

路車間通信における無線リソースの最小化に関する検討

山田 潤^{†1} 山口 弘純^{†1} 東野 輝夫^{†1}
浦山 博史^{†2} 山田 雅也^{†2}
前野 誉^{†3} 高井 峰生^{†4,†5}

近年、安全運転支援通信システムの開発が世界各地で行われている。日本においては、2007年11月に総務省から地上アナログテレビジョンのデジタル化に伴う周波数の再分配が発表され、710–730MHzのうち10MHzをITS用に割り当てることが報道された。この限られた利用可能帯域幅において路車間及び車車間通信を共用するため、本研究では路車間通信の無線リソースを最小化するための路側機のTDMAスケジューリングアルゴリズムを検討し、いくつかのシナリオを用いた評価を行う。

A Study on Optimizing TDMA Scheduling in Roadside-to-Vehicle Communication

JUN YAMADA,^{†1} HIROZUMI YAMAGUCHI,^{†1}
TERUO HIGASHINO,^{†1} HIROSHI URAYAMA,^{†2}
MASAYA YAMADA,^{†2} TAKA MAENO^{†3}
and MINEO TAKAI^{†4,†5}

Recently, driving safety support systems (DSSSs) are developed all over the world. In November 2007, the Ministry of Internal Affairs and Communications in Japan announced frequency redistribution due to changing analogue to digital broadcasting and bandwidth of 10MHz between 710 and 730MHz is assigned to ITS services. In order to maximize the utility of limited bandwidth for coexistence of roadside-to-vehicle and vehicle-to-vehicle communications, we propose a TDMA scheduling algorithm applied to road side units that interfere with each other. We have evaluated the performance of the algorithm and have confirmed that our approach could achieve much better scheduling than the conventional methods.

1. 背景と目的

近年、交通事故を削減する一つ的手段として、図1に示すような路車間、車車間通信による安全運転支援通信システムの開発が世界各地で行われている^{1)–3)}。そのコンセプトは、見通しの悪い交差点等で無線通信を用いて車両同士、もしくは車両とインフラシステムとが情報交換することにより安全運転を支援するものである。

日本では、ETCなどITS用周波数帯として5.8GHz帯が主に用いられてきた。また、この周波数を用いた車車間通信の検討も行われている⁴⁾。一方、2007年11月に総務省から地上アナログテレビジョンのデジタル化に伴う周波数の再分配について発表され、710–730MHzのうち10MHzをITS用に割り当てることが報道された⁵⁾。従来の5.8GHzより低い周波数を用いる理由の一つは、特に一般道における見通しの悪い場所でのサービスエリアの拡大にある。しかし、帯域幅が5.8GHz帯の7分の1であり、この限られた帯域の中で車車間通信と路車間通信を両立させることが課題となっている。

その対策案として、路車間通信と車車間通信の通信期間を時間的に分ける通信方式が提案されている⁶⁾。この手法では、図2に示すように、路側機(Road Side Unit、以下、RSU)同士は同期しており、TDMA方式により路車間通信期間に通信を行い、車両は路車間通信期間以外の期間(車車間通信期間)にCSMA方式により自車両に関する情報を送信する。RSUは路車間通信期間の情報を信号機やセンサー情報等の安全運転支援に関する情報と共に送信する。そして、それを受信したRSU周辺の車両は路車間通信期間を避けて、事故防止のために自車両の存在を知らせる位置情報等を車車間通信で送信すると同時に、路車間通信期間の情報も送信(転送)する。

このようにTDMA、CSMA方式を用いて路車間通信、および車車間通信の期間を分割することで、回避が困難であった、RSUの情報を直接受信できない車両、いわゆる「隠れ

^{†1} 大阪大学

Osaka University

^{†2} 住友電気工業(株)

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

^{†3} スペースタイムエンジニアリング

Space Time Engineering

^{†4} カリフォルニア大学ロサンゼルス校

University of California, Los Angeles

^{†5} 早稲田大学

Waseda University

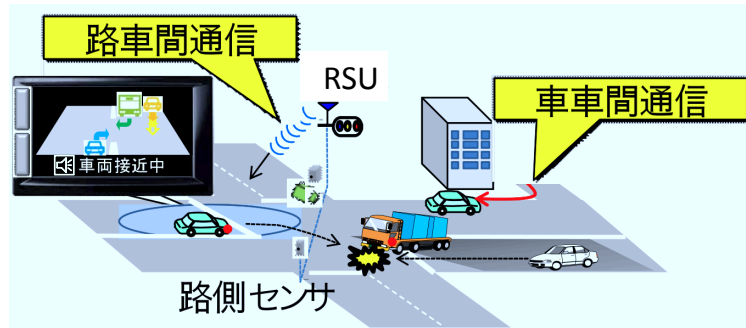


図 1 路車間通信, 車車間通信のイメージ
 Fig. 1 Road-to-Vehicle and Vehicle-to-Vehicle Communication

