

地上／衛星共用携帯電話システムにおけるシステムアーキテクチャとトラフィック変動に対するダイナミック制御の検討

岡田和則 藤野義之 辻 宏之 三浦 周

本稿では、地上／衛星共用携帯電話システム (STICS) のシステムアーキテクチャを提案する。そして、STICS が災害時などのトラフィック変動に対するためのダイナミック制御、高速ハンドオーバー処理、トラフィック規制制御についての検討を行った結果を述べ、簡易モデルによる計算機シミュレーションにより、地上と衛星で周波数共用する STICS が、呼損やハンドオーバー失敗数を少なくできることを述べる。

1 まえがき

地上の携帯電話は、普段携帯し使い慣れているため、地震等による大規模災害時には、非常に有効なコミュニケーションツールとなる。しかし、安否確認によるトラフィックの急増による輻輳や、伝送路断や停電の長期化による基地局の停波などにより、地上の携帯電話システムは使えなくなることが多い。このような時でも確実な通信を提供するという社会的ニーズに応えることが重要である。衛星携帯電話システムは地震の影響を受けにくいいため、地上／衛星共用携帯電話システム (Satellite/Terrestrial Integrated mobile Communication System, STICS)^[1] は、大規模災害時の通信インフラとして期待される。STICS は、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システムにより周波数資源を共用することによって、その利用効率を向上させる点に特徴があり、両システム間に渡り、共用資源をどのように協調して制御するかの検討が重要である。そのためには、第一に、両システムを協調制御する機能を配備したシステム全体のアーキテクチャの検討が必要である。また、災害時に想定される急激なトラフィック変動に対応するためには、急激なトラフィック変動を受けても継続運用可能なシステム構成、急激なトラフィック変動による影響を最小限に留めるシステム制御、及び急激なトラフィック変動による影響を未然に防ぐシステム制御など、トラフィック変動に対するダイナミック制御が必要である。

そこで、本稿では、STICS のシステムアーキテクチャの検討^[2]、トラフィック変動に対するダイナミック制御の検討^[2]、高速ハンドオーバー処理の検討^[2]、トラフィック規制制御の検討を行った結果を述べる。そして、簡易モデルを用いた計算機シミュレーションにより、STICS で、周波数を共用することの効果^[2]を示し、

STICS の有効性を示す。

なお、STICS の実現や実運用という観点からいえば、詳細なプロトコル検討、インタフェース定義、あるいはシステム実装検討等が必要となるが、本稿では、実装の前のシステム検討として、基幹となる技術基盤についての検討を行った。

2 3GPP 標準に準拠する STICS アーキテクチャの提案

STICS は、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システムにより周波数資源を共用することによって、その利用効率を向上させる点に特徴があり、両システム間に渡り、共用資源をどのように協調して制御するかの検討が重要である。このためには、はじめに、両システムを協調制御する機能の配備を含めたシステム全体のアーキテクチャの検討が必要となる。そこで、本節では、STICS の地上と衛星の携帯電話システムの両方を考えたシステム全体のアーキテクチャについて検討した結果を述べる。

STICS は、実運用・商用化を最終ターゲットに据えている。情報通信の領域においては、実運用・商用化においては、標準化プロセスが重要である。このため、STICS のシステム全体のアーキテクチャは、国際標準に準拠することを目標に検討を実施した。

代表的な国際標準仕様としては、ITU (International Telecommunication Union) が策定する ITU 勧告がある。また、今や欧州、北米、アジアを含む全世界に流布している商用の移動通信システムの国際標準化を行う標準化団体として、3 GPP (3rd Generation Partnership Project)、及び 3 GPP2 が存在する。3 GPP 及び 3 GPP2 で定められた仕様は、世界規模のパートナーシップを組んで検討を進めているため、非

常に信頼性が高く、ITUで承認されているIMT-2000ファミリーコンセプトに従い、ITUの国際標準仕様として勧告化されることになる。

また、インターネット技術の標準化を推進する任意団体で、コンピュータシステムを相互接続するため、共通の技術仕様策定を議論するグループから発展したIETF(Internet Engineering Task Force)により標準化された仕様であるRFC(Request For Comments)も移動通信システムのALL-IP化の進展とともに、重要な標準化仕様になってきている。第3世代の移動通信システムでは、3GPPはW-CDMA、3GPP2はcdma2000という無線伝送システムの明確な違いがあったが、第4世代の移動通信システムでは、3GPPは3GPP2の仕様を取り込んだ統合化が行われている。また、IPによるコアネットワークによるALL-IPネットワークベースの検討になっているため、本稿では3GPPの標準化アーキテクチャをベースとして、STICSのシステム全体のアーキテクチャの検討を進めることとする。

図1に、Non-3GPP Networksとの拡張性を検討している3GPPのALL-IP携帯電話システムアーキテクチャを示す^[3]。本アーキテクチャは、3GPPのIPネットワークのホーム網であるHPLMN(Home Public Land Mobile Network)と、3GPPで検討を行っていない外部のIP網であるNon-3GPP Networkに大きく

