

3G (CS/PS) 収容エリアのサービス中断回避を 目的とした Iu Flex の開発

ドコモ NW の All-IP 化によるトラフィック伝送能力の高速化や、スマートフォンの普及に伴うパケットトラフィックの増加を受け、故障に対する信頼性の向上が重要となっているが、加入者階梯の交換機が故障となった場合、その収容エリアは、故障の復旧まで全域でサービス中断が発生するという課題がある。「いつでもつながる NW」、「安心・安全な NW」をユーザに提供するために、加入者階梯交換機と無線制御装置間の接続をメッシュ化し、加入者階梯交換機の故障時も、別の装置で処理を行うことを可能とする Iu Flex の開発を行った。

ネットワーク開発部

かめざき しんご えなつ しゅんすけ
亀崎 真吾 江夏 俊輔おいかわ やすゆき
及川 康之

無線アクセス開発部

なかむら ゆういちろう
中村 雄一郎

1. まえがき

ドコモのネットワーク（以下、NW）は、音声呼の処理を行う CS（Circuit Switched）ドメインを ATM（Asynchronous Transfer Mode）^{*1} ベースで、パケット呼の処理を行う PS（Packet Switched）ドメイン^{*2} を IP ベースで構築しているが、CS ドメインを IMS（IP Multimedia Subsystem）^{*3} を用いて IP 化することで、All-IP 化を進めている[1]。これにより、音声通信とパケット通信とを連携させるサービスを効率的かつ迅速に提供可能となる。CS ドメインの IP 化に伴い、今後導入する加入者階梯^{*4} 交換機である SIN（Signaling Interworking Node for 3G access）については、設備収容効率を考え、従

来の交換機よりも収容/処理能力の高いモデルとなっている。その結果、1台の交換機に収容されるエリアが広範囲となり、エリア内の都道府県庁や警察・消防などの指定重要機関が増加するため、装置故障時の影響が大きくなることが想定される。そこで、「安心・安全な NW」とするために、緊急呼などの人命にかかわる重要通信を利用できない事象が発生しないよう、信頼性・可用性の向上が必要である。

また、PS ドメインにおいても、スマートフォンの普及や携帯電話による動画閲覧など、Web コンテンツのリッチ化によりパケットトラフィックが増加しており、「いつでもつながる NW」として、ユーザに安定した品質の通信サービスを提供できる

よう、PS ドメインの加入者階梯交換機である SGSN（Serving GPRS（General Packet Radio Service）Support Node）についても、CS ドメインと同様に故障に対する信頼性の向上が必要となっている。

加入者階梯交換機である SIN/SGSN の故障に対する信頼性を向上させるため、ドコモは 3GPP 標準で規定されている Iu Flex を導入する[2]。Iu Flex とは、SIN/SGSN と無線制御装置である RNC（Radio Network Controller）との間の接続をメッシュ化することにより、SIN/SGSN の故障時も別の装置で処理を行うことで、サービス影響の低減を可能とする機能である。

本稿では、Iu Flex の基本機能、ドコモ NW 特有の課題とその解決方法

*1 ATM：セルと呼ばれる固定長のフレームを逐次転送する通信方式。

*2 PS ドメイン：パケット交換（Packet Switch）に基づくサービスを提供する NW ドメイン。

*3 IMS：3GPP で標準化された、固定電話

NW や移動通信 NW などの通信サービスを、IP 技術やインターネット電話で使われるプロトコルである SIP（Session Initiation Protocol）で統合し、マルチメディアサービスを実現させる通信方式。

