

# 時空間における唯一性を利用したアドレッシングに関する一検討 Spatio-Temporal Addressing for Mobile Ad Hoc Networks

† 山崎 浩輔  
Kosuke YAMAZAKI

† 東京大学 大学院 情報理工学系研究科  
Graduate School of Information Science and  
Technology, The University of Tokyo

‡ 瀬崎 薫  
Kaoru SEZAKI

‡ 東京大学空間情報科学研究センター  
Center for Spatial Information Science,  
The University of Tokyo

## 1 まえがき

モバイルアドホックネットワークにおいて、ネットワークを構成する際に必要とされる各端末へのアドレスの割り当て(アドレッシング)に注目が集まっている。アドレッシングにおける問題点として、モバイルアドホックネットワークのような自律分散的で全体像の把握が困難であるネットワークでは、割り当てられたアドレスの一意性の確保が困難であることが挙げられる。そこで我々はアドレッシングの手法として、各端末の位置情報及び時刻情報を基にアドレスを生成する時空間アドレス(Spatio-Temporal Address, 以下 STA)を提案した[1]。STAを用いることにより、衝突検知は同一の時空間情報を持ち得る近隣端末との間のみに限定され、衝突検知のためのネットワーク全体への負荷を大きく軽減することが可能となる。

STAではアドレスに必須である一意性を確保するために、位置情報だけでなく時刻情報も加味し、総合的に時空間情報として用いる。現在までの検討の結果、STAを用いることによって、迅速かつ効率的なアドレス割り当ての収束が確認された[1]。

STAの割り当て動作は、まずSTAを取得する端末(スタータ)が現在地と現時刻からSTAを算出する。次に算出したSTAが近隣の端末と重複していないかを確認するために、このSTAを記載した割り当て要求(Allocation REQuest, 以下 AREQ)を隣接端末(リゾルバ)へブロードキャストする。受信したリゾルバは自身のSTAとAREQ上のSTAを比較し、衝突がなければエラービットを立てずに割り当て応答(Allocation REPLY, 以下 AREP)を返信する。衝突が発生していればエラービットをセットしてAREPを返信する。スタータは最初にAREQを送信する際に待ち時間を設定し、待ち状態に入る。この待ち時間内に収集されたAREPにエラービットをセットされたものが含まれていれば、待ち時間終了後に再度その時点でのSTAを算出して同じ動作を繰り返す。含まれていなければ、一意性が確保されたとして当初のSTAを自身のアドレスとしてセットする。

STAの特長としては、「物理的な物体は同位置に同時に存在し得ない」ことからくる一意性がある。また、IP

アドレスのような論理的なアドレスとは異なり、モバイルアドホックネットワークのようなフラットでかつ自律分散的なネットワークにおいても、地理的経路制御手法を用いることにより、経路制御可能なアドレスとして機能することが挙げられる。またさらに、アドレス割り当てに際してネットワーク全体に与える負荷が低いことから、ネットワークを利用する時のみアドレスを使用するといった使い方も可能である。

しかしながら、STAにもやはりアドレス長という制限が存在するため、自然、そこに含まれる時空間情報にも粒度という制限が存在する。時空間情報の粒度に制限が存在した場合、その粒度にも依るが、同一の時空間情報を保持する端末が複数存在する可能性がある。

そこで本稿では、位置情報の粒度、及び時刻情報の粒度を変化させることによって、STAに対してどの程度の影響が発生するかを計算機シミュレーションによって検討する。結果、粒度が低下した場合には上述の衝突検知のみでは解決されない重複STAが観測されたが、それらを解決する手法として一意性が確認されたSTAをスタータが再度近隣端末にブロードキャストする「STAレポート」及び、一度設定したSTAをその移動度に基づいて更新する「STA更新」を提案し、それらによってSTAの一意性が完全に保証されることを確認した。

## 2 STA レポート

一連の計算機シミュレーションから前述の重複検知では完全にSTAの一意性が確認できない現象が確認された。またスタータの待ち時間をより長く設定した場合に重複検知の性能が改善された。

考え得る要因としては、AREPが全て返信される前にスタータが待ち時間を終了し、STAを決定してしまう可能性がある。これはパケットの衝突やパケットキューイングの問題が原因であると考えられる。この場合にはSTAが決定した時点で各スタータが使用するSTAを報告(STAレポート)することによって、周辺端末が逆に衝突を検知することが可能であると考えられる。このSTAレポート機能を付加した場合に関しても計算機シミュレーションを行ない、STAの設定を行なった後、レポートパケットを

送信することによって重複 STA の発生を大幅に減少させることが可能となったことを確認した。

しかしながら、依然重複した STA は存在しており、これらの原因としては STA の未更新が考えられる。STA は時空間情報を基本情報として用いるため、更新を行わない場合には実際の位置と STA の指し示す位置の乖離が問題となる。特に一意性という観点から見ると、ある STA を取得した端末が長期にわたりその STA を更新しない場合、特に時刻情報の粒度が粗い場合には、保持している STA の指し示す領域が自身の通信半径から外れることも考えられ、つまりは新たにその領域で STA を取得しようとする端末との衝突検知が不可能になってしまう。結果、新たに取得した端末との間に重複した STA が発生してしまう。