二分される。前者は、地上携帯電話システム側で必要となる機能群を収容しており、後者はそれ以外のネットワークに該当する。図1より、Non-3GPP Networkは、さらに、そのネットワークがセキュアなスキームで守られているか否かという視点において、Trusted Non-3GPP IP Access と Un-trusted Non-3GPP IP Access に分けられている。本稿では、STICSにおける衛星通信システムを、このNon-3GPP Networkの1つとしてみなすことにより、図1の標準化アーキテクチャに準拠した地上/衛星共用システムのアーキテクチャを構築することを提案する。STICSの衛星通信システムは、通信アクセスを行うにあたりユーザ認証等の機能を具備し、また、無線伝送区間はセキュリティが十分保たれた変調方式による通信伝送路を構築したシステムにより、十分なセキュリティが保たれたネットワークを構築することが望ましいとされている。この場合、SITCSによる衛星通信ネットワークはTrusted Non-3GPP IP Access Networkとみなされ、3GPP標準化ベースのSTICSの全体アーキテクチャが構築可能である。

一方、STICSの衛星通信システムが十分なセキュリティを保つことができない場合においては、衛星通信ネットワークをUn-trusted Non-3GPP IP Access Networkとみなした全体アーキテクチャが構築される。その際は、ePDG(Evolved Packet Data Network

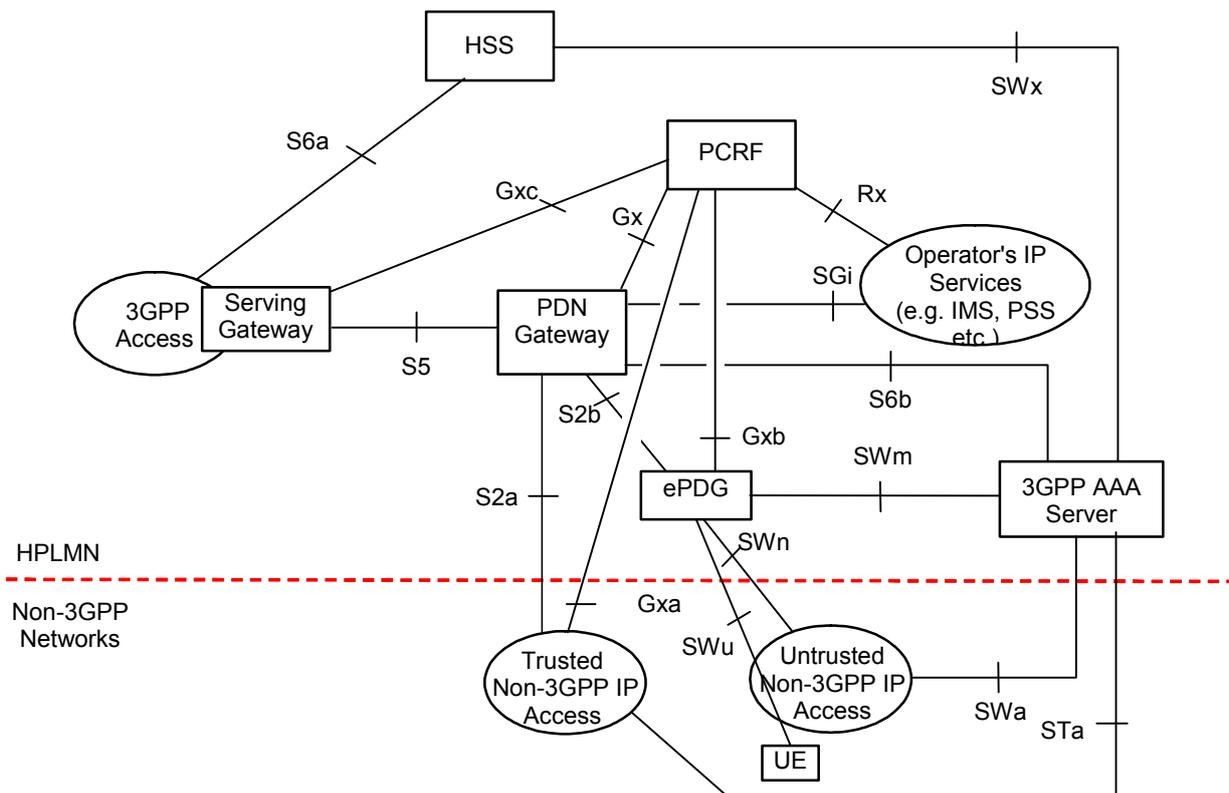


図1 3GPPのALL-IPシステムアーキテクチャ^[3]

Gateway)と端末間でのセキュリティを保った通信を確保する、あるいは、3GPP AAA (Authentication Authorization Accounting) * Serverを活用したユーザ認証機構を発動するといった追加機能の具備が必要となる。

STICSでは、単なるネットワークの相互接続性が保たれていれば良いのみならず、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システムを相互に効率的に制御することが必要になる。したがって、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システムの間にも両システムを調停する管理ノードを配備し、共用的に利用する周波数資源の効率的な協調制御を実現するアーキテクチャが必要となる。

本稿で提案するSTICSの全体システムアーキテクチャ図を図2に示す。図2の管理ノードは、地上の通信ネットワークにおける、セキュアあるいはセキュアではないアクセスネットワークを集約制御するゲートウェイ (PDN GatewayあるいはePDG)、アクセスポリシーや課金情報を制御するPCRF (Policy and Charging Rules Function)、あるいは認証情報を制御するAAA Serverの機能ブロックとのインタフェースを保有し、システム間にまたがってそれらの協調制御を行う機能を持つ。したがって、この管理ノードに相当する機能ブロックは、図1の3GPPのAll IPシステムアーキテクチャの中には直接的には存在せず、Trusted/Un-trusted Non-3GPP IP Access Network

