

Technology Reports

LTE/LTE-Advanced のさらなる発展 — LTE Release 10/11 標準化動向 —

M2M 通信コアネットワーク基盤と輻輳対策技術

今後 M2M デバイスの数はさらに増加していくと予測されており、ネットワーク事業者は、それら大量のデバイスを収容するにあたり高い信頼性を提供していく必要がある。3GPP では M2M を収容するコアネットワークアーキテクチャに加え、大量の M2M デバイスによる輻輳に対応するための技術や M2M の特性を活かした信号削減技術などが規定された。本稿では、それらの M2M 最新技術について解説する。

ネットワーク開発部
 ささだ けいすけ 田中 威津馬
 籓田 圭祐
 こしみず たかし
 輿水 敬

1. まえがき

M2M (Machine to Machine) 通信とは、3GPP における MTC (Machine Type Communication) のことで、人の手を介さず行われる通信と定義されている[1]。日本でも、従来よりユビキタスマジュールなどの端末を用い、広く利用されている。

3GPP では、2010 年ごろの Release 10 (以下、Rel.10) から現在にかけて、M2M 通信のさらなる発展をめざし、技術仕様検討が活発に行われ、ドコモも 3GPP において技術仕様策定への貢献を積極的に行っている。

本稿では、3GPP の Rel.10 から Rel.11 にかけて標準化された機能の

うち、最大の主眼であった、M2M サービス事業者がソリューションを導入しやすくする M2M コアネットワーク^{*1}の通信基盤と、大量の端末を収容するネットワークの信頼性向上につながる輻輳^{*2}対策技術について解説する。

2. M2M コアネットワーク通信基盤概要

Rel.11 で M2M コアネットワークの基盤となるアーキテクチャが規定された (図 1) [2]。Rel.11 で新しく追加された追加論理エンティティ^{*3}は、SCS (Service Capability Server)^{*4}と、MTC-IWF (Machine Type Communication-InterWorking Function)^{*5}である。

SCS は、端末との通信を終端し、

M2M アプリケーションが実装された装置である。

MTC-IWF はさまざまな機能を具備するが、主な機能は以下のとおりである：

- ① SCS から 3GPP network への接続要求信号の認証
- ② SCS からの C-Plane (Control Plane)^{*6} 要求信号の認証
- ③ Device Trigger 機能

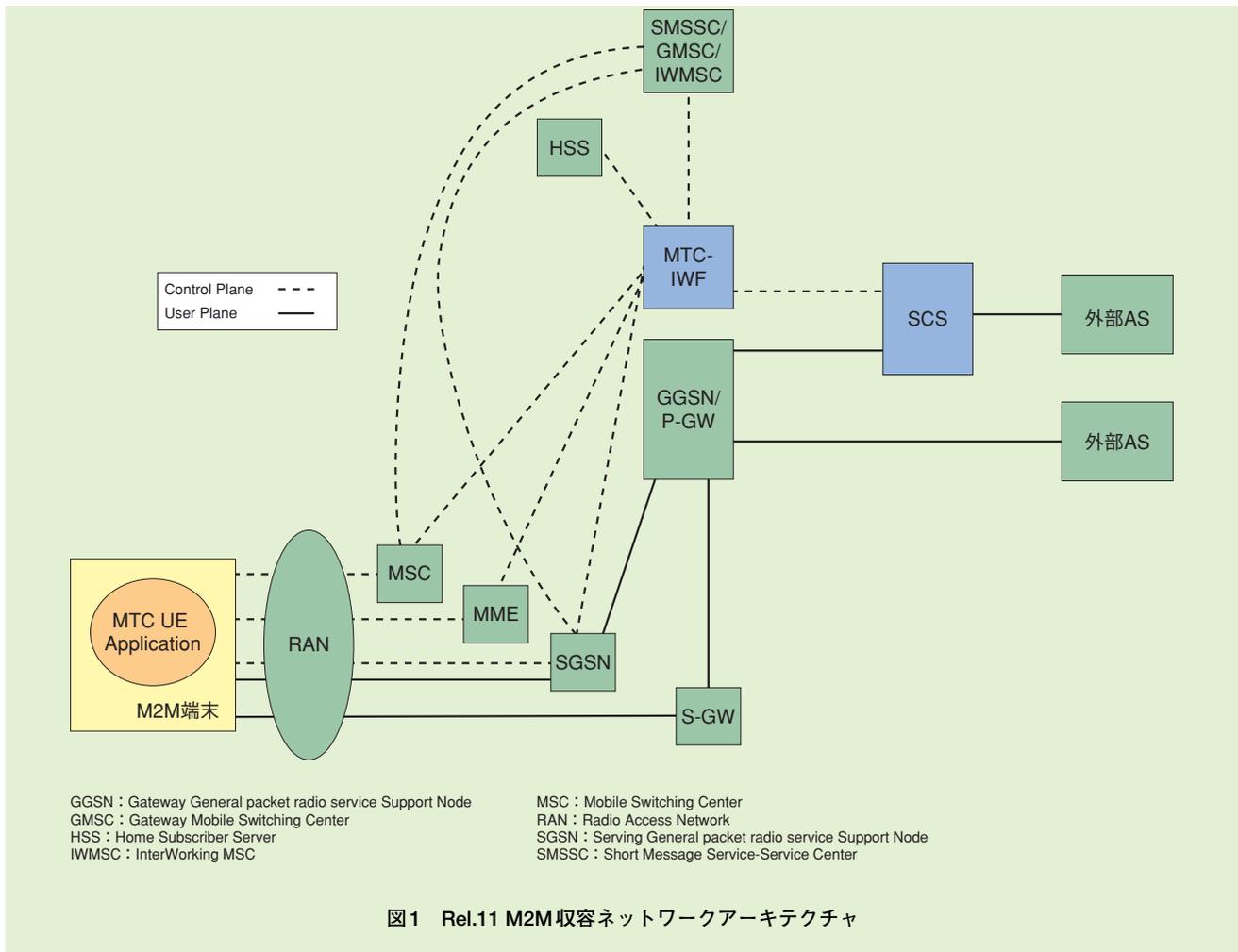
Rel.11 では、これら装置を用いて外部 AS (Application Server) からの着信を実現する Device Trigger の手順と、その際に外部 AS が利用する外向け M2M 端末識別子 (External Identifier) が規定された。