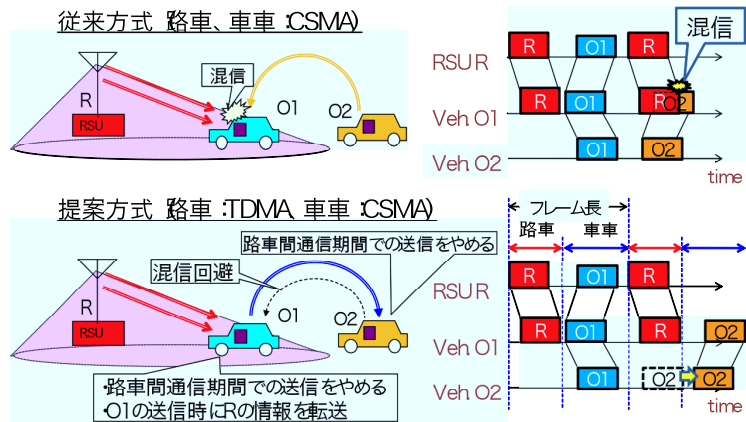


図 2 路車, 車車共用通信方式
 Fig. 2 Road-to-Vehicle and Vehicle-to-Vehicle Coexistence

端末車両」による路車間通信と車車間通信の混信の回避が期待できる。

しかし、本提案方式は車車間および、路車間の通信周期 100ms 毎のうち、路車間通信で必要なタイムスロットを確保した残りの部分で車車間通信を行うため、路車間通信期間が大きくなると車車間通信期間を圧迫することになる (図 3)。RSU は一般に交差点付近に

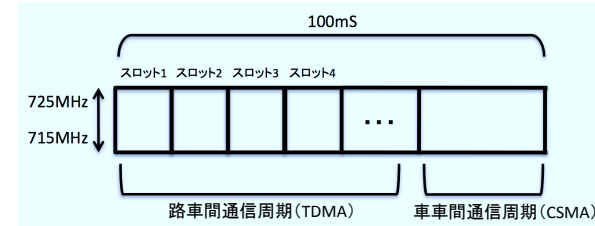


図 3 各通信期間の割り当て
 Fig. 3 Road-to-Vehicle and Vehicle-to-Vehicle period assignment

設置されることが多いが、特に都市部では、道路の密度が高い (多くの交差点が存在することから、単純な割り当てでは RSU 間の干渉を避けるための路車間通信のタイムスロット数が増加する傾向にある。この状況を回避するために、路車間通信で全 RSU が利用するタイムスロット総数の最小化や路車間通信のデータ量圧縮などが必要となる。

本研究では、路車間及び車車間通信の共用の実現に向けて、路車間通信で全 RSU が利用するタイムスロット総数を最小化するための、各 RSU への適切なタイムスロットの割り当てに関するアルゴリズムを検討する。

2. 路車間通信における TDMA スケジューリング

路車間通信のためには RSU を街路 (主に交差点) に配置し、情報提供の対象となる交差点周辺に定義されるサービスエリアを通行する車両に情報配信をできるだけ確実にしたい。しかし、サービスエリアは主要交差点ごとに設定されることが多く、それらの交差点に RSU を配置する場合は、周辺の RSU との通信干渉を回避するように各 RSU が利用するタイムスロット番号を決定しなければならない。また、前章でも述べたように、周波数帯域が有限であるため、ITS 用帯域に占める路車間通信のタイムスロット数をなるべく少なくできれば、残りの期間を用いた他サービス (車車間通信など) が実現できる可能性がある。本章では指定されたサービスエリアをカバーするような RSU の配置ならびにタイムスロットスケジューリングを行う問題を定義する。そのもとで、RSU の配置がわかっている場合における効率の良いアルゴリズムを検討する。

2.1 問題定義

タイムスロット数最小化問題を解くアルゴリズムを設計するため、対象とする問題を形式的に定義する。

アルゴリズムの入力として、道路構造をグラフ $G = (V, E)$ で表した道路グラフ (V は交差点集合, $E (E \subseteq V \times V)$ は道路集合), RSU 設置候補点集合 R (R は一般には道路上の点あるいは交差点) を与える.