の内部(HPLMN側のエッジ部)に配備、あるいは、図1の赤点線部にかかる参照点を集約し横断的に配備される機能ブロックとして、新しくノードの導入が必要となる。また、この管理ノードの内部機能構成は、トラフィック変動に追従し、自局間及び他局間干渉を考慮した周波数割当最適化制御、並びに地上-衛星システム間ハンドオーバー制御などの機能を司るという目的実現のために、独自で考察を加え創出した構成となっている。また、STICSのような衛星通信を行うシステムにおいては、衛星の電力資源は衛星単独で使用する非共用な資源ではあるが、有限で希少な資源なので、衛星の電力資源についても効率的な制御が必須である。つまり、周波数割当最適化制御を行う場合、衛星の電力を制約とした周波数協調制御を行う必要があるということになる。

図1の3GPPのAll IPシステムアーキテクチャは、国際的に最も信頼度の高い携帯通信ネットワークに関するアーキテクチャである。この最有力なアーキテクチャに準拠し、それとの相互接続性の観点から親和性が高いということは、情報通信基盤という研究領域の

* AAA : Authentication (認証: ユーザが本人か確かめること)、Authorization (認可: ユーザに権限があるか確かめること)、Accounting (課金: ユーザの利用情報を収集すること)の略称。これら3つの異なるセキュリティ機能を総合的にとらえてシステムのセキュリティを検討する。

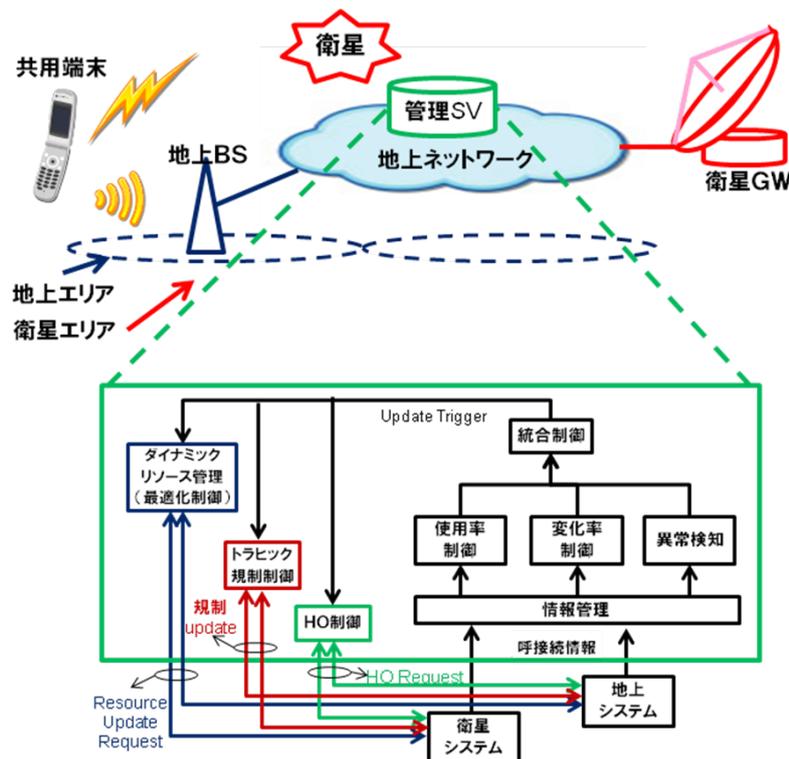


図2 STICSの全体システムアーキテクチャ

国際的なトップを目指すこと、及び通信システムの国際展開等を目指すことのために、非常に有利な条件の1つとなる。また、地上系携帯電話システムの国際標準準拠という特徴を保有した場合、地上と衛星間の切替え制御が非常に実現性の高いものとなり、実用性の高いシステムアーキテクチャであるといえよう。さらに、提案アーキテクチャでは、地上と衛星システム間に管理ノードを配備したため、両システムを独立的に進化発展させることが比較的容易であり、機能拡張をし易いというメリットもある。特に、STICSにおいて、地上携帯電話システムと相互接続する衛星携帯電話システムを Trusted に構成した場合ではシステム／ノード間の分離性が高いことになる。しかし、衛星通信システムを Un-trusted に構成した場合は、ユーザ認証やセキュアな伝送路構築といった機能を別途装備する必要があるため、アーキテクチャの分離性は低くなる。このように、衛星携帯電話システムの Trusted/Un-trusted 構成が、若干の機能配備等の差異をもたらす。しかし、本稿で提案の3GPP 準拠のシステムアーキテクチャは、STICS システムの現実性、実用性の検討に重要な役割を果たすと期待される。

3 トラフィック変動に対するダイナミック制御の検討

本節では、災害時の急激なトラフィック変動に対して、周波数割当て最適化制御のためのダイナミック制御を検討する。トラフィックの変動性を表す要素として、ユーザトラフィックチャネルの利用状況(使用率監視制御)、利用チャネルの時間的推移(変動率監視制御)及び周波数割当て状況と実トラフィックの大域的な差異(異常検出)の3つの指標により、周波数使用率監視制御、

周波数使用変動率監視制御、周波数使用異常度監視制御によるダイナミック制御を行う。使用率及び変動率は閾値制御を行い、異常検出処理では Centrality (中心性) を基調とした制御を行う。基本的な制御機能の構成は、前節の提案システムアーキテクチャの図2に示した通りである。上記3制御指標について以降で説明する。