について解説する。

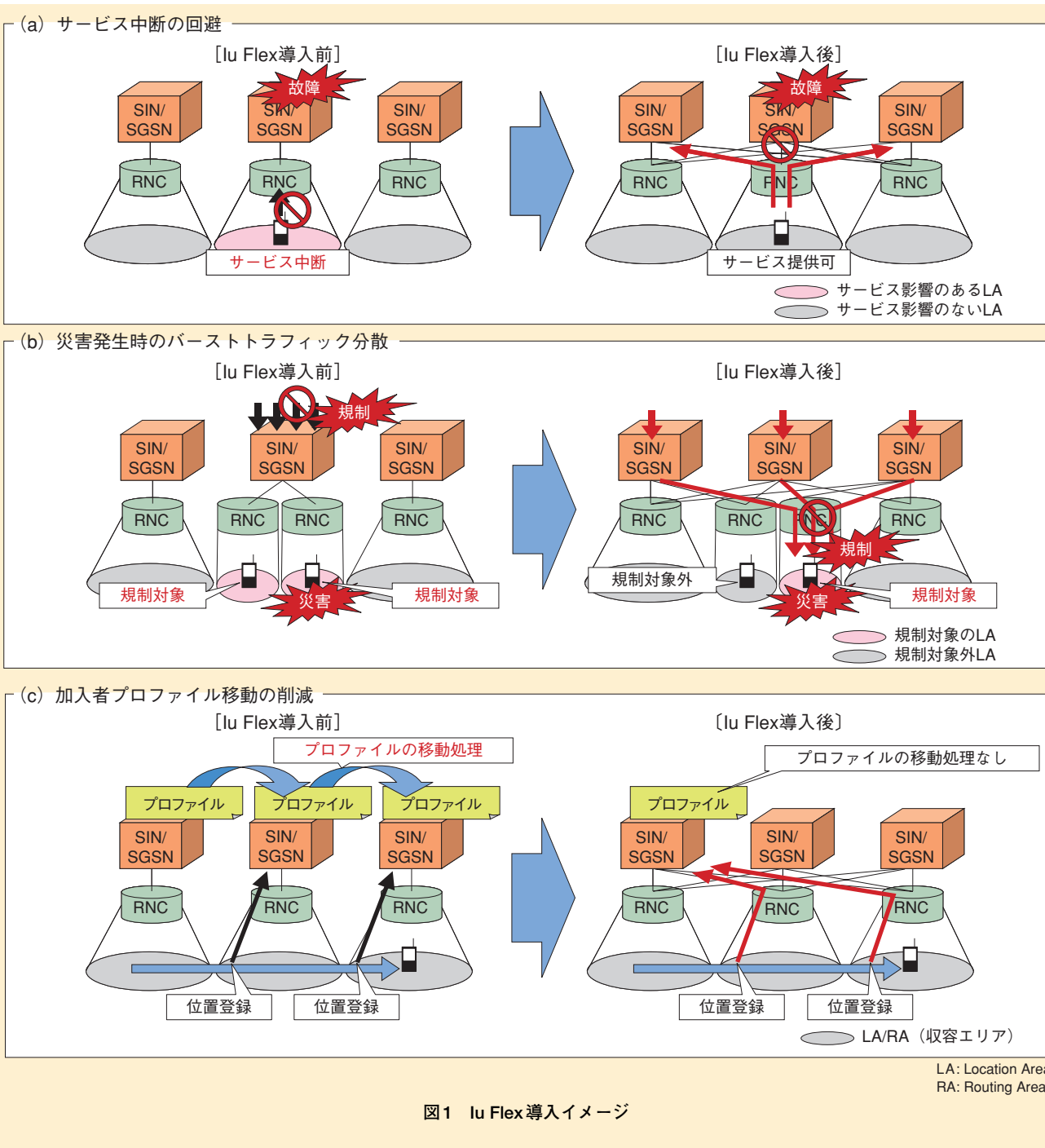
2. Iu Flex 基本機能

Iu Flex の導入によるサービス中断

の回避イメージを図 1 (a) に示す。
Iu Flex の導入前は、SIN/SGSN の故障時に収容配下のユーザに対してサービス中断が発生していたが、Iu

Flex の導入により、別の装置でサービス提供を継続することで、信頼性の向上が実現される。

また、Iu Flex 開発のねらいとして



* 4 加入者階梯：交換網の最下層に相当する階梯であり、無線装置からの加入者線を直接収容し、回線交換制御を行う交換機が属する。

は、信頼性向上だけでなく、「災害発生時のバーストラフィック分散による加入者階梯交換機の輻輳^{*5}回避」「加入者プロフィール^{*6}移動の削減によるNWの負荷軽減」の2点も挙げられる。

災害発生時のバーストラフィック分散を図1(b)に示す。Iu Flex導入前は、地震などの大規模災害が発生すると、その地域のユーザへの着信（見舞い呼）が集中することによる交換機の輻輳防止を目的とした着信規制を実施するため、収容エリア全域で一時的につながりにくくなる事象が発生していた。図1(b)に示すように、Iu Flexの導入により、見舞い呼を複数の交換機で分散して処理を行うことで交換機の輻輳発生が抑止されるため、災害発生地域を収容するRNCのみへの規制が可能となる。これにより、規制対象エリアを限定化し、災害時にもNWのコントロールを適切に実施可能となる。

加入者プロフィール移動の削減を図1(c)に示す。Iu Flex導入前は、移動端末がSIN/SGSNの収容エリアをまたがるたびに位置登録を行い、加入者プロフィールの移動処理を行っていたが、図1(c)のとおり、Iu Flexの導入後は、メッシュ化によりSIN/SGSNの収容エリアが拡大するため、加入者プロフィールの移動処理が削減される。これにより装置の処理や信号が削減されるため、NWの負荷軽減が可能となる。

Iu Flexのシステム・エリア構成例を図2に示す。Iu Flexでは、RNCを1つのSIN/SGSNに帰属させる従来

の構成を、複数のSIN/SGSNに帰属させる構成とすることで、NWの信頼性を向上させることを目的としている。よって、SIN/SGSNごとに個別に管理していた収容エリアを、複数のSIN/SGSN群で共有、管理を行うこととなる。このSIN/SGSN群により収容されるエリアをPool Areaという。