路車間通信において RSU は時分割で帯域を利用し, その単位区間をタイムスロット (以下, スロット) と呼ぶ. 路車間通信期間と車車間通信期間をあわせた 1 周期は 100ms であり, このうち周期先頭からの Z スロットが路車間通信期間として割り当てられるものとする.

交差点にはサービスエリアが設置され, サービス対象となる領域を表すとする. サービスエリアは交差点の周辺道路 240m に設定されているものとする⁷⁾.

各サービスエリアにおいては, そのサービスエリア内のすべての地点において, 車両がサービスを受けられる (RSU からのデータを受信できる) ことが必要となる. ただし, 近隣において同じスロットで別のサービスエリアに対してサービスを提供している RSU が発する通信波は, 干渉を生じる「非希望波」となり受信を阻害する. この影響を考慮し, サービスエリアの各地点において復号可能受信レベル (最低受信感度) を満たし, かつ一定以上の「所要希望波対非希望波率 (以下, 所要 DUR)」+「フェージングマージン」を満足することが求められる. したがって, RSU 間干渉及び RSU が自身のサービスエリアにおいて所要 DUR を確保できる位置関係を調査し, できるだけ多くの RSU が同一のスロットを使用できる位置に RSU を配置することが重要となる. RSU 間の干渉については, 単一の非希望波のみならず, 複数の非希望波が重複した場合も考慮に入れる.

ここで, 所要 DUR, フェージングマージンがいくらがよいかという点では, 実際にサービスを想定する環境に合わせて設定すべき項目であるが, 本研究では暫定的に下記と定める.

- 所要 DUR : 14dB
- フェージングマージン : 4.4dB
- 非希望波を送信する RSU が複数ある場合の影響 : 3dB

以上より, 各 RSU は自身が担当するサービスエリアの全ての地点で DUR を 21.4dB 確保することを条件とする⁸⁾⁻¹⁰⁾. 図 4 にその概念図を示す.

また, サービスエリアと RSU の関係を, 図 5 に示す. 図 5 において, 交差点 A~D を RSU 設置候補点, このうち交差点 A, C, D にサービスエリアが設定されているとする. 例えば交差点 B に RSU を設置することで交差点 A, C のサービスエリアを両方カバーできる場合, B, D に RSU を配置することで, A, C, D のサービスエリアをカバーできる. しかし, 一般に RSU が送信するデータはその交差点に関する安全情報であり, A のサービスエリアと C のサービスエリアとは送信する情報の内容は異なる. したがって, B はスロッ

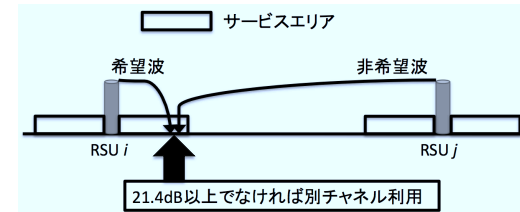


図 4 希望波と非希望波の関係
Fig. 4 Desired to Undesired Ratio

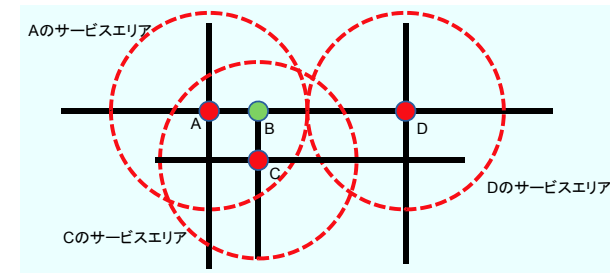


図 5 サービスエリアと RSU の関係
Fig. 5 Relation between Service Area and RSU

トが少なくとも 2 つ必要となる.

このように, 設置候補点の工夫を行うことで利用 RSU 総数が減ったり, また RSU の干渉を緩和できる可能性が考えられるが, スロット割り当ての観点では 1 つの RSU から 2 スロット以上の情報を送信する必要があるため, 問題が複雑になる. 本研究では, RSU の設置候補点をサービスエリアが設置された交差点のみに限定 ($R = V$) する.

以上の条件のもとで, タイムスロット総数 Z を最小にするような各 RSU へのスロット番号割り当てを決定する問題を扱う.

