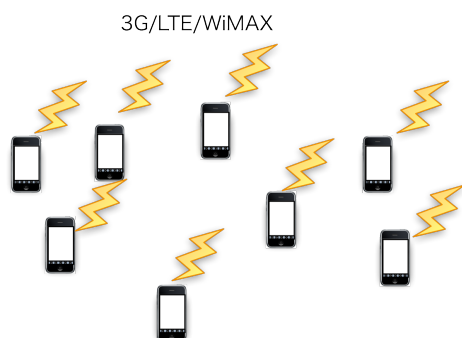


図 1

在の携帯端末は 3G や LTE, WiMAX といった(比較的)長距離通信が可能な通信手段と、Wi-Fi や Bluetooth のような近距離用の通信手段の両方を備えていることが一般的となっている。

そこで、図 1 のように、すべての携帯端末が長距離通信手段を用いて通信するのではなく、その一部のみが通信を行う代わりに、長距離通信手段による通信を行う端末はその他の携帯端末の代理として働き、得られた情報をそれらの携帯端末に配布するシステムを構成する(図 2)。

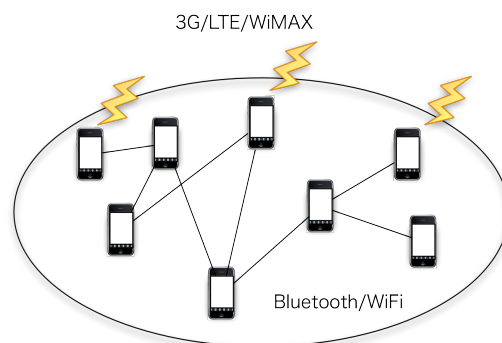


図 2

このようにすることで、図 2 の楕円で囲まれたクラスタ全体で見た場合の資源の利用効率を改善することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究では、上に述べた課題を解決するために、複数の携帯端末が相互に協調しながら遠距離通信方式を共有するための手法について研究協力者を含めて検討し、提案を行った。シミュレーションプログラムを作成して基本的な動作を確認した。

4. 研究成果

(1) 提案方式

本研究において提案する方式を、以下に簡単に述べる。

本方式は、3G や LTE, WiMAX などの遠距離通信が可能な通信方式(以下、遠距離通信方式と呼ぶ)と Wi-Fi や Bluetooth のような近距離通信が可能な方式(近距離通信方式と呼ぶ)の両者を備えた携帯端末を前提としている。遠距離通信方式は、(条件によって異なるが)一般に数 km 程度の通信が可能であり、インターネットへの通信が可能な回線であるとする。これに対して、近距離通信方式は 100m 程度の範囲をカバーする通信方式であり、そののみ

ではインターネットへの到達性(reachability)を持たないものとする。もちろん、近距離通信方式(Wi-Fi)を用いたインターネットへの通信がキャリア等のサービスとして提供されている場合もあり、提案方式においてもそのようなサービスを利用することは可能であるが、説明を簡単にするために、そのようなケースについては省略する。また、Wi-Fi をここでいう遠距離通信方式、Bluetooth を近距離通信方式としても構わないが、同様に簡単のために上のような(遠距離通信方式と近距離通信方式を対照的、相補的なものとして扱う)条件の下に方式について述べるものとする。

遠距離通信方式と近距離通信方式を備える多数の携帯端末が一定の範囲(近距離通信方式を用いて通信可能な程度)に集まっているとき、各端末が全く独立して遠距離通信方式を用いて通信を行うと、背景において述べたように、インフラの端末収容能力が不足することによって利用者の体験(experience)が大きく損なわれる結果になりやすい。そこで、各携帯端末が協調動作を行うことによって遠距離通信方式の混雑を回避することが提案方式の目的であった。この際、携帯端末が多数集合する場所は事前に予測できるとは限らないため、その場所に特殊な設備(サーバ等)を設置することは現実的ではない。このため、各携帯端末は自律分散的に協調動作を行う必要がある(要求1)。

携帯端末間の協調動作によって遠距離通信方式による通信を一定の制御下に置き、混雑の緩和を行うということは、すなわち、(任意の時点では)通信できない端末が発生することである。また、災害時など、特定のキャリアがダウンしたような場合には、比較的長時間にわたって継続的に遠距離通信方式による通信、すなわちインターネット接続が不可能な端末が生じることになる。こういった場合には、遠距離通信可能な端末が、そうでない端末の通信を代理で行うことによって、遠距離通信が不可能な端末であっても情報を獲得することが可能となる(要求2)。さらに、これによって、そもそも近距離通信方式しか持たないような携帯端末(Wi-Fi のみのタブレットなど)に対する情報提供へとサービス範囲を拡大することもできる。

また、代理通信によって情報を提供する際には、情報をキャッシュしておいて可能な場合には再利用することによって、別の端末からの要求の際に遠距離通信による通信量を抑制することが可能となる(要求3)。災害時においては、特に有用な情報は共有すべきであることが多いと考えられるため、このようなキャッシュは有効性が高い。

以下、各携帯端末(ノードと呼ぶ)の具体的な

動作を説明する。

① 端末情報のブロードキャスト

要求1、すなわち各携帯端末の自律的な動作を実現するために、各端末は自己のリソースに関する情報(状態)を、近距離通信方式を用いて一定時間毎にブロードキャストする。ブロードキャストされるメッセージには、各端末の、