これら制御指標を定期的に監視管理することにより、効率的なシステム制御を実現し、急激なトラフィック変動を事前に予測した効率的な周波数資源制御、トラフィック変動に伴うトラフィック規制による通信品質劣化の低減が可能となると考えられる。

(1) 周波数使用率監視制御機能

周波数使用率 x_t は、時刻 t における保有する周波数資源に対するユーザが使用している周波数の割合を示す。その値に対して、閾値 U_{opt} による制御を行い、最適化 Update のトリガー値 $f(x)$ を制御する。

$$f(x,t) = \begin{cases} 0 & : x_t < U_{opt} \\ 1 & : x_t \geq U_{opt} \end{cases}$$

(2) 周波数使用変動率監視制御機能

周波数使用変動率 a_t は、時刻 t における周波数使用率の時間的な変動の割合を示す。その値に対して、閾値 V_{opt} による制御を行い、最適化 Update トリガー値 $g(a)$ を制御する。ここで、 T は、 T 秒経過後に通信規制が発生する可能性が高いという時間間隔を示している。

$$g(a,t) = a_t \times T + x_t = \begin{cases} 0 & : g(a,t) < V_{opt} \\ 1 & : g(a,t) \geq V_{opt} \end{cases}$$

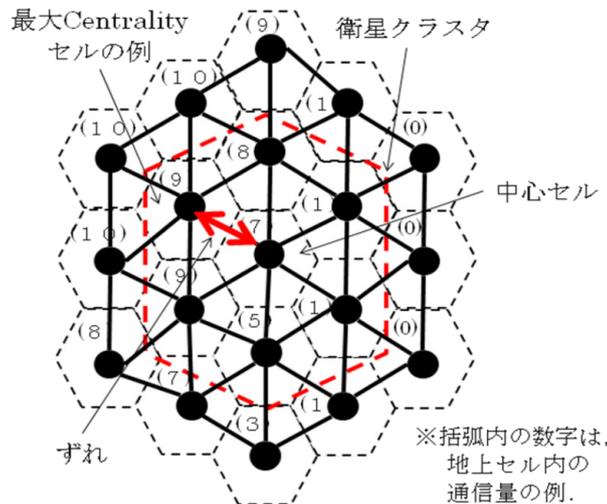


図3 セル構成図と最大 Centrality 値を持つセルの例

(3) 異常検知監視制御機能

周波数使用異常度は、周波数使用状況と実際の周波数割当て状況とのずれの度合いを示す。ここで、使用状況と割当て状況のずれは、構造的な中心性 Centrality を用いて計測する。セル k に対する Centrality 値（例えば、Between Centrality）を計算すると、以下の式で表すことができる。

$$b_k = \sum_{i,k} \frac{g_{ik} k_j}{g_{ij}}$$

ここで、 g_{ij} はセル i からセル j 間の最短経路の数、 g_{ik} は上述パスのうち、セル k を通過するパスの数を示す。図3にセル構成図及び異常検出制御処理に用いる最大 Centrality 値を持つセルの例を示す。この例では、その通信量の分布は図の左側へ偏っている状況を示しており、衛星クラスタ内で最大 Centrality 値を持つセルと衛星クラスタの中心セルとのずれを示すユークリッド距離に応じた閾値制御を行うことにより、トラフィック

の変動性に合わせた周波数割当ての最適化を行う。

4 ハンドオーバー制御アルゴリズム検討

本節では、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システム間でハンドオーバーを行うアルゴリズムを提案する。本アルゴリズムでは、衛星携帯電話システムの伝搬遅延を考慮しており、端末が地上と衛星の両回線を利用できるという特徴を効果的に活用し、遅延の少ない地上回線がアクティブな状態にある場合は、ハンドオーバー制御処理により、その低遅延である地上回線を積極的に使うことにより、両システム間のハンドオーバー切替え時間を短縮することが期待できる。

図4に地上携帯電話システムから衛星携帯電話システムへのハンドオーバー処理シーケンスの例、また、図5に衛星携帯電話システムから地上携帯電話システムへのハンドオーバー処理シーケンスの例を示す。