音声通信などの呼処理に用いる加入者プロフィールは、導入前と同様に1つのSIN/SGSNにのみ収容されるため、呼処理にはNRI (Network Resource Identifier) という識別子を利用し、個々の加入者プロフィールを収容する装置の特定を行う。NRIは位置登録の際に、CSドメインではSINが払い出すTMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)^{*7}、PSド

メインではSGSNが払出すP-TMSI (Packet-TMSI) の一部として、移動端末に通知される。移動端末が呼処理信号をRNCに送信する際、IDNNS (Intra Domain NAS Node Selector) と呼ばれる上位ノード選択用のパラメータにNRIを設定することで、RNCが加入者プロフィールを収容している装置の特定を可能としている。

3. NWの品質向上のための拡張機能

ドコモではIu Flexの導入にあたり、NW品質のさらなる向上のために、装置故障時の呼救済方式、区間故障^{*8}時の位置登録方式、Iu Flex非対応端末へのサービス提供方式、保守監視機能の4点について、機能

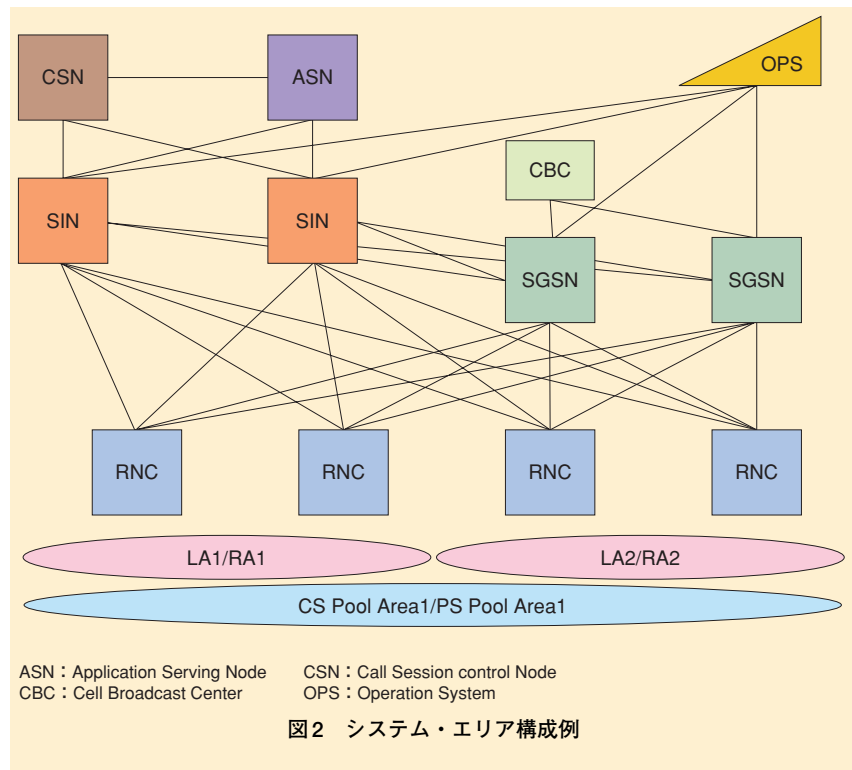


図2 システム・エリア構成例

*5 輻輳：通信の要求が短期間に集中して交換機の処理能力を超え、通信に支障が発生した状態。
 *6 加入者プロフィール：契約、ユーザ設定、在圏情報などのサービス制御に必要な情報。

*7 TMSI：UIM (User Identity Module) 内に格納される、移動通信で使用するユーザごとにNW内で一時的に割り当てられる番号。

*8 区間故障：加入者階梯交換機と周辺装置を結ぶリンクの故障。該当するリンクを構成するスイッチやルータまたはインタフェースの作動不良などにより、正規の通信が不能になった状態。