External Identifier とはグローバルに端末を一意に特定できる、M2M

© 2013 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 コアネットワーク：交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。
 *2 輻輳：通信の要求が短時間に集中してネットワークの処理能力を超え、通信に支障が発生した状態。

*3 エンティティ：論理アーキテクチャにおいて、機能を提供する構成要素。
 *4 SCS：端末との通信を終端し、M2M アプリケーションが実装する装置。
 *5 MTC-IWF：3GPP network への接続要求信号や Control Plane 要求信号の認証や Device Trigger 機能を実装する装置。



サービス事業者と3GPP網の間で利用する識別子である。これを規定することにより、M2Mサービス事業者は「IMSI (International Mobile Subscriber Identity)^{*7}」「MSISDN (Mobile Station International Integrated Services Digital Network Number)^{*8}」「端末IPアドレス」の管理が不要になる。External Identifierを用いて、M2Mサービス事業者は端末の電話番号やIPアドレスを意識することなく、端末にSMS^{*9}を用いた着信

(PUSH含む)が可能になる。

3. M2M輻輳制御概要

前述のアーキテクチャの利用の有無にかかわらず、M2M端末を収容するネットワーク事業者においては、以下のような理由から、ネットワークの輻輳が生じる可能性がある[3]。

- ①故障した端末による継続的発信
- ②何らかの契機による、大量のM2M端末による同時発信

③特定時間のM2M端末同時発信

M2Mの対象となるデバイス数は、数千万など膨大な数になると予測されている。例えば自然災害などによるネットワーク装置障害などでデバイスの接続が切れてしまった場合、それらのデバイスは一斉に再接続を行うことも想定される。