図4に示すように、共用端末が地上携帯電話シス

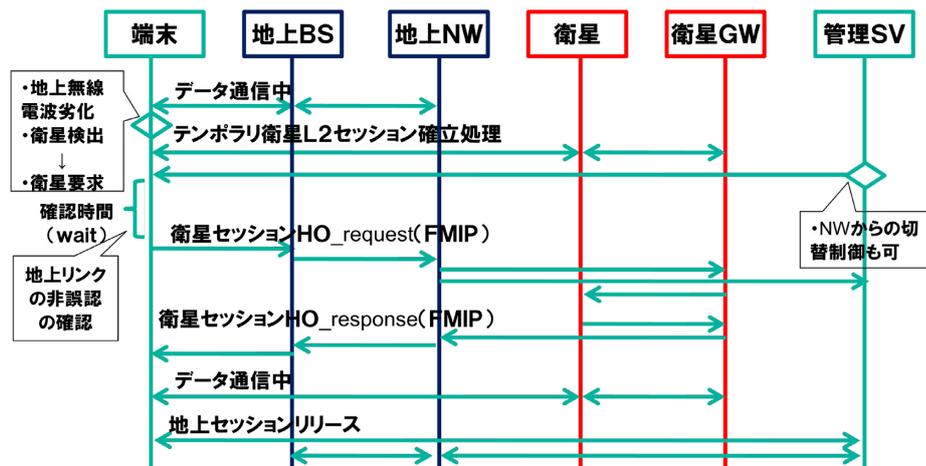


図4 地上システム⇒衛星システムのハンドオーバー処理シーケンスの例

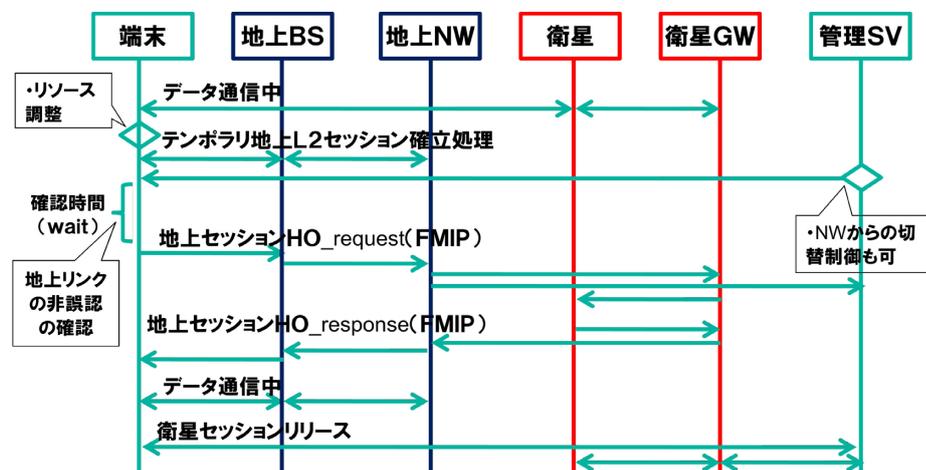


図5 衛星システム⇒地上システムのハンドオーバー処理シーケンスの例

テムを利用してデータ通信中の状態において、例えば、災害発生を予知した場合、周波数最適化制御を実施したために地上携帯電話システムから衛星携帯電話システムへの通信チャネルを切り替えることが望ましい状態となった等の場合、地上携帯電話システムから衛星携帯電話システムへのハンドオーバー処理が実行される。その際、通信中である地上携帯電話システムのセッションは保持したまま、衛星携帯電話システムのセッションを新規に接続し、共用端末が地上携帯電話システムと衛星携帯電話システムの両セッションを同時に保有している状態を創出する。その後、従来のシステムでは、ハンドオーバー先である衛星回線を利用して、端末と制御ノード間でのハンドオーバー制御メッセージ交換を行うことが一般的であるが、本提案システムにおいては、共用端末は地上回線を利用して、管理ノード間との制御メッセージ交換を行う。すなわち、ハンドオーバー制御メッセージ交換をより高速な回線（例えば、地上回線）を用いるところが本提案処理シーケンスの特徴であり、この処理により、衛星回線を用いた従来の場合に比較して、衛星回線を用いることに伴う伝搬遅延時間の影響を極力抑えることができる。図5は、衛星携帯電話システムから地上携帯電話システムへのハンドオーバー処理シーケンスの例で、図4と逆の処理を行う。ここで、本提案シーケンスは、地上と衛星の両回線を同時利用が可能な環境を前提としている。特殊なイベント発生等の端末分布環境変動の発生に伴い、端末の存在密度の急な増加が発生した場合などでは、3のダイナミック制御によるリソース制御を事前に行うことである程度地上回線を確保できることが期待される。しかし、例えば、災害非常時において、予測制御を効果的に実施することができず、急な基地局停波が発生した場合は、地上携帯電話システムの回線が使えない状態になるので、本高速ハンド

オーバー制御を用いることができなくなる。このような状況では、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システム間に制御ノードが配備されている特徴を活かし、メディア非依存な多種の通信要求を許容し通信回線の信頼度に基づいた回線制御／ハンドオーバー制御を実現することになると考えられるが、今後の検討課題である。

5 トラフィック規制制御の検討

携帯電話システムのトラフィック規制について、国際標準化団体の3GPPでは、表1に示すように、おおむね、全呼を規制、国際呼を規制、あるいは、ホーム網とそれ以外を区別し、発呼規制の3種別について、発呼と着呼の呼種別に規制が定義されている^[3]。なお、緊急呼については、上記の対象外であり規制を受けないことになっている。

一方、現状の災害時などに行われる具体的なトラフィック規制制御に関しては、通信事業者依存となっている。携帯電話システムのトラフィック規制制御の現状については、おおむね以下の通りである。規制種別としては、ネットワーク側からの規制とユーザ側からの規制の2タイプに大別できる。ネットワーク側からの規制としては、ネットワーク上位層の交換機ネットワークにおける輻輳を主な原因とする規制及び無線回線の逼迫に伴う基地局側からの規制の2種類が考えられる。災害時は、安否確認などのため音声トラフィックの需要が急増する。一方、メールなどのデータトラフィックは、音声ほど増加がないので、ある通信事業者では、その規制の対象とする呼がPS(Packet Switch)によるデータ呼なのか、あるいはCS(Circuit Switch)による音声呼なのかに従って、それぞれ独立に規制をかけることが可能になっている。一方、ユーザ側からの

表1 3GPPにおける主な規制種別

呼種別	規制種別
Outgoing call	全ての呼を規制する Barring of all outgoing calls (BAOC)
	国際呼を規制する Barring of outgoing international calls (BOIC)
	ホーム網以外に向けた国際呼を規制する Barring of outgoing international calls EXCEPT those directed to the home PLMN country (BOIC-exHC)
Incoming call	全ての呼を規制する Barring of all incoming calls (BAIC)
	ホーム網以外にてローミング中の呼を規制する Barring of incoming calls when roaming outside the home PLMN country (BIC-Roam)
緊急呼	上記の対象外