3. スロット割り当てアルゴリズム

3.1 関連研究との類似点と差異

これまでに, 携帯電話のセルの基地局配置問題や無線センサーネットワークにおけるマルチチャンネル通信などにおいて使用スロット数を最小とする TDMA (時分割多元接続) ス

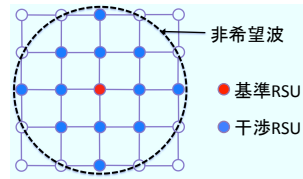


図 6 干渉パターンの例
Fig.6 Interference Pattern

スケジューリングのアルゴリズムが多数検討されてきた。しかし、携帯電話のスケジューリングでは電波の範囲が六角セルで表現され、干渉範囲も各セルの周辺セルに限定されている場合が多い。一方、センサーネットワークの場合は、自律分散のスケジューリングが求められるため、多くのアルゴリズムはプロトコルとあわせて低オーバーヘッドの設計がなされている。本研究では集中型計算という点で従来の携帯電話のセルスケジューリングに近いが、本研究では隣接するRSUだけでなく、図6のように複数のRSUに対して起こる干渉を考慮する必要がある。その一方で、碁盤目状の道路のような規則的な道路形状が続くことが多いことも特徴として挙げられる。最適なスロット割り当てを行う問題は干渉グラフにおける頂点彩色問題 (graph edge coloring problem) に帰着できるが、一般のトポロジのグラフに対する最小彩色問題はNP困難であることが知られている。これらの特徴を考慮し、効率よく解を求められるアルゴリズムを設計することが重要となる。

3.2 単位矩形の概念を用いたアルゴリズムの提案

これに対し、本研究では、道路が格子状であり、かつ各交差点にRSUを設置した状況に対する効率のよいスロット割り当てアルゴリズムを設計する。アルゴリズムは碁盤の目状、すなわち格子状の道路を対象とする。ただし、格子形状においても、道路間隔や道路幅の違いによりRSU間の干渉関係は様々に変化する。

アルゴリズムに対しては、道路グラフの他にRSU間の干渉関係も与える。格子状の道路では、ある交差点に設置されたRSUが周辺の複数のRSUに干渉を与える。あるRSUとそれが干渉を与えるRSUとのペアを干渉組とする。本研究では干渉は双方向とする。あるRSUを基準に考えると、そのRSUを含む干渉組は基本的に道路方向に多く存在し、斜め方向にも幾つか存在する。あるRSUを含むすべての干渉組の集合を1単位とする(図7)と、各RSUに対して干渉組集合ができる。道路形状により各RSUからの干渉組集合は様々ではあるものの、すべてのRSUの干渉組を含むような干渉組集合が発見できれば、その他

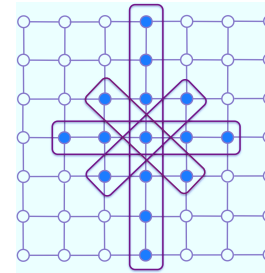


図 7 中央のRSUを含む干渉組の集合
Fig.7 Set of Interference Pair

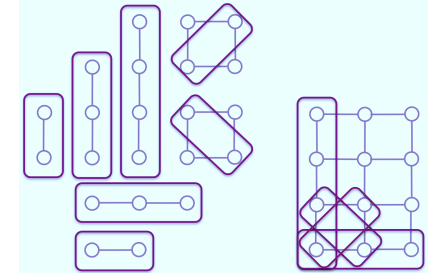


図 8 干渉組と矩形
Fig.8 Interference Pair and Rectangle

のRSUにおける干渉組集合はその部分集合となる。よって、そのような干渉組の集合が格子状道路のどこに出現してもよいようにスロット割り当てを行えばよいことがわかる。

そのような干渉組の集合について、さらに注目する。すべての干渉組は一方のRSUを基準にしたときの他方の位置(“オフセット”)で区分できる。ここで、オフセットとはどちらかのRSUを $[0,0]$ としたときの他方の座標位置を意味する。例えば、図7の干渉関係は図8の左図のように同じオフセットを持つ干渉組による分類が可能である。分類した干渉組をすべて持つ矩形が図8の右図である。この矩形をスロット割り当ての最小単位とし、この矩形内で決定したスロットを図9のようにグラフ G 上で繰り返し割り当ててことで、各RSUのスロットを決定する。

以降では、矩形の決定手法、矩形内のスロット割り当ての詳細について述べていく。アルゴリズムは格子状の道路グラフ G を対象とし、すべての設置候補からの干渉パターンをオフセットの異なる干渉組に分類し、それらをすべて含む最小の矩形(G')を発見する($G' \subset G$)。 G' においてそれらの干渉関係をすべて考慮した最適割り当てを発見し、それを格子状の道路グラフ G 上で繰り返すことで割り当てを実現する。