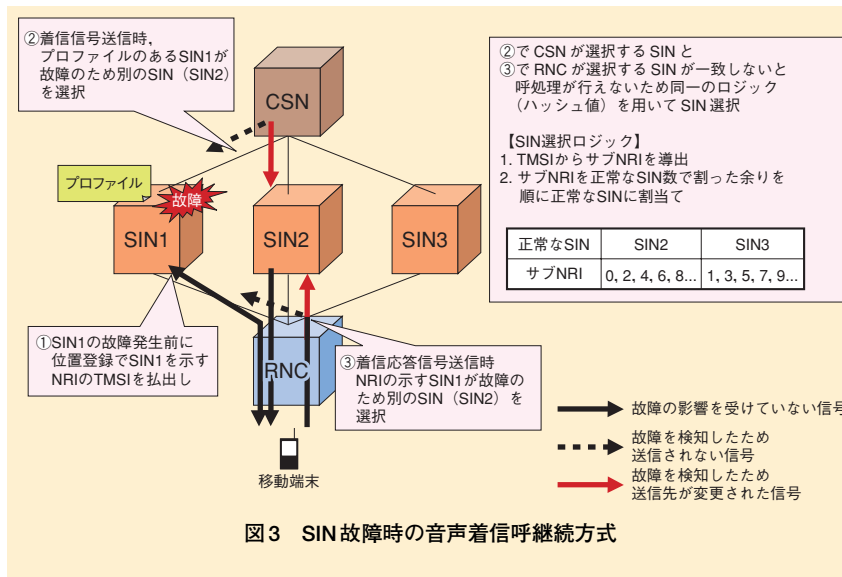
拡張を行っている。

3.1 装置故障時の呼救済方式

Iu Flexの標準機能では、SIN/SGSNの装置故障が発生した場合、他の装置に加入者プロフィールが作成されるまで発着信などの呼処理が行えず、呼損となる。しかし、発信処理時には初回の発信で呼損となる際に位置登録が行われるため、次回以降の呼処理は実施可能となる。一方、着信処理にて呼損となる際は位置登録が行われないため、何度着信があっても呼損となり、移動端末からの位置登録が行われるまで復旧しないという問題がある。音声通信はリアルタイム性の高いサービスのため、SIN故障時も音声着信を呼損としない仕組みを取り入れている。

SIN故障発生時は、別の正常なSINにより呼処理を行うことで音声着信を可能とする。このとき、移動端末は故障したSINのNRIを保持しているため、RNCは、NRI以外の手段でCSN (Call Session control Node)^{*9}が接続要求を送信したSINを特定し、呼出し応答を送信する必要がある。このため、移動端末に通知したTMSIの一部をサブNRIとして定義し、CSN、RNCでサブNRIを用いた同一のロジックによりSINの選択を行うことで、音声着信を可能としている。具体的な手順を次に示す(図3)。

①SINは、位置登録処理で移動端末にTMSIを払い出す際に、その一部であるサブNRIをCSNに通知、CSNは加入者単位でサ



ブNRIを保持する。

②CSNは、音声着信処理で接続要求信号をSINに送信する際、加入者プロフィールの示すSINが故障中の場合は、保持しているサブNRIのハッシュ値により選択されたSINに接続要求を送信する。接続要求を受信したSINは、移動端末に呼出し要求を行う。

③RNCは、移動端末からの呼出し応答をSINに返送する際、NRIの示すSINが故障中の場合は、CSNと同一のサブNRIのハッシュ値により、選択されたSINに応答を返送する。

この方式により、音声着信の呼救済を可能としている。

3.2 区間故障時の位置登録方式

Iu Flexでは、SIN/SGSNの故障時に他の処理可能な装置へ迂回するこ

とにより信頼性向上を実現しているが、さらなる信頼性の向上を目的として、区間故障時にもサービス中断を極力回避する仕組みを取り入れている。

ドコモ3G NWでは、アタッチ^{*10}、位置登録処理をCS/PS連携して実施するCombined位置登録方式を採用している。この場合、移動端末からの位置登録信号を受信したSGSNは、SINを経由してHLR (Home Location Register)^{*11}に位置登録信号を送信し、当該装置に対して加入者プロフィールをダウンロードする手順となる。

ここで、SGSNが選択したSINのIu区間 (CS-Iu区間^{*12}) が、リンク断^{*13}などの回線故障で故障状態となっていた場合、加入者プロフィールが正常に作成されても、CS-Iu区間が故障状態であるため、以降の音声呼の発着信が不可能になってしまう問題がある。

*9 CSN：CS-IP NWにおいて、セッション制御を実施するノード。IMSの標準アーキテクチャ上では、I/S-CSCF (Interrogating/Serving-Call/Session Control Function) に相当する。