M2M端末にネットワークを輻輳させない動作をするアプリケーションを搭載することができれば、上記

*6 C-Plane : 制御プレーン。通信の確立などをするためにやりとりされる、一連の制御処理をさす。

*7 IMSI : 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固有の番号。

*8 MSISDN : 3GPP上で規定される加入者に割り当てられる電話番号。

*9 SMS : テキストベースの短い文章を送受信するサービス。移動端末の制御用信号を送受信することにも用いられる。

の問題を回避することができるが、世界的な実態として必ずしも M2M 事業者にネットワーク事業者が望む動作の規定を強制することはできないことが一般的である。

そのため、ネットワーク事業者観点ではどのようなアプリケーションがネットワークに接続してきたとしても輻輳を制御するための手法が重要となってくる。

また、輻輳を引き起こす特定の通信を制御する際、その他の通信には影響をあたえず、通常どおりのサービスを提供することはネットワーク事業者としての責務である。

上記の要求条件を満たすため、Rel.10からRel.11にかけて、ネットワークが利用可能なさまざまな輻輳制御機能が標準化されてきた。

M2M 向け輻輳制御には、大きくわけて2つの要素技術が存在する。

1つは、M2M 端末・サービスを特定するための技術であり、2つめは、実際にネットワークで提供する輻輳制御の技術である。

3.1 M2M 端末特定方式

M2M の端末特定方式を検討するにあたり、3GPP では通信を「Low Priority」(低優先度)と「Normal Pri-

ority」(通常優先度)の二種類に分類した[4][5]。これは、一部の M2M 通信では一般サービス(音声・データ通信)よりも優先度が低いシナリオを想定した分類となっている。

低優先と位置づけられる M2M 端末は、「Low Access Priority Indicator (LAPI)」が設定される。LAPI は端末製造時に設定されてもよいし、M2M 事業者が OTA (Over-The-Air) などの技術を用いて遠隔書き込みを行うこともできる。なお、LAPI は、LTE、3G (W-CDMA)、2G (GSM) の 3GPP が定義するすべての無線アクセス向けに定義されている。

M2M 端末がネットワークに対し位置登録や発信を行うたびに、LAPI は端末からネットワークに通知され、データ通信(3G-PS ドメイン^{*10}、LTE)に関連するネットワーク装置(S-GW (Serving GateWay)^{*11}、P-GW (Packet data network GateWay^{*12})間でLAPI情報を保持する。

具体的な手順を、LTEにおけるアタッチ動作を例に図2で示す。

まず、端末は、発信を行う際に端末から無線制御装置(RNC (Radio Network Controller)^{*13}、eNB^{*14})にRRC (Radio Resource Control)^{*15}プロトコルの無線設定要求信号を送信

する。この信号にはLAPIが設定されており、無線制御装置は受信したLAPIを保持する。

そのうえで、端末はコアネットワークに対し、LAPIを含むNAS (Non-Access Stratum)^{*16}プロトコルのアタッチ^{*17}要求信号をLTEコアネットワーク装置(MME (Mobility Management Entity)^{*18})へ送信する。

LAPIは、MMEがLTEの交換機パケット通信経路(ベアラ^{*19})をネットワーク内で設定する際にGTP (GPRS Tunneling Protocol)^{*20}、PMIP (Proxy Mobile IP)^{*21}などのプロトコルを用い、通信ベアラを確立するネットワーク装置であるS-GW・P-GWに通知され、これらの装置は通信ベアラが確立している間、ベアラ設定情報(EPS Bearer Context)の1要素としてLAPIを保持する。

上記手順で受信したLAPIを用い、ネットワークは以下の機能を提供することができる。

1つめは、LAPI端末に限定した(非)優先制御である。例えば、無線/コアネットワーク装置による制御信号の処理の優先付けであったり、SGWによる下りデータトラフィック・端末呼出し処理の優先付けが提供できる。これにより、例えば