- ・ 遠距離通信手段における通信速度
- ・ 近距離通信手段における通信速度
- ・ バッテリ残量
- ・ 中継ノード(後述)

の情報が含まれている。

ブロードキャストを受け取ったノードは、受け取った情報を送信元の情報とともに近隣ノードデータベース(NNDB)に格納する。このテーブルの各エントリには受信時刻を付与しておき、一定以上の時間更新されないエントリには削除予定フラグを立てる。削除予定フラグが立った後、さらに一定時間が経過しても更新がない場合には、エントリを完全に削除する。また、NNDBには自分自身のリソース情報も含めておき、定期的にも更新を行う。

② 中継ノードの選択

NNDB を更新したノードは、NNDB の中でもっとも“状態の良い”ノードを選択し、それを中継ノードとして記憶しておく。ただし、NNDB 中のノードの中継ノードが自身であった場合には、対象の選択肢からは除外する。もっとも状態の良いノードが自分自身であった場合には、自分自身を中継ノードとする。

③ 情報の取得

インターネットから情報を取得しようとするノードは、次の動作を行う。

- (i) 中継ノードが自分自身であった場合

④へ

- (ii) 中継ノードが自分自身でなかった場合

近距離通信方式を用いて中継ノードに対して情報の取得を依頼するメッセージを送信する

④ 中継ノードによる情報の取得

中継ノードが情報の取得を依頼された場合(自分自身からの要求である場合を含む)、次の動作を行う。

- (i) 自身のキャッシュ中にその情報があるかどうかを確認し、あればそれを返す
- (ii) なければ、取得したい情報のURLを中継ノードグループにマルチキャストする
 - (a) 肯定応答があれば、最初に得られた応答の送信元に情報を要求する

(b) なければ、③に基づいて情報の取得を行う

いずれの場合にも、得られた情報をキャッシュするとともに要求元へ転送する

なお、情報要求メッセージにはTTL(生存時間)を含めておき、中継ノードを経由する度にこの値を減じる。TTLが0になった場合、その時点での中継ノードが情報の取得を行うか、送信元に対して中継拒否メッセージを返す。これは、(1)中継メッセージのループを防ぐため、(2)遅延が大きくなりすぎるのを防ぐため、である。

(2) シミュレーション

シミュレーションの様子(一部)を図3に示す。

```
Generated Node#0010 at [77, 97]
Tue May 24 14:01:35 2016 Node#0010 started broadcast thread
Tue May 24 14:01:36 2016 Node#0011 settled at [1, 26]
Generated Node#0011 at [1, 26]
Tue May 24 14:01:36 2016 Node#0011 started broadcast thread
Tue May 24 14:01:36 2016 Node#0012 settled at [42, 51]
Generated Node#0012 at [42, 51]
Tue May 24 14:01:36 2016 Node#0012 started broadcast thread
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0000 broadcast
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0006 broadcast
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0010 received broadcast from Node#0006
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0007 broadcast
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0008 received broadcast from Node#0007
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0008 has Node#0007
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0008 selects new parent Node#0007
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0008 broadcast
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0007 received broadcast from Node#0008
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0007 has Node#0008
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0010 has Node#0006
Tue May 24 14:01:37 2016 Node#0010 selects new parent Node#0006
Tue May 24 14:01:38 2016 Node#0001 broadcast
Tue May 24 14:01:38 2016 Node#0013 settled at [0, 85]
Generated Node#0013 at [0, 85]
Tue May 24 14:01:38 2016 Node#0013 started broadcast thread
Tue May 24 14:01:39 2016 Node#0002 broadcast
Tue May 24 14:01:39 2016 Node#0012 received broadcast from Node#0002
Tue May 24 14:01:39 2016 Node#0012 has Node#0002
Tue May 24 14:01:39 2016 Node#0012 selects new parent Node#0002
```

図 3

(3) 今後の課題

研究課題の開始当初においては、遠距離通信方式が全携帯端末において完全に途絶する場合を考慮しており、その点をDTNネットワークを用いてカバーすることを想定していた。その際に念頭に置いていたのは、地下鉄のトンネル内や大規模災害時である。しかし、研究開始直後より地下鉄トンネル内における携帯端末の通信状況の改善が急速に進み、都市部では(ある程度の制限は受けるとしても)通信が完全に途絶する状況は見られなくなってきている。また、災害時においても、近年の整備状況から考えて、完全にすべてのキャリアが長時間にわたって使用不可になるケースは

多くないと思われる(また、そのような場合には別の困難さが生じる)。そこで、研究課題の進捗ならびにそれを取り巻く現実の状況から判断される優先度に鑑みて、完全なる通信途絶は今回の提案方式には含めないこととした。しかしながら、提案方式が稼働する携帯端末の集中するエリアとそれ以外との間をDTN方式で接続することはある程度独立した形で可能であると考えられるため、そのような形で本研究の拡張を図ることは可能であろう。また、今回は基本的な方式の確認に終わることとなったが、詳細な性能評価や実機への実装は今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石橋 勇人 (ISHIBASHI, Hayato)

大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授

研究者番号: 70212925

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

松浦 敏雄 (MATSUURA, Toshio)
大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授
研究者番号：40127296

安倍 広多 (ABE, Kota)
大阪市立大学・大学院創造都市研究科・教授
研究者番号：40291603

(4) 研究協力者

郭 仕祥 (Guō, Shì Xiáng)