*10 アタッチ：移動端末の電源ON時などにおいて、移動端末をNWに登録する処理。

*11 HLR：3GPP上で規定される加入者情報の管理機能および呼処理機能を有する論理ノード。

*12 CS-Iu区間：SINとRNCとの区間。

*13 リンク断：該当する区間でレイヤ2レベルの通信が不能になった状態。

SGSNは、隣接装置や隣接区間であれば故障を検出できるが、CS-Iu区間故障の場合には、故障かどうか判断できないことが課題である。

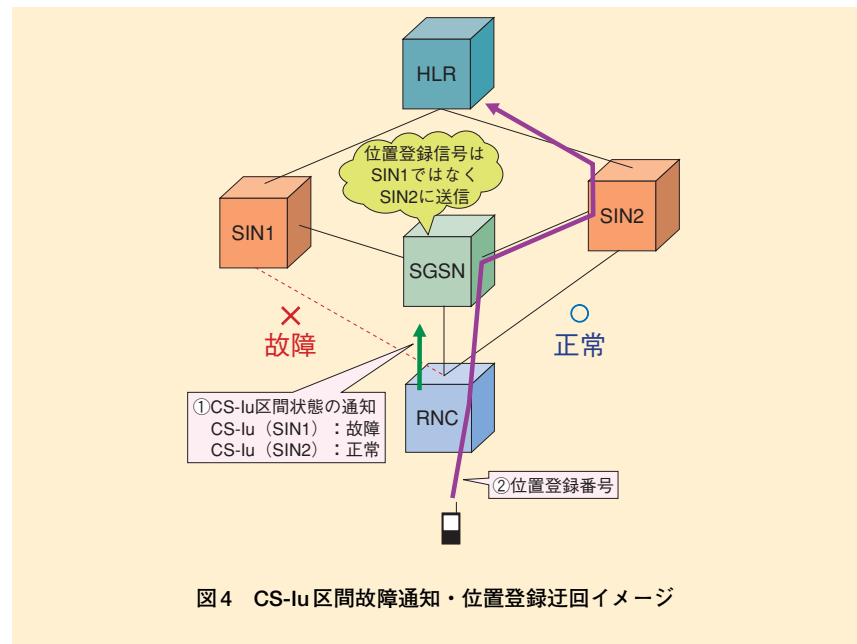
そこで、この課題を解決するために、CS-Iu区間状態（正常・故障）をSGSNで把握したうえで、SINを選択する機能を実現している。本機能のイメージを図4に示す。RNCは、対向SGSNが所属するCS Pool^{*14}内のSINとのヘルスチェック^{*15}状態を、SGSNに通知する。そこでSGSNは、当該RNCと故障状態にあるSINのNRIを対応付けて記憶する。これにより、位置登録処理の際のSIN選択論理として、CS-Iu区間故障時には当該ノードを選択することなく、他の装置を選択することが可能となる。

3.3 Iu Flex 非対応端末へのサービス提供方式

RNCは、移動端末から送信されたIDNNSに設定されるNRIを基に、接続先SIN/SGSNをRNCで決定するが、NRIの設定されていないIDNNSを通知するなど、適切なIDNNS設定がなされない移動端末に対してもIu Flex機能を有効とするために、次の機能追加を行っている。

(1)音声発信

RNCは、IDNNSよりSINのNRI情報を取得できなかった場合、移動端末から通知されるTMSIより、直接NRIを参照し、接続先SIN情報を取得する。



(2)音声着信

RNCは、SINより送信される呼出し要求信号に設定されているNRI情報とTMSI/IMSI (International Mobile Subscriber Identify)^{*16}をくくり付けて保持する。その後、IDNNSよりSINのNRI情報を取得できなかった場合、移動端末より通知されるTMSI/IMSIから保持しているNRI情報を検索し、接続先SINを決定する。

(3)パケット発着信

RNCは、IDNNSよりSGSNのNRI情報を取得できなかった場合、接続先として保持しているSGSNの中で保守者が設定した優先順位が最も高いSGSNを選択する。また、高優先SGSNの故障を検出した場合は、低優先SGSNへ自動的に接続先を切り替え、サービス中断を回避する。なお、高優先SGSNが回復した場合は、低優先SGSNから高優先SGSN

へ、接続先を再度自動的に切り替える。

3.4 保守監視機能

Iu Flexの導入にあたり、保守運用を円滑に行うために、次の3つの機能追加を行っている。

(1)加入者プロフィール作成試験機能

故障により孤立化^{*17}させた該当SIN/SGSNに対して、故障措置後の試験呼^{*18}による正常性確認を可能とさせるために、加入者プロフィール作成試験機能を具備している。本機能を用いることで、オペレータが特定のSIN/SGSNへ加入者プロフィール作成を指示し、試験呼を当該SIN/SGSNへ接続させることが可能となる。動作概要を図5に示す。

試験呼ユーザーをオペレーションシステム (OPS) より試験呼登録し、試験対象とするSIN/SGSNに対して加入者プロフィール作成要求を実施

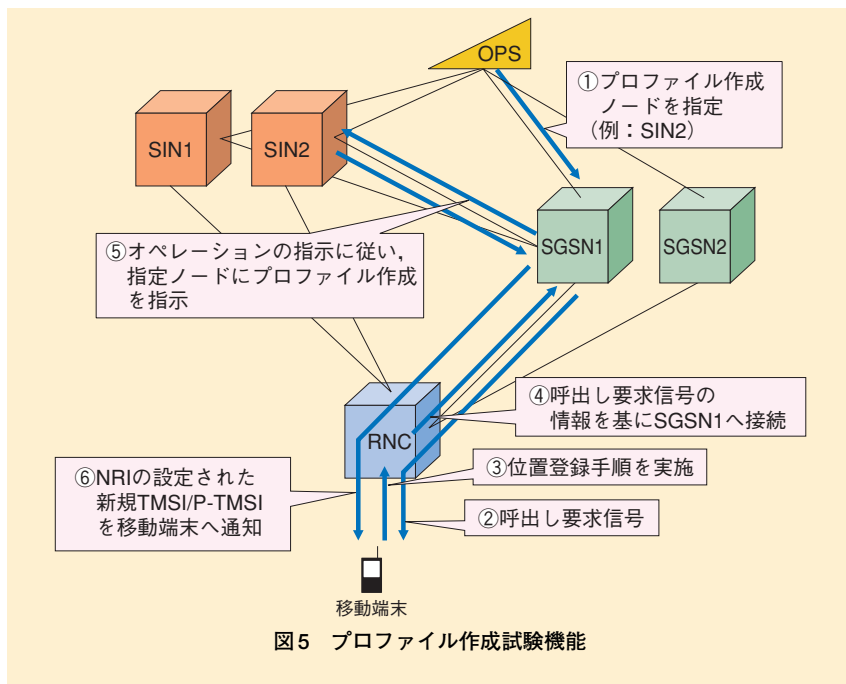
*14 CS Pool：Pool Areaを構成するCSドメインの加入者階梯交換機群。