規制に関しては、災害時優先電話以外の携帯端末については、緊急通報を除く全通話についての発呼規制をかけるという上述の標準にのっとった規制方法になっている。

このようなトラフィック規制制御の状況に対して、STICSシステムにおいては、どのような規制制御にするべきかについて検討した。その結果、以下の3点が重要であるという結論を得た。

- トラフィック規制を極力発生させないように、ダイナミック制御やネットワーク主導ハンドオーバー制御で対応する。
- トラフィック規制が必要な状況での基本的な制御としては、地上システムに優先的に規制をかけ、衛星システムを優先的に利用するようにして、STICSシステムの第1のメリットである災害時の周波数利用率の最大化を図る。具体的な最適な制御値やアルゴリズムについては、今後の課題である。
- STICSシステムは地上と衛星の共用システムであるので、共用システムに固有なトラフィック規制をかける管理単位として、共用周波数毎（共用がアクティブ、非アクティブに応じた制御などを実施する）という管理単位を追加する。

6 簡易モデルを用いた 計算機シミュレーション

本節では、地上／衛星共用携帯電話システムの周波数共用による効果を、簡易モデルを用いた計算機シミュレーションにより、検証した結果を述べる。

シミュレーションのセル構成モデルは、図6に示すように、正方格子モデルを用いた。本モデルは、基本的なモデルの1つであるが、周波数共用の効果を確認する本検証を行うにあたっては、十分なモデルと考えられる。12×12セル（1セルの大きさは1km四方の正方形）で全体エリアを構成し、中央部の4×4=16セルを衛星ビームの1つのクラスタとして考え、そのエリアをシミュレーションによる統計データを収集する統計対象エリアとした。

シミュレーション条件を表2にまとめる。STICSで想定する地上と衛星の共用システムでは、地上セル80chと衛星セル80chの合計160chの周波数チャンネルが統計対象エリア内で利用可能、また、比較対象となる地上のみのシステムでは、地上セル160chが統計対象エリア内で利用可能と設定し、両システムにおいて利用可能な合計チャンネル数を160chと同一に設定することで、両システムの比較が出来るようにしている。また、共用端末数は2,000ノードとし、ポアソン分布に従ったランダムな呼接続・呼切断を繰り返

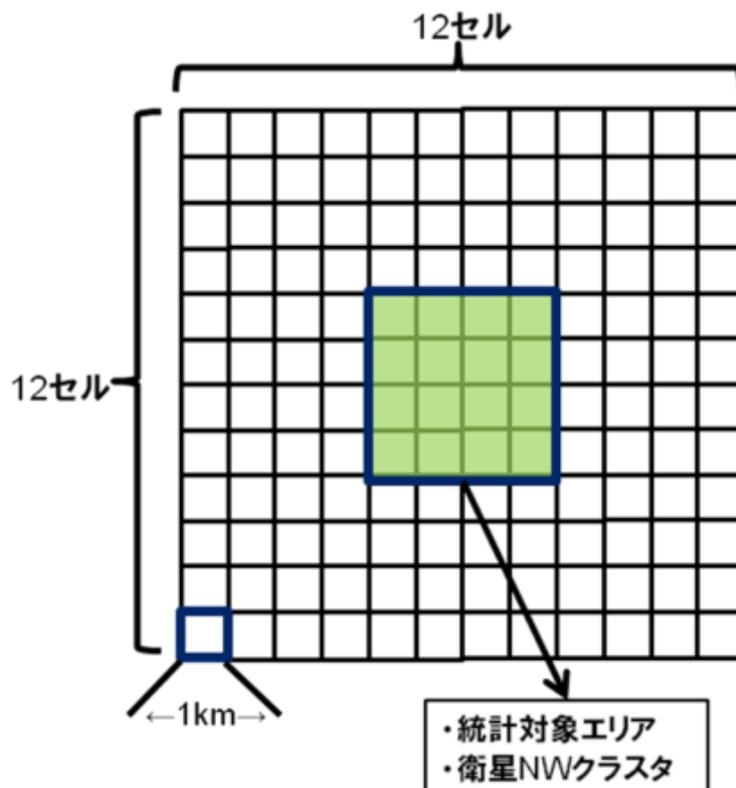


図6 セル構成モデル

2 地上／衛星系協調制御技術

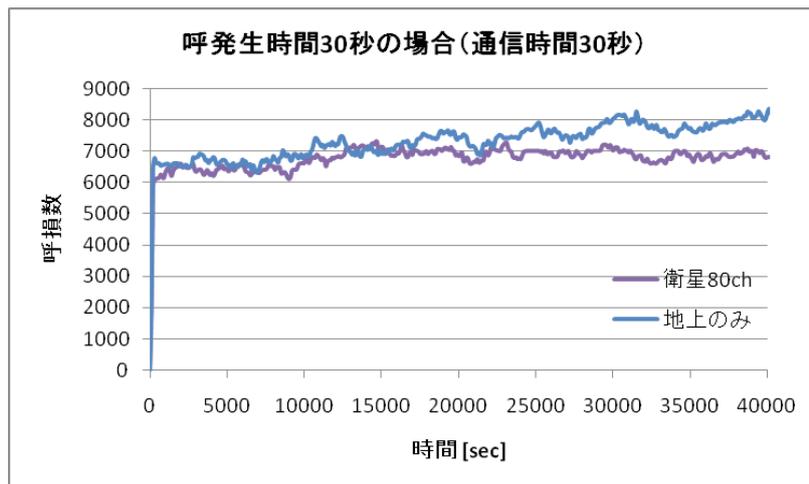
しつつ、全体エリアを4方向にランダムウォークする。共用端末は、呼生起した場合、地上チャンネルが空いている場合には地上チャンネルを優先的に使い呼接続を行う。地上チャンネルに空チャンネルがない場合、衛星チャンネルに空きがある場合には、衛星チャンネルで呼接続を