上記の割り当てを行うことで(図9)、分類した干渉組が道路グラフ G 上のどの位置に現れていても、それを含む位置の矩形 G' が干渉組をすべて含んだ割り当てを考慮しているため、どの干渉組も異なるスロットを割り当てられ干渉することがない。すなわち正しい割り当てを実現できていることになる。ただし、図9上の $a \sim l$ はスロットを表し、スロットの位置関係を保ったまま G 上に展開するものとする($a = h$ など、矩形内で同じスロットが割り当てられる可能性はある。詳しくは後述する。)

以下では、簡単化のため各交差点に対してその交差点をカバーするRSUを単に「RSU」

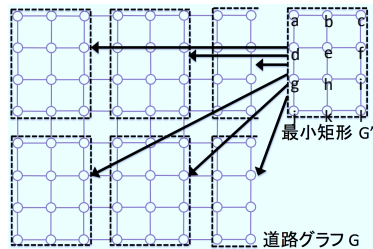


図 9 矩形割り当て例

Fig.9 Example of Rectangle Allocation

と呼ぶ。また、設置候補点総数（交差点総数）を N とする。アルゴリズムは以下のようになる。

- (1) 道路グラフ G 上の RSU i に対し、 i が交差点 j に干渉するのであれば、その 2 RSU の干渉組を得る。
- (2) 道路グラフ G 上のすべての RSU の干渉組を調査し、X 軸方向、Y 軸方向それぞれの最大オフセットを求める。その最大オフセットにそれぞれ 1 を加えた長さ（交差点数）を X, Y 軸方向の長さとする矩形状の G の部分グラフ G' を「単位矩形」と呼ぶ。図 7, 図 8 に干渉パターンと、そこから抽出した干渉組、それらをすべて含む単位矩形の例を示す。この例は、 $G' : (X, Y) = (3, 4)$ の大きさの単位矩形が示されている。
- (3) 単位矩形内の RSU のすべての組に対し、オフセットが異なるすべての干渉組による干渉関係を満たすように G' でのスロット割り当てを行う。最終的には、 G' でのスロット割り当てを G 上で繰り返すため、 G' の右端と左端、上と下は繋がっていると仮定し、それらの間の干渉関係も考慮する。図 10 がその一例である。点線で示した部分は、矩形外ではあるが干渉関係については考慮しななければいけない部分である。図 8 で導出したような干渉組を矩形内のすべての地点で再現し、それでも干渉が起きないように RSU の組に対して異なるスロットを割り当てる方法を全探索で発見する。図 11 に割り当て例を示す。この例では実際にスロット割り当てを行い、オフセットの異なる干渉組同士でも矛盾が生じないことを図示している。数字はスロット番号を意味する。
- (4) スロット割り当てが決定した G' を G 上で繰り返し、すべての RSU のスロットを決定する。

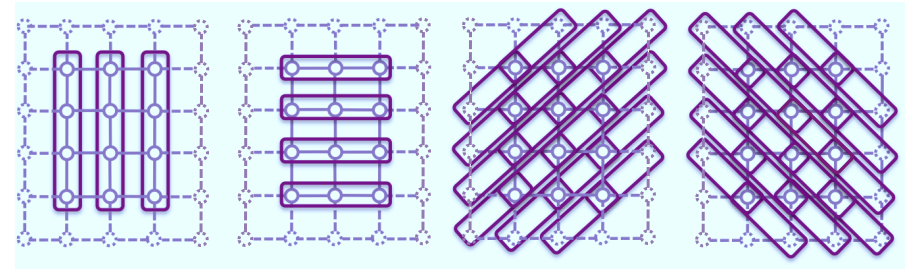


図 10 各方向の干渉組

Fig.10 Interference Pair in Each Direction

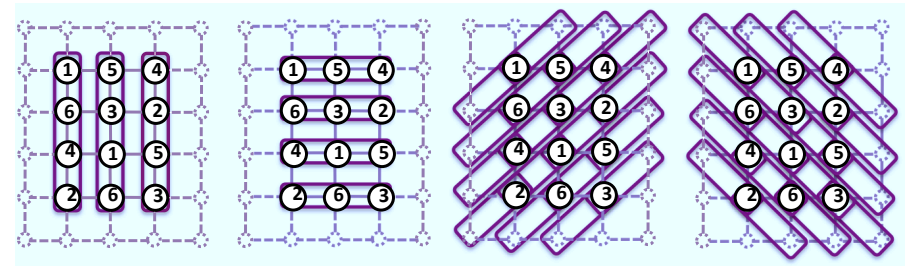


図 11 スロット割り当て

Fig.11 Slot Allocation

単位矩形におけるスロット割り当てには、非干渉組を発見し、割り当ての全組み合わせを探索して導出する。この際、単位矩形内で必要なスロット数の上限の算出が可能であるため、その算出方法について述べる。