*15 ヘルスチェック：隣接装置の稼働状態を定期的にチェックすることにより、異常の発生を検知する方式。

*16 IMSI：UIM内に格納される、移動通信で使用するユーザーごとに固有の番号。

*17 孤立化：周辺ノードに該当ノードを選択しないように認識させ、周辺ノードが呼処理信号を別ノードに送信させることで、該当ノードを使用しない状態。

*18 試験呼：一般ユーザーの通常呼とは異なり、NWの正常性確認や故障切分けなどを実施するための、試験用に生起された呼。



する。

要求を受けた SIN/SGSN は呼出し要求信号を送信し、それを受けた当該移動端末は位置登録処理を行う。このとき、RNC は、IDNNS に設定された NRI が示す SIN/SGSN ではなく、呼出し要求信号送出 SIN/SGSN へ接続を行う。それにより、試験対象とする SIN/SGSN に当該移動端末の加入者プロファイルが作成され、移動端末にも新規 TMSI/P-TMSI が通知される。

以降、当該移動端末からの発着信時には、当該 SIN/SGSN の NRI 情報が設定された IDNNS が通知されるため、当該 SIN/SGSN へ接続を行う試験呼試験が可能となる。

なお、孤立化した当該 SIN/SGSN へ接続可能とするため、RNC と SIN/SGSN との間のヘルスチェック結果が NG の場合においても、試験呼登

録された当該移動端末からの発着信呼は、指定 SIN/SGSN に接続する。

(2) 位置登録強制 (手動) 迂回機能

Iu Flex では通常、RNC または SGSN の選択ロジックにより、システムが位置登録先の SGSN または SIN を決定する処理となっている。SIN または SGSN において、個々の装置ごとに収容可能な加入者プロファイル数は有限となっており、その数は各々異なるため、収容可能な加入者プロファイル数の上限を設定できるようにしている。この目的は、上限値到達前にノード間における加入者プロファイル数の偏りを是正するため、他の装置に対して位置登録を強制的に迂回させるようにすることである。通常、このような加入者プロファイルの偏りはシステムで検出し、迂回指示を行うことができる。

さらに、ユーザへのサービスに影響

が出ないように孤立化を実施する場合など、保守者判断により手動での位置登録迂回機能を起動し、該当装置収容の加入者プロファイルを減少させる機能も開発している。動作概要を図6に示す。

保守者が任意の SIN/SGSN へコマンド投入し、位置登録迂回状態とする。その際、RNC に対して、当該装置が位置登録迂回状態であることを通知する。これを受けた RNC は、アタッチ/位置登録の際、その SIN/SGSN を選択対象外とする。これにより、それぞれの契機で RNC は同一 Pool 内の別 SIN/SGSN へ位置登録信号を送信するようになるため、順次、他装置に対して加入者プロファイルを移行させることが可能となる。

(3) 警報多発対策機能

ドコモでは保守オペレーションとして、全国の SIN/SGSN が検出した警報の監視を行っている。Iu Flex の導入後に RNC の故障が発生した場合、帰属するすべての SIN/SGSN がその故障を検出し、多数の警報が一斉に発出されるため、同時表示数の制限から、他の警報が表示されないという問題がある。保守オペレーションシステムで表示される警報数を削減するため、Pool Area 内の複数の装置が発出した同一要因の警報は、1つの警報としてまとめて表示する機能の開発を行っている。

4. 装置故障時の迂回方法

Iu Flex 導入後に装置故障が発生し

た際の呼処理には、Combined位置登録処理と音声着信処理の2つの処理がある。

4.1 Combined 位置登録

SGSN故障時の位置登録シーケンスを図7に示す。

移動端末は、Initial Direct Transfer信号^{*19}中のIDNNSにNRIを1と設定して、RNCに送信する(図7①)。

RNCはNRIが示すSGSNを選択するため、通常はSGSN1が選択される。ところが、このとき、SGSN1ではノードが故障しているため、RNCとSGSNとの間のヘルスチェック結果がNGとなっている。よって、SGSN2を選択し、Initial UE message^{*20}として位置登録要求信号を送信する。その際、Initial UE messageにSINを示すNRIをCS node selector^{*21}として設定する(図7②③)。