行い、衛星チャンネルにも空きがない場合には呼損とした。また、端末がセル境界をまたがるハンドオーバーの場合も、前述の呼接続ルールに従った接続を行うこととした。

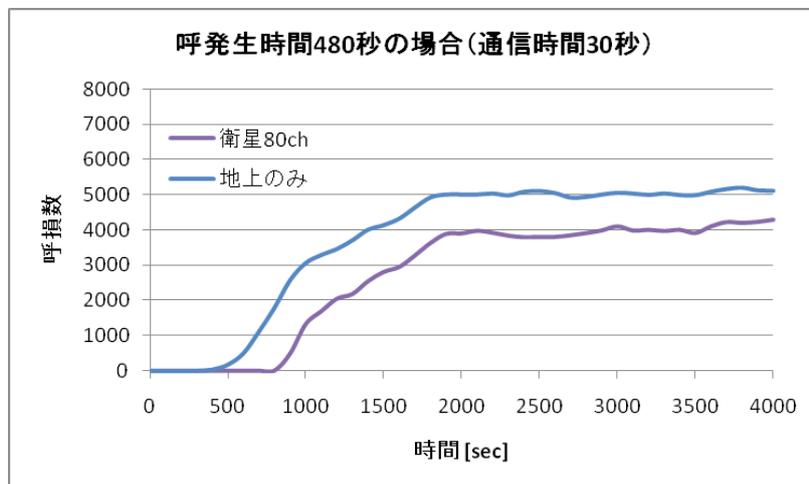
表2のシミュレーション条件で、周波数共用を行う

表2 シミュレーション条件

項目	値
サービスエリア	正方格子モデル (12×12モデル)
チャンネル数	・ 地上のみシステム 地上160ch ・ 地上・衛星共用システム 地上80ch + 衛星80ch
呼の生起	ランダム (ポアソン生起) 平均 30[秒]
通信時間	平均30 / 480 [秒]の指数分布
端末数	2000 ノード
移動速度	20[m/s] / 1[m/s]
移動モデル	ランダムウォーク (4方向)



(a) 呼発生間隔 30 秒の場合



(b) 呼発生間隔 480 秒の場合

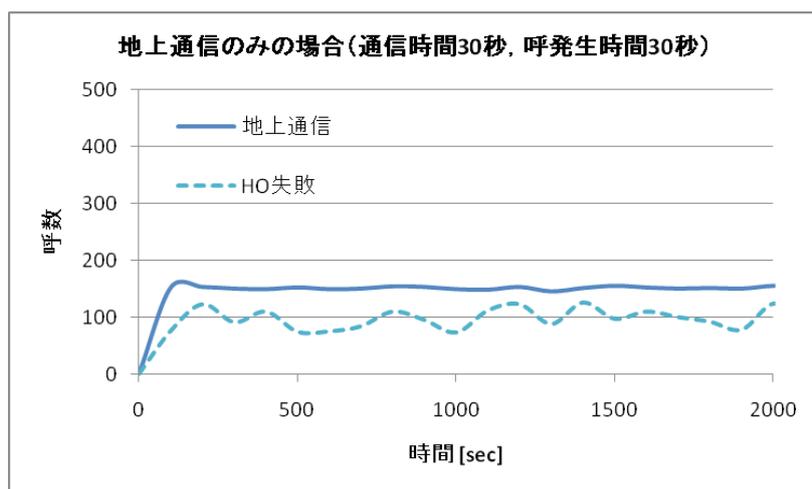
図7 シミュレーション結果 (端末が低速移動 (1[m/sec.]) の場合)

場合 (STICS に相当) と周波数共用を行わない場合 (地上のみシステムに相当) の2 ケースについて、その有効性を比較した。ここで、評価指標としては、端末が低速移動している場合にはハンドオーバーの発生頻度は少ないと想定されるため、呼損による評価指標を用いた。一方、端末が高速移動している場合にはハンドオーバー失敗数を評価指標として用いることにより、システムの周波数資源の有効活用度を評価した。