単位矩形のもとで、なるべく多くの RSU に同じスロットを割り当てられれば、単位矩形を対象地図上に展開する特性上、総スロット数も減らすことができる。単位矩形内で互いに干渉しない RSU の集合を非干渉 RSU 集合と定義し（ただし、RSU 単独でも非干渉集合とする）、単位矩形内での非干渉 RSU 集合による被覆問題と考えることでスロット数上限を導出する。

図 12 に非干渉 RSU 集合の一例を示す。矩形何のすべての干渉組（上下左右に展開され、東側と西側、北側と南側は繋がっていることを考慮）を考慮した場合、形状の異なる非干渉 RSU 集合が 2 種類導出される。そのうちの一つを矩形内で繰り返したものが図 13 である。

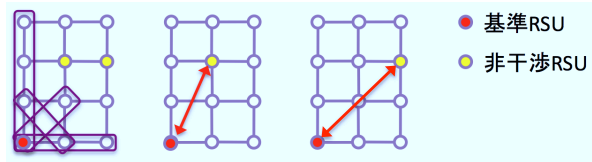


図 12 非干渉 RSU と非干渉集合の一例
Fig. 12 Example of non Interference RSU and non Interference Pattern

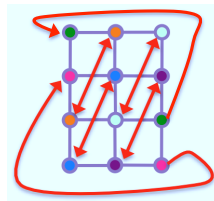


図 13 非干渉集合による割り当て例
Fig. 13 Example of Coloring by Non Interference Pattern

この例では、1つの非干渉RSU集合には同じスロットを割り当て、非干渉RSU集合の総数は6である。なお、この例ではどちらの非干渉RSU集合を用いてもスロット数は同じ結果になる。

加えて、干渉関係によっては、単位矩形の大きさを垂直方向、水平方向または両方にいくつか拡張することで、干渉関係に余裕ができ、結果として割り当て数を減らすことができる。この例を図14に表す。この例の場合、拡張無しの場合の非干渉RSU集合の総数は15となる。しかし、拡張を行うと図15の三角形のような非干渉RSU集合が見つかり、これを繰り返し用いると非干渉RSUの総数は12となる（三角形を上下左右に展開する）。

一般には、単位矩形において、非干渉集合をX軸あるいはY軸方向に（集合ごと異なるスロットで）繰り返すことでその軸方向のスロットを決定できる。したがって、他方の軸方向にはその軸方向の各行（または列）に少なくとも1つの非干渉RSUの要素が存在すればよい。以上より、矩形サイズ(X,Y)に対するスロット割り当て総数に関して以下のような性質の利用が可能である。

$$\min \{ (X \text{ 軸方向を覆うのに必要な非干渉 RSU 集合の数}) \times Y, (Y \text{ 軸方向を覆うのに}$$

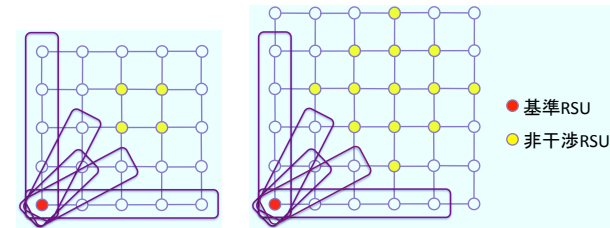


図 14 矩形拡張の一例
Fig. 14 Example of Rectangle Extension

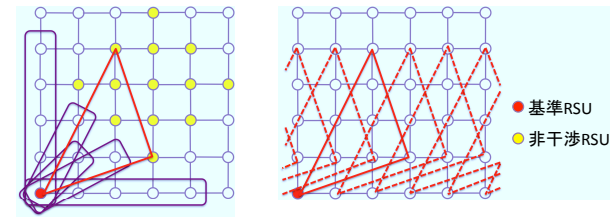


図 15 矩形拡張を行った場合の非干渉パターン
Fig. 15 non Interference Pattern in Rectangle Extension

必要な非干渉RSU集合の数) × X }

4. シミュレーション

本アルゴリズムに対する入力には、Space Time Engineering社のシミュレータ Scenargieによって算出された各RSUにおける干渉関係を利用する。このシミュレータの伝搬損失については、見通しでのITU-R P.1411-4の伝搬損失式を利用している。形式としては、すべてのサービスエリアをカバーした条件下で各RSUそれぞれにおいて、同一スロットを割り当てられない（すなわちそのRSUが干渉する）RSUのIDを羅列するものとなっている。性能評価は、前章で検討したアルゴリズムに加え、住友電気工業（株）において開発された簡易的なスロット割り当てアルゴリズム（以下、簡易アルゴリズム）を幾つかのシナリオで比較することで実施した。