ここでSGSN2は、CS node selectorが示すSIN2を選択し、位置登録要求信号を転送する(図7④)。

SIN2はIPSCP (IP Service Control Point)^{*22}に対して位置登録要求信号を送信し(図7⑤)、それを受信したIPSCPは加入者情報取得要求信号をSIN2に返信し(図7⑥)、それぞれの応答信号を送受信した後(図7⑦⑧)、SIN2、SGSN2を経由して移動端末まで位置登録応答信号を送信し、位置登録処理が完了する(図7⑨⑩)。

4.2 着SIN故障時の音声着信シーケンス

着SIN故障時の音声着信処理について、着側のシーケンスを図8

に示す。

発CSNは着CSNへ呼接続要求を実施し、着CSNは着ASN (Application Server Node)に呼接続要求を転

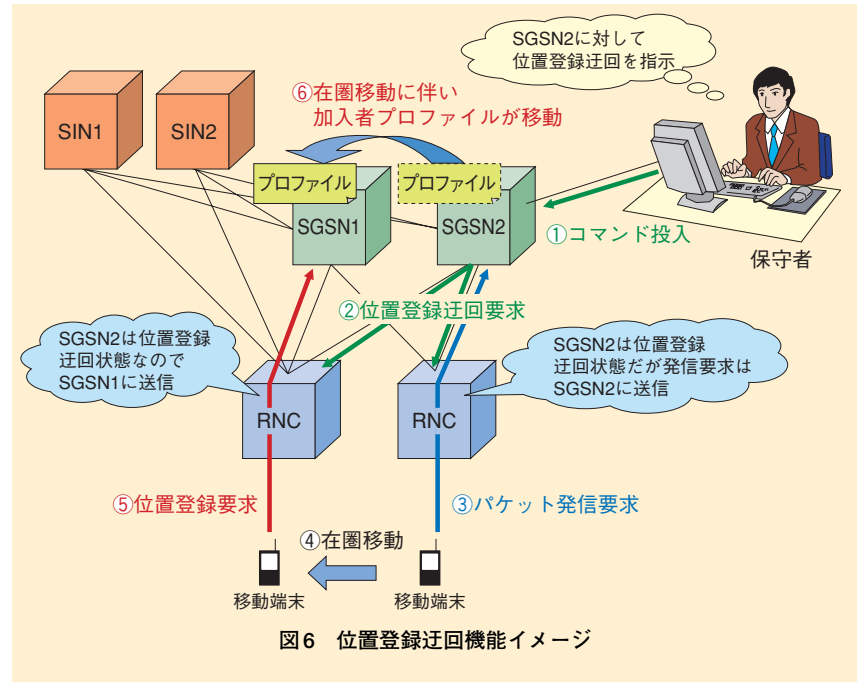


図6 位置登録迂回機能イメージ

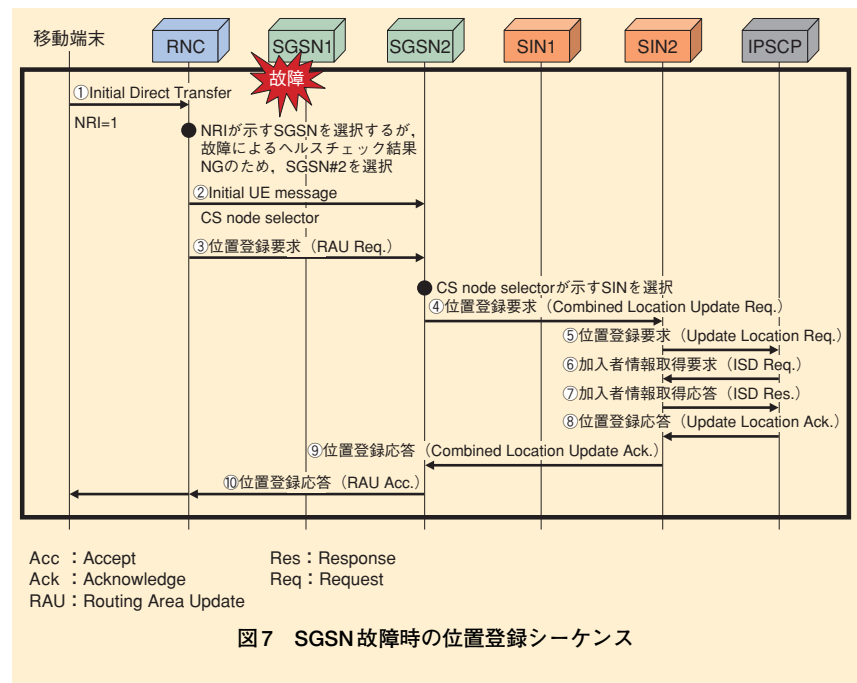


図7 SGSN故障時の位置登録シーケンス

* 19 Initial Direct Transfer信号：SIN/SGSNとのシグナリングコネクションを確立するために、移動端末からRNCへ送信されるメッセージ。
 * 20 Initial UE message：RNCとSIN/SGSNとのIuコネクションを確立するために、

RNCからSIN/SGSNへ送信されるメッセージ。
 * 21 CS node selector：SGSNがSINを選択するための識別子であり、CSドメインのNRIを設定する。
 * 22 IPSCP：ドコモNWにおけるHLR。