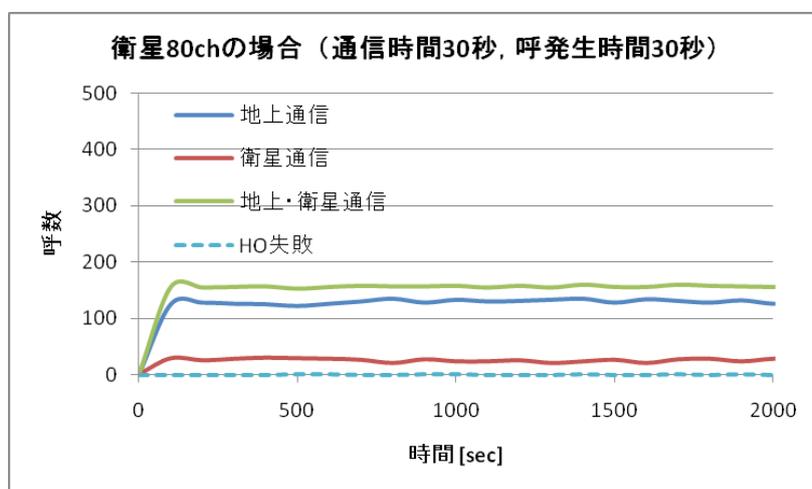
端末が低速移動 (1 [m/sec.]) している場合のシミュレーション結果の一例を図7に示す。図7(a)に呼発生時間間隔が30秒と比較的短い場合を、図7(b)に呼発生時間間隔が480秒と比較的長い場合を示す。シミュレーション開始直後は、呼損が起きる事象の数が少なく不安定な状態であるが、シミュレーション時間の経過とともに呼損数が一定値に収束して行く。周波数共用を行う場合 (衛星 80 ch) と周波数共用を行わない場合 (地上のみ) との間で比較すると、周波数共用

を行うことにより、呼損数が少なくなることが分かった。その差は、呼発生間隔によらず、約 1,000 呼/秒であることも分かった。

次に、端末が高速移動している場合のシミュレーション結果を図8に示す。図8(a)は、地上のみのシステムで周波数共用を行わない場合、図8(b)は、STICS のように衛星システムと周波数共用を行う場合で、呼の発生時間間隔と通信時間は、共に 30 秒である。周波数共用を行わない地上システムのみの場合には、端末のハンドオーバー時に空チャンネルがなく通信ができなくなるハンドオーバー失敗 (HO失敗) が、100 呼程度存在する。これは、ハンドオーバーによって各セルのチャンネルの必要数が変動し、地理的なチャンネル必要数の偏りが発生するが、地上セルのみの場合には、各セルのチャンネルが 10 チャンネルと固定であるため、チャンネルの必要数の変動に対応できずにハンドオーバー失敗が起りやすいためである。一方、衛星システムと周波数共用を行う場合は、ハンドオーバー



(a) 周波数共用なしの場合 (地上のみ)



(b) 周波数共用あり (STICS に相当)

図8 シミュレーション結果の一例 (端末が高速移動= 20[m/s] の場合)

失敗がなくなる。これは、衛星との周波数共有があると、衛星チャンネルは、地上の各セルで使用可能であるため、ハンドオーバーによって起こる各セルの地理的なチャンネル必要数の偏りに対応できるためであると考えられる。図8(b)では、ハンドオーバー失敗にならずに衛星システムとの通信が10呼程度存在する。このことを考慮すると周波数共有を行うSTICSの場合は、地上のハンドオーバー失敗に関して、地上のみシステムの場合が100呼程度であったのに比べて、ハンドオーバー失敗がなくなり、大きな改善効果があることが分かった。

これらの結果より、STICSのように衛星システムと周波数共有を行うシステムは、それを行わないシステムと比較して、周波数資源を有効に使うため、呼損数やハンドオーバー失敗回数を低下させることができることが分かる。

6 まとめ

STICSは、地上携帯電話システムと衛星携帯電話システムにより周波数資源を共用することによって、その利用効率を向上させる点に特徴があり、両システムを協調制御する機能の配備を含めた全体のシステムアーキテクチャの検討が必要である。また、災害時に想定される急激なトラフィック変動に対応するためには、トラフィック変動に対するダイナミック制御が必要である。そこで、本稿では、まず、3GPPに準拠したSTICSのシステムアーキテクチャの検討を提案した。そして、災害時などのトラフィック変動に対するための、ダイナミック制御の検討、高速ハンドオーバー処理の検討、トラフィック規制制御の検討を行った結果を述べた。そして、簡易モデルを用いた計算機シミュレーションにより、地上と衛星で周波数共有するSTICSは、周波数資源を有効に利用し、呼損やハンドオーバー失敗数を少なくできることを示した。

7 謝辞

本研究は、総務省の研究委託「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」により実施した。総務省の関係各位に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1 藁輪正, 田中正人, 浜本直和, 藤野義之, 西永望, 三浦龍, 鈴木健二, “安心・安全のための地上／衛星統合移動通信システム,” 信学論B, Vol.J91-B, No.12, pp.1629-1640, Dec. 2008.
- 2 G. Motoyoshi, Y. Fujino, H. Wakana, A. Miura, and N. Hamamoto, “Overall Architecture and Traffic Dynamic Control Method in the Satellite/Terrestrial Integrated Mobile Communication System,” 29th AIAA ICSSC-2011, 2011-80, Dec. 2011.

- 3 3GPP, “Universal mobile telecommunications system (UMTS); LTE; architecture enhancements for non-3GPP accesses,” 3GPP TS 23.402 version 10.4.0 Release 10, June, 2011.
- 4 3GPP, “Operator Determined Barring (ODB),” 3GPP TS 22.041 version 7.0.0 Release 7, March. 2007.



岡田和則 (おかだ かずのり)

ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員
博士(工学)
移動通信ネットワーク、非常時通信、宇宙通信システム



藤野義之 (ふじの よしゆき)

東洋大学理工学部電気電子情報工学科教授／元ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員
(～2013年4月)
博士(工学)
衛星通信、アンテナ、無線電力伝送



辻 宏之 (つじ ひろゆき)

ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員
博士(工学)
航空機・無人機通信システム、ミリ波帯高速移動体通信



三浦 周 (みうら あまね)

ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員
博士(情報科学)
衛星通信、アンテナ