4.1 簡易アルゴリズムについて

簡易アルゴリズムは道路地図の中央のRSUから外側に向かって同心円状にRSUのスロット

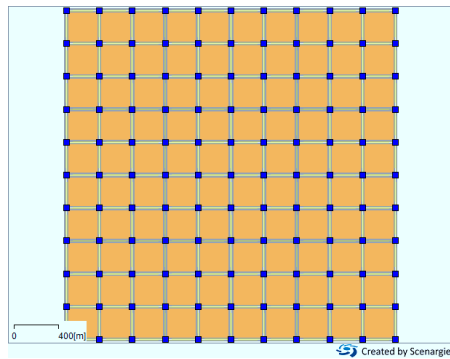


図 16 格子状地図 A
Fig. 16 Grid Map A

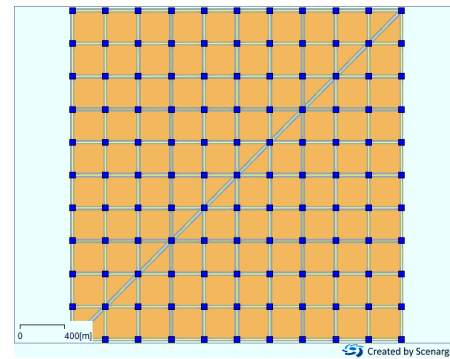


図 17 格子状地図 B (斜め道路あり)
Fig. 17 Grid Map B

トを割り当てていく．選択した未割り当て RSU に対し，すでに他の RSU に割り当てているスロットから干渉関係を満たすものを選ぶ．そのようなスロットがなければ，新たなスロットを割り当てる．

4.2 対象とするシナリオ

図 16 で示した格子状地図の交差点間隔をそれぞれ 200m, 300m, 500m としたものに against, 図 17 のように斜め方向の道路により干渉パターンが左右非対称になると予想される格子状地図 (交差点間隔 300m) を対象とする (青色の四角形が RSU を表す) ．

4.3 シミュレーション結果

4.3.1 シナリオの干渉組の集合, 単位矩形

交差点間隔が 200m, 300m, 500m の格子状地図 A では干渉パターンが同心円状に, 交差点間隔が 300m での格子状地図 B では干渉パターンが非対称に現れた．ここでは以上のシナリオのうち, 交差点間隔が 300m の交差点地図 A, 交差点間隔が 300m の格子状地図 B を取り上げる．それぞれの結果を示したものが, 図 18, 図 19 である．図は, 左から順に干渉パターン, 単位矩形, 矩形拡張を行った場合の非干渉 RSU を表す．どちらの場合も矩形を拡張したほうがより大きな非干渉 RSU 集合が見つかった．図 18 では x, y 軸方向にそれぞれ 1 づつ, 図 19 では y 軸方向に 2 拡張している．

4.3.2 所要スロット数

シミュレーションで導出された所要スロット数は表 1 となる．すべての道路モデルにおいて, 矩形アルゴリズムが簡易アルゴリズムよりも少ない所要スロット数での割り当てが可

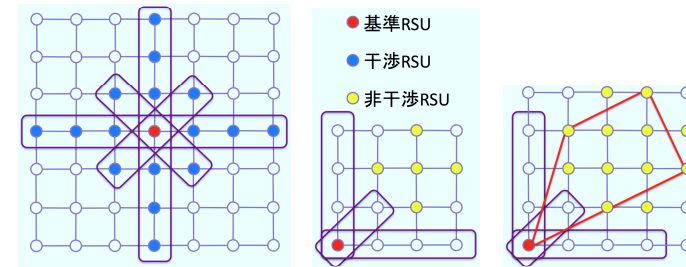


図 18 交差点間隔が 300m の交差点地図 A での干渉シミュレーション結果
Fig. 18 Results in Grid Map A with 300m Interval

