

車々間アドホックネットワークにおける車両の移動特性を考慮した位置依存情報複製配布方式に関する検討

山中麻理子[†] 鈴木望[†] 土田元[‡] 石原進[†]

[†] 静岡大学工学部 [‡] 静岡大学大学院理工学研究科

1 はじめに

無線アドホックネットワークは、無線端末のみで動的にネットワークを構成し、直接通信不可の端末とも他の端末を中継することにより通信を可能とする技術である。アドホックネットワークはインフラが利用不可の時でもネットワークを構築することができるため、災害時や車々間通信などでの利用が期待されている。しかし、端末のみでネットワークを構成するという性質上、端末の移動によるトポロジの変化により端末間の接続性が保証されず、以前利用可能であった情報にアクセスできなくなってしまう可能性がある(図1)。

この問題点を改善するための方法として、ネットワーク内の端末に複製を配布し、複数の端末で情報を保持することによって情報の可用性を高める複製配布方式がある。筆者らは、位置に関連付けられた情報である位置依存情報を扱うことを仮定し、端末の有限な記憶容量を考慮に入れた複製配布方式として Skip Copy (SC) 方式を提案している [1]。しかし、市街地における道路交通情報や街角情報のような位置依存情報を扱う車々間通信を想定した場合、SC 方式では道路の構造に関係なく、情報生成後直ちに複製の配布を行うため、中継端末がちょうど交差点にいる場合を除き、車両の前方または後方にしか複製を配布することができない。そこで本論文では道路の構造を考慮し、複製配布のタイミングに注目した複製配布方式を提案する。

2 車々間通信を想定した複製配布方式

2.1 道路構造と車両の移動特性

市街地における車々間通信を想定した場合、道路構造は交差点と交差点以外の大きく2つに分けられる。これらの違いによる車両の相対速度や進行方向には表1のような違いがある。

交差点以外の道路では同じ車線にいる車両との相対速度は小さいが、対向車線にいる車両との相対速度は大きい。そのため、通信中に経路断絶が起こり、安定した通信ができない可能性がある。さらに車両の移動方向が前後に限られているため、レーンに沿った方向にしか

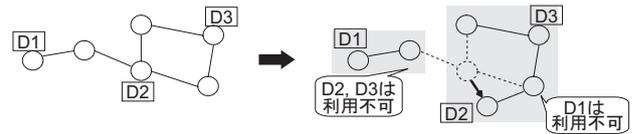
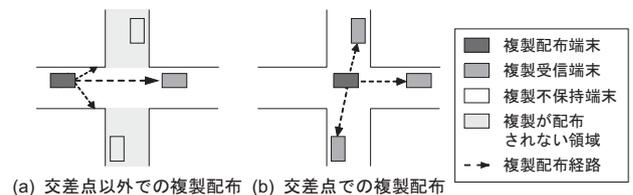


図1: アドホックネットワークの問題点



(a) 交差点以外での複製配布 (b) 交差点での複製配布

図2: 複製配布位置における配布状況の違い

表1: 道路構造による車両の移動特性の違い

	交差点以外の道路		交差点
	同じ車線	対向車線	交差している車線
相対速度	小	大	中
進行方向	前	後	左右

複製を配布することができない(図2(a))。

一方交差点では、レーンに沿った方向に加え、交差する方向にも複製を配布することができる(図2(b))。さらに、交差する車線にいる車両との相対速度は、対向車線にいる車両との相対速度よりも小さくなるため、通信の成功率が高くなる。また、車線数の増加に伴い車両密度も大きくなるため、通信中の経路断絶が起こりにくくなると考えられる。

以上のことから、相対速度や車両密度、複製配布方向を考えた場合、複製配布を行うには交差点が適していると考えられる。

2.2 オリジナルの SC 方式の問題点

SC 方式では、位置依存情報への要求が、その情報に関連付けられた位置に対する Geocast によって行われることを前提とする。各端末は位置依存情報生成後、直ちに複製配布範囲内の周辺端末に複製を配布し、複製配布端末から S ホップごとの端末に複製を保持させる。そして、その情報に対する要求への応答時に複製配布時と同様のルールに従って複製の再配置を行う。そのため、要求頻度の高い情報ほどより多くの端末が複製を保持し、要求頻度の低い情報の複製はあまり保持されなくなる。こうすることで、端末の記憶容量を有効に利用しながら位置依存情報を情報の発生源周辺に留め、情報の可用性を高めている。しかし、市街地における車々間通信を想定した場合、SC 方式では道路の構

A study of position-dependent information distribution on ad hoc networks in consideration of the characteristics of vehicle movement

Mariko YAMANAKA[†], Nozomi SUZUKI[†], Gen TSUCHIDA[‡], and Susumu ISHIHARA[†]

[†] Faculty of Engineering, Shizuoka University

[‡] Graduate School of Science and Engineering

造に関係なく、情報生成後直ちに複製配布を行うため、端末が交差点以外にいるときには図2(a)のように複製が配布されない領域ができてしまう。また、車々間通信では端末の移動速度が大きいため、要求が来てから複製の再配置を行うという方式では情報発生源周辺に複製を配置しておくことは難しく、情報に対するアクセス成功率が低下してしまうと考えられる。これらの問題点を解決するために、道路の構造を考慮に入れた Road-aware SC (RSC) 方式を提案する。