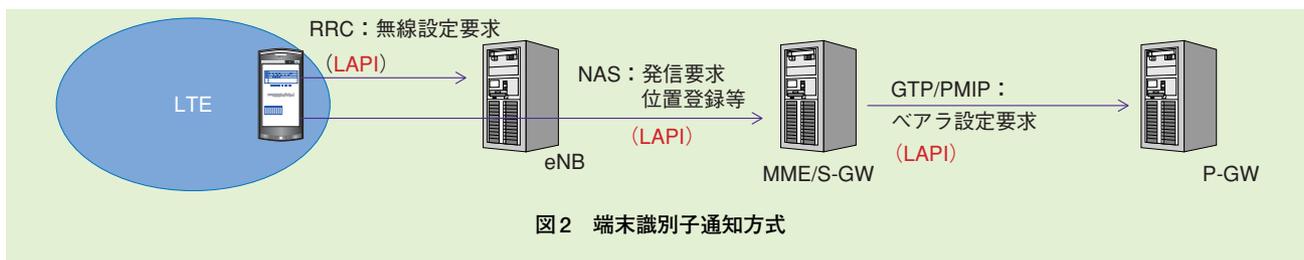


図2 端末識別子通知方式

*10 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ネットワークドメイン。

*11 S-GW：3GPP アクセスシステムを収容する在圏パケットゲートウェイ。

*12 P-GW：PDN との接続点であり、IP アドレスの割当てや、SGW へのパケット転送などを行うゲートウェイ。

*13 RNC：3GPP 上で規定されている、無線リソースの管理、移動端末の制御、基地局の制御を行うノード。

*14 eNB：LTE の基地局・無線制御装置。

*15 RRC：無線ネットワークにおける無線リソースを制御するプロトコル。

*16 NAS：UE とコアネットワークとの間の機能レイヤ。

*17 アタッチ：移動端末の電源投入時などにおいて、移動端末をネットワークに登録する処理。

*18 MME：eNB を収容し、モビリティ制御などを提供する論理ノード。

*19 ベアラ：本稿では、ユーザーデータパケットの経路。

輻輳時などに一般端末の通信を優先することが可能となる。

その他、LAPI 端末に対して特定の位置登録周期を通知することでネットワークへの信号量を削減することや、LAPI 端末へ専用の課金レートを適用することも可能である。

加えて、Rel.11では、上記LAPIの機能が拡張され、LAPI 端末であっても、一時的に通常の優先度で発信ができる機能が追加されている。

これは、例えば低優先度のM2M 端末がより緊急度の高い通信（緊急呼、警報など）を実施したい場合を考慮した機能である。

3.2 M2M 輻輳制御方式

(1) 発信抑止機能 (Backoff)

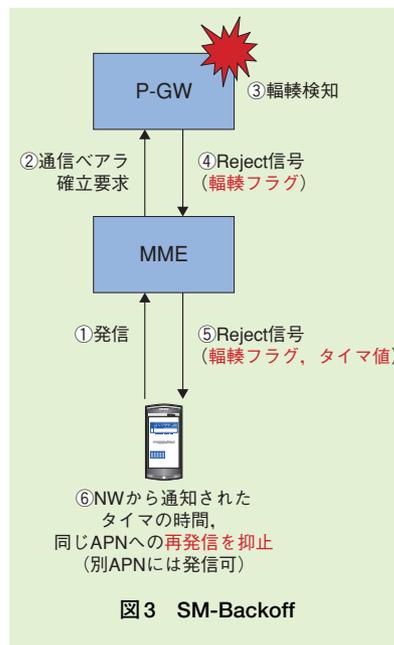
・ SM-Backoff

SM-Backoff (Session Management Backoff) とは、輻輳時などにM2M 端末からのパケット発信を抑止する機能である [4][5]。再発信抑止タイマ値を端末ごとにランダム化することで再発信のタイミングの分散を可能としている。本機能は2G/3G/LTE 向けに規定されているが、以下はLTE を例に手順を解説する (図3)。

端末よりMME にパケット発信を要求する。MME はP-GW に対して通信ベアラの設定を要求する (図3①②)。P-GW 内で、輻輳と判断した場合、P-GW は接続を拒否する輻輳フラグを設定したReject 信号を

MME に返す (図3③④)。P-GW よりReject 信号を受けたMME は輻輳フラグを検知し、端末へ輻輳通知と再発信抑止のタイマ値を含むReject 信号を送信する (図3⑤)。MME より輻輳通知と再発信抑止のタイマ値を受信した端末は、受信したタイマ値を設定し、手順①で発信を要求した接続先 (APN : Access Point Name *²²) に対する再発信をタイマが満了するまで待機する。この際、別のAPN への発信は可能である (図3⑥)。

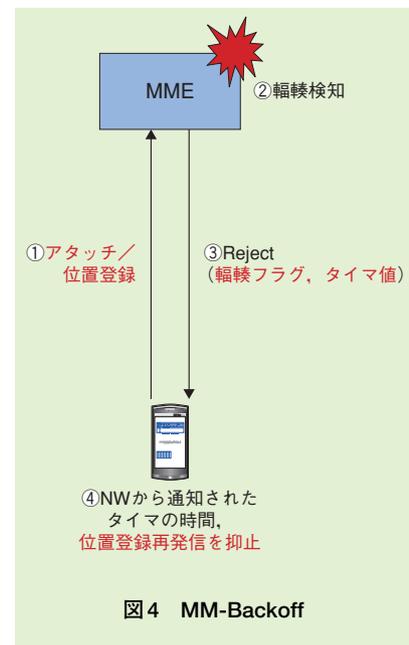
なお、手順①の段階で、MME で輻輳を検知した場合、あるいは、P-GW から輻輳をあらかじめ通知されている場合は、手順②の前に手順③を起動することもできる。