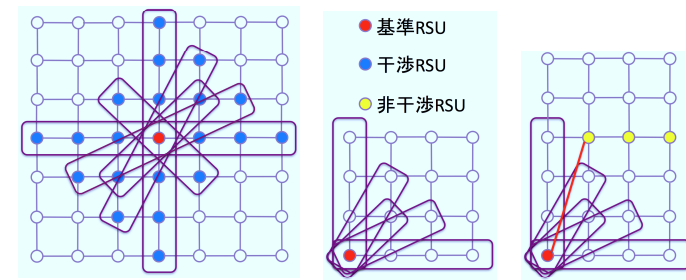


図 19 交差点間隔が 300m の交差点地図 B での干渉シミュレーション結果
Fig. 19 Results in Grid Map B with 300m Interval

能な結果となった．

表 1 所要スロット数
Table 1 Required Slots

道路モデル	簡易アルゴリズム	矩形アルゴリズム
格子状 A (交差点間隔 200m)	15	12
格子状 A (交差点間隔 300m)	8	5
格子状 A (交差点間隔 500m)	4	3
格子状 B (交差点間隔 300m)	13	12

5. まとめと今後の課題

本研究では、路車間及び車車間通信の共用の実現に向けて、路車間通信で全RSUが利用するタイムスロット総数を最小化するための各RSUへの最適なタイムスロット割り当てに関するアルゴリズムを検討した。提案したアルゴリズムはその設計方針から、おおよそのRSUも似通った干渉関係を持っている状況を仮定し、その干渉関係が道路グラフ上のどこで生じても矛盾しないようなスロット割り当てを実現している。したがって、ほとんどのRSUの干渉が小さく、一部のRSUだけが広い干渉範囲を持つ場合には効率性が下がる恐れがある。

一方で、そのことからRSUの配置を考える上の知見が得られる。すなわち、全体の干渉関係がはっきりすれば、スロット上限の見積もりが可能であり、スロットを増やす要因と考えられるRSU密集地帯をできるだけ分散し干渉関係を少なくすることが全体としてスロット数削減につながりやすいことである。加えて、本アルゴリズムの性能は単位矩形の大きさにも依存することがわかった。現在はすべての干渉関係を包含する最小の矩形を採用しているが、これを干渉よりも少し大きくすることで、スロット利用に融通がきき、最密の単位矩形のケースよりも結果として効率よくスロット割り当てを実現できる可能性があることもわかった。

しかし、実環境では道路構造は複雑であり、建物によりイレギュラーな干渉関係が生じる可能性もある。また、地理的な条件が起因し、本研究のように必ずしも交差点中心に設置できるとは限らない。そのため、設置候補点が多数ある場合を考える必要がある。また、路車間通信環境の導入後に新たな交差点の追加がされた場合、RSU追加のアルゴリズムも考慮する必要が出てくる。以降は、これらの知見をもとに、RSU配置・スロットスケジューリングとを統合したアルゴリズム開発を行う予定である。

参 考 文 献

- 1) (社) 新交通管理システム協会, (<http://www.utms.or.jp/japanese/system/dsss.html>).
- 2) 国交省 先進安全自動車 (ASV), (<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/>).
- 3) 米国運輸省 (USDOT)CICAS プロジェクト, (<http://www.its.dot.gov/cicas/>).
- 4) 加藤他, “車車間通信のフィールド実験”, 信学技報, ITS2005-5, pp.23-28, 2005.
- 5) 総務省, “周波数割当計画の一部を変更する告示案に係る電波監理審議会から答申及び意見募集の結果 -地上アナログテレビジョン放送のデジタル化完了に伴う周波数の

- 分配について”, 報道資料, 2007, (http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/2007/pdf/071114_2.pdf).
- 6) 松ヶ谷, “車車・路車共用方式のシミュレーションおよびフィールド実験結果の紹介”, IEEE VTS Japan Chapter, 講演資料, (<http://www.ieee-jp.org/japancouncil/chapter/VT-06/vt.files/VTS-ITS20100623-4.pdf>).
- 7) 総務省, “700MHz帯を用いた運転支援通信システムの実験用ガイドライン TT”, 策定状況のご紹介, 2009, (http://www.soumu.go.jp/main_content/000040631.pdf).
- 8) 日本無線技報, “車々間通信に適した通信制御プロトコルの検討”, No.55 2008 p37, (<http://www.jrc.co.jp/jp/company/html/review55/pdf/JRCreview55-11.pdf>).
- 9) 総務省, “情報通信審議会 情報通信技術分科会”, 表参 1-3, (http://www.soumu.go.jp/main_content/000117297.pdf).
- 10) ITS 情報通信システム推進会議, “DSRC システム基地局設置のガイドライン ITS FORUM RC-003”, 図 1.4-6, 平成 15 年 4 月 30 日 策定 第 1.0 版, (<http://www.itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p23/DSRCguideline.pdf>).