### 3 STA 更新

STA を設定する際には前節まで述べたように、AREQ を周辺端末にブロードキャストすることによって衝突検知を行なう。そのため、衝突検知を適切に実行するためには、自身の STA が指し示す領域が常に通信半径内に収まっている必要がある。図 1 に例を示す。

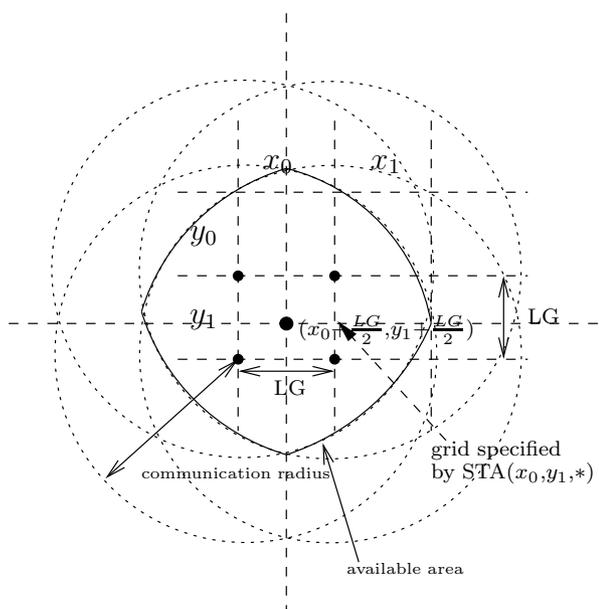


図 1: STA 更新 (位置情報の粒度:  $LG$ )

図 1 において、破線で示されたグリッドは位置情報の粒度を示し、中心のグリッドが現在 STA が指し示す領域であるとする。破線で示された円を当該端末の通信半径であるとする、常に STA が指し示す領域を通信半径内に収めるためには、図中実線で囲まれた領域に端末が存

在する必要がある。よって、各端末は次式を常に満たす必要がある。

$$(x, y) = \begin{cases} (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq CR^2 \\ (x \geq x_0 + \frac{LG}{2}, y \geq y_0 + \frac{LG}{2}) \\ (x - x_0)^2 + (y - y_0 - LG)^2 \leq CR^2 \\ (x \geq x_0 + \frac{LG}{2}, y \leq y_0 + \frac{LG}{2}) \\ (x - x_0 - LG)^2 + (y - y_0)^2 \leq CR^2 \\ (x \leq x_0 + \frac{LG}{2}, y \geq y_0 + \frac{LG}{2}) \\ (x - x_0 - LG)^2 + (y - y_0 - LG)^2 \leq CR^2 \\ (x \leq x_0 + \frac{LG}{2}, y \leq y_0 + \frac{LG}{2}) \end{cases}$$

ここで、 $(x_0, y_0)$  は、STA  $(x_0, y_0, *)$  が指し示す領域の起点である。また  $(x_0 + \frac{LG}{2}, y_0 + \frac{LG}{2})$  は、STA の示す領域の中心点である。つまり、STA  $(x_0, y_0, *)$  を保持する端末は上式を満たさなくなった時点で STA を更新することにより、常に STA が指し示す領域内の端末と通信を行なうことが可能となる。

本更新手法を用いることにより、それぞれの STA は時々刻々と更新され、完全に一意性が達成されることを計算機シミュレーションによって確認した。

### 4 まとめと今後の課題

本稿では、端末の時空間情報を基にアドレスを生成する STA に関して、その基本情報となる時空間情報に粒度が存在した場合の問題点について考察した。STA のアドレス長が有限であることを考えると、そこに含まれる時空間情報にも一定の粒度が発生することは不可避であり、端末が密集した場合には同一の時空間情報を持つ場合が考えられる。しかし、本稿で提案した STA レポートや STA 更新を用いることにより、例え時空間情報の粒度が粗い場合にも一意性を確保することが可能である。

今後の課題としては、より迅速な STA の収束が挙げられる。本稿で提案した STA レポートや STA の更新によっても一意性の確保は可能であるが、端末数が増加するに従い収束までの時間も延長され、かつ収束するであろう時間の予測も困難である。また、実際に STA を用いた通信が開始された場合、本稿で提案した手法によってアドレスを更新するとセッションが頻繁に切断されてしまう恐れがある。よって、STA の更新をさらに様々な要因を加味しながら設計する必要がある。

### 参考文献

[1] 山崎, 瀬崎: “時空間での唯一性を利用したアドレッシングに関する一検討”, 信学技報 NS (2004).