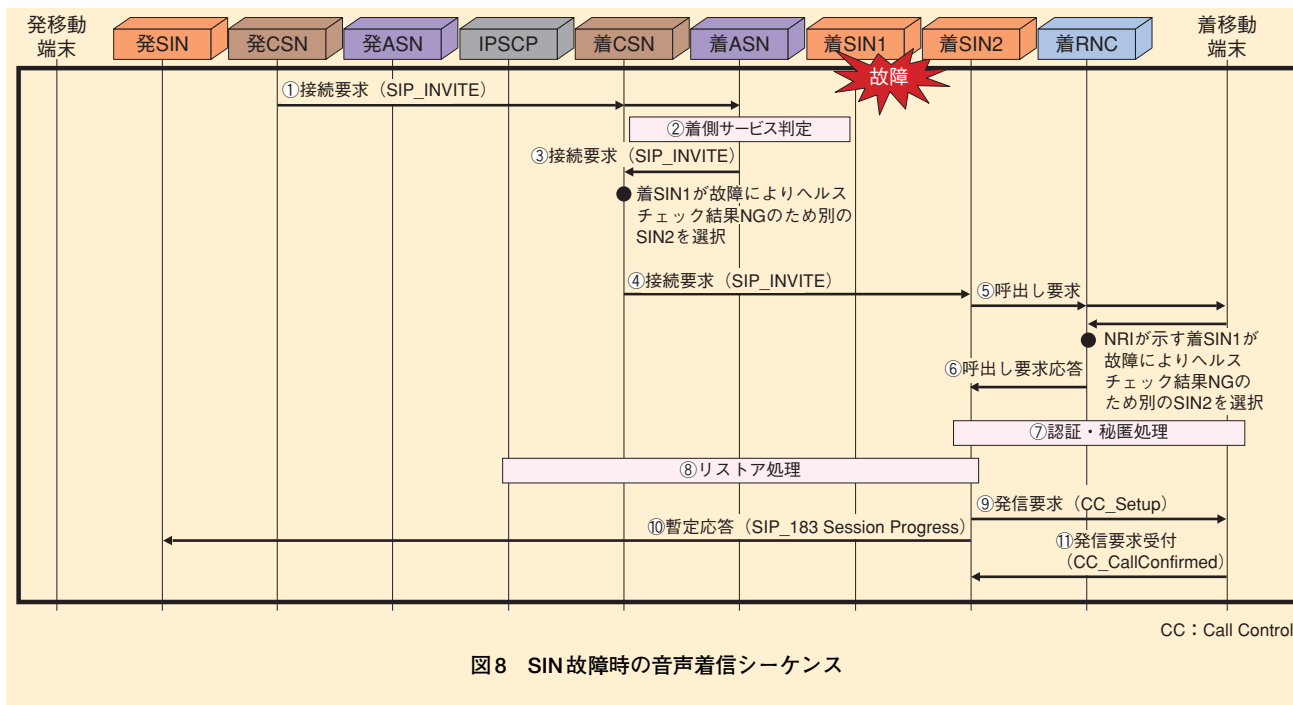


図8 SIN故障時の音声着信シーケンス

送する (図8①)。

着ASNで着加入者の契約状態判定、着側のサービス制御を実施した後、着CSNへ呼接続要求を実施する (図8②③)。着CSNは着加入者が在圏する着SIN1へ呼接続要求を実施するが、このとき着SIN1が故障中の場合は、別のSIN2へ呼接続要求を送信する (図8④)。呼接続要求を受信した着SIN2は、着移動端末に対して呼出し要求を行う (図8⑤)。RNCは移動端末からの呼出し要求応答を受信し、信号内のNRIから着SINを導出し、呼出し要求応答を返送するが、NRIの示す着SIN1が故障中のため、サブNRIの示す別の

SIN2に返送する (図8⑥)。認証・秘匿処理により、移動端末に着SIN2を示すNRIを含むTMSIの払出しを行い、リストア処理により加入者プロフィールを移動させ、着移動端末へ呼接続要求を実施する (図8⑦～⑨)。以降は、通常の音声着信シーケンスと同等の手順となる。

5. あとがき

本稿では、加入者階梯交換機の故障時のサービス影響を低減できる Iu Flexの開発について解説した。本機能により、NW品質が向上し、「安心・安全なNW」、「いつでもつながるNW」の実現が可能となる。2011

年3月下旬より、全国への Iu Flexの導入を行っているが、今後は、SMSなどの音声呼以外のサービスについても Iu Flex機能へ対応させるなど、さらなるNW品質の向上への取組みを進めていく。

文献

- [1] 嶋田, ほか: “サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発,” 本誌, Vol.18, No.1, pp.6-14, Apr. 2009.
- [2] 3GPP TS23.236 V8.0.0: “Intra-domain connection of Radio Access Network (RAN) nodes to multiple Core Network (CN) nodes,” Dec. 2008.