2.3 RSC 方式

SC 方式では、各端末は情報生成・受信後直ちに複製配布を行うが、RSC 方式では、端末が交差点に到達するまで配布を延期し、交差点において1ホップのブロードキャストにより複製配布を行う。また、RSC 方式では端末が複製を受信後、その有効期限内の間に最初に到達した複製配布範囲内の交差点において複製配布を行うことで、情報発生源周辺に情報の複製を配置する。この方法では、要求頻度の高低に関わらず複製の配布が行われ、要求頻度の低い情報も配布され続けてしまう。しかし、車々間通信を想定した場合、端末の記憶容量は十分に確保できると考えられるため、SC 方式で行われている複製の再配置は行わない。

複製配布処理の疑似コードを図3に示す。第1~6行は情報生成時、第8~30行は複製受信時の処理を示している。また、第32~42行は、交差点に到達するか、複製受信後、最大複製配布遅延時間 T_{max} が経過するまで複製配布を延期する処理である。 T_{max} は、交差点間距離や車両の走行速度に応じて動的に与えるのが適当と考える。なお、RSC 方式においても、情報の要求・応答はオリジナルの SC 方式と同様のルールで行う。

2.3.1 情報生成時・受信時の処理

情報生成端末は、生成後直ちに複製配布を行い(図4-端末A)、その後交差点に到達するまで配布を延期し、交差点において再び複製配布を行う(図34~5行)。

有効期限内の複製を新たに受信した端末は、その後の移動方向(情報発生源に近づく/情報発生源から遠ざかる)に応じて、複製配布範囲内において複製配布処理を行う。複製受信端末が情報発生源から遠ざかる場合には、全ての受信端末が交差点に到達するまで配布の延期を行う(図4-端末B, B')。一方、情報発生源に近づく場合には、全ての端末が複製受信後直ちに複製配布を行い(図4-端末C)、その中の複製保持端末(後述)のみが交差点に到達するまで配布の延期を行った後、再び複製配布を行う(図314~22行)。ここで、再び複製配布を行う端末を限定するのは、複製受信後直ちに複製配布を行うため、多くの端末が複製を受信することになり(図4-端末C~F)、これらの端末全てが再び複製配布を行うことで、複製配布時に膨大なトラフィックを生じてしまうのを防ぐためである。また、情報生成時・複製受信時に直ちに複製配布を行うのは、端末の進行方向とは異なる方向になるべく広く複製を配布するためである。

```

1: // Replica distribution after data generation
2: distAfterGeneration(data){
3:   data.hop = 0;
4:   broadcast(data);
5:   delayedDist(data);
6: }
7:
8: // Distribution of Received Replica
9: distAfterReceive(data){
10:  data.hop++;
11:  if (now() < data.expire
12:      && notReceivedYet(data)
13:      && insideDistRegion(data)) {
14:    if (isLeaving(data.originalLocation)) {
15:      delayedDist(data);
16:    } else {
17:      broadcast(data);
18:      if (data.hop mod S == 0) {
19:        delayedDist(data);
20:      }
21:    }
22:  }
23:  if (data.hop mod S == 0) {
24:    copyToLocal(data);
25:  } else {
26:    discard(data);
27:  }
28: }
29:
30: // Delayed Replica Distribution
31: delayedDist(data){
32:   Delay T = 0;
33:   while (isAtCrossing() && T < Tmax) {
34:     sleep(DELAY);
35:     T += DELAY;
36:   }
37:   if (insideDistRegion(data)) {
38:     broadcast(data);
39:   }
40: }

```

図3: 疑似コード

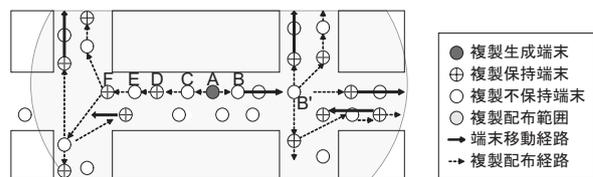


図4: 複製配布イメージ ($S=2$)

2.3.2 複製保持端末の決定

RSC 方式では、複製を受信した全ての端末が複製を保持した場合、先に述べた複製配布時のトラフィックに加え、要求応答時のトラフィックも増大してしまう。そこで、SC 方式と同様、正の整数である複製保持密度決定パラメータ S に従って複製を保持する端末(複製保持端末)を決定する。複製受信端末のうち、情報生成端末から S ホップごとの端末は、受信した複製を保持する(図310~12行)。こうすることで複製配布を行う端末を限定し、無駄なトラフィックを削減することができ、また、記憶容量の利用効率もよくなると考えられる。

3 まとめ

本論文では、車々間通信を想定した位置依存情報複製配布方式である RSC 方式を提案した。この方式は、道路構造による車両の移動特性の違いに注目し、より広範囲に複製を配布するために交差点において複製配布を行う。それによって情報発生源周辺に複製を配置させておくことができ、情報に対するアクセス成功率を高めることができると考えられる。今後は、実際の地図データを用いた移動モデルによるシミュレーションにより評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 土田他: “無線アドホックネットワークにおける位置依存情報複製配布手法,” 信学論, Vol. J88-B, No.11, pp.2214-2227 (2005).