・ MM-Backoff

MM-Backoff (Mobility Management Backoff) とは、アタッチ/位置登録がネットワーク側で受け付けられない場合 (輻輳時) に、Reject 信号にランダム化されたタイマ値を設定し、その指定されたタイマの時間は端末からの再発信を抑止する機能である (図4)。

端末よりMME へ向けてアタッチ/位置登録を発信する (図4①)。MME において輻輳を検知し、端末に向けて輻輳フラグとランダム化されたタイマ値を設定したReject 信号を送信する (図4②③)。MME より輻輳通知と再発信抑止のタイマ値を受信した端末は、設定されたタイマ値が満了するまで待機する (図4④)。



* 20 GTP : ユーザデータの伝送を行うために利用される、コアネットワーク内での通信経路設定およびデータ転送などの機能を提供する通信プロトコル。

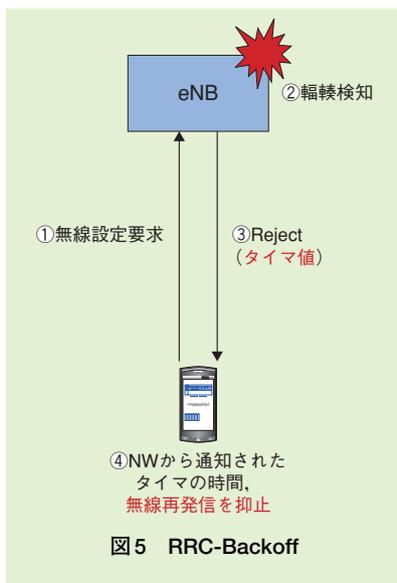
* 21 PMIP : ユーザデータの伝送を行うために利用される、LTE コアネットワーク内での通信経路設定およびデータ転送などの機能を提供する通信プロトコル。

* 22 APN : 接続先を特定する電話番号のようなもので、パケット通信を行う際に使用する。

・ RRC-Backoff

RRC-Backoffとは無線設定要求が無線ネットワーク内で受け付けられない場合（輻輳時）にReject信号にランダム化されたタイマを設定し、その指定されたタイマの時間は端末からの再発信を抑制する機能である（図5）。

端末よりeNBへ向けて無線設定要求を発信する（図5①）。eNBにおいて輻輳を検知し、端末に向けて輻輳フラグとランダム化されたタイマ値を設定したReject信号を送信する（図5②）。eNBより輻輳通知と再発



信抑制のタイマ値を受信した端末は、設定されたタイマ値が満了するまで待機する（図5④）。

(2) 信号削減機能

輻輳時の動作の規定の他に、M2Mの特性に特化した信号削減動作として周期位置登録タイマの延長が規定された[4][5]。

M2Mデバイス特性の1つとして、スマートメーターのような固定埋込み型端末に代表される移動性の少なさ（low mobility）がある。

周期位置登録とはもともと、頻繁に移動をするデバイスなどが移動を行わない場合でも、一定の周期で自身の位置をネットワークに通知するために使われる。移動が極めて少ないとされるM2Mデバイスの信号数削減を行う方式として、加入者単位での周期位置登録タイマを設定するためのプロトコル拡張がなされた[4][5]。

4. あとがき

本稿では、M2M通信を実現するためのアーキテクチャおよび、輻輳対策技術を中心に紹介した。

Rel.11のアーキテクチャはM2Mサービス事業者が管理する情報を減らすことで、M2Mソリューションをより効率よく導入できるサービス

基盤を提供することができる。

また、ネットワーク事業者は輻輳技術を用いることで、数千万など膨大な数になると予測されているM2Mデバイスを適切に運用し、ネットワークの信頼性を高めることができる。

3GPPでは、現在もM2M通信のさらなる高度化として、信号数の削減・通信の効率化などの観点で活発な議論が行われており、ドコモも継続して技術検討に寄与していく予定である。

文献

- [1] 3GPP TS 22.368 V11.6.0 : "Service requirements for Machine-Type Communications (MTC); Stage 1," 2012.
- [2] 3GPP TS 23.682 V11.3.0 : "Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications," 2012.
- [3] 3GPP TR 23.888 V11.0.0 : "System improvements for Machine-Type Communications (MTC)," 2012.
- [4] 3GPP TS 23.401 V11.5.0 : "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access," 2013.
- [5] 3GPP TS 23.060, V11.5.0 : "General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2," 2013.