

データ通信用フェムトセルを活用したローカルブレイクアウト の実装評価

Implementation and Evaluation of Local Breakout Mechanism Using Femtocell for Data Communication

千葉 恒彦 伊藤 学 横田 英俊
Tsunehiko Chiba Manabu Ito Hidetoshi Yokota
KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories, Inc.

1. はじめに

移動体ネットワークにおいて、数十メートル程度のごく小さいエリアをカバーするフェムトセルが注目されている。標準方式では、データ通信用のフェムトセルをインターネットなどの公衆網に接続する場合、通信の秘匿性を確保するためにフェムトセルとセキュリティゲートウェイ間に確立した IPSec トンネルを経由してすべてのデータを送受信する。よって、自宅のサーバやインターネットへ接続する場合には、一旦通信事業者のモバイルコアネットワークを経由することとなるため、経路の冗長化が発生してしまう。本稿では、IP レイヤを終端し、柔軟な経路制御を可能とするローカルブレイクアウト方式を提案するとともに 1xEV-DO[1]のフェムトセルを用いた実装評価について示す。

2. 関連研究

筆者らは文献[2]において音声用フェムトセルを用いた音声の経路最適化手法を提案している。図 1 に cdma2000 1X[3]に対応した音声用フェムトセルの接続形態を示す。本構成では、ローカルアクセスネットワーク (ブロードバンドアクセス回線やインターネットなど) の非セキュア網にフェムトセルを接続することを想定している。よって、通信の暗号化のため、フェムトセルとセキュリティゲートウェイである FGW (Femto Gateway) の間に確立した IPSec トンネルを介してすべての情報を転送する。音声用フェムトセルをモバイルコアネットワークへ接続する形態として図 1 に示す通り、2 形態考えられる。FGW との IPSec トンネルを介して、1 つは広域の無線アクセスネットワークに接続される形態であり、もう 1 つはモバイルコアネットワークに直接接続され、広域無線アクセスネットワークの負荷をより低減可能とするオール IP 接続型の形態である。文献[2]のオール IP 接続型における音声の経路最適化は、回線交換のみに対応した既存端末を IP ネットワークに収容するため、音声用フェムトセルが端末の代わりに SIP (Session Initiation Protocol) クライアントとして動作し、SIP INVITE とその応答である 200 OK メッセージ内の SDP (Session Description Protocol) に、IPSec 確立手順で FGW より取得したモバイルコアネットワークとの通信用の IP アドレスではなく、フェムトセルがネットワークに接続された際に DHCP などにより取得した IP アドレスを音声の送受信用アドレスとして設定することで実現している。一方、今後 VoIP (Voice over IP) を含めた IP ベースの多種多様なモバイルマルチメディアアプリケーションの普及とともに、音声用フェムトセルのみではなくデータ通信用フェムトセルの普及も想定される。データ通信サービスを提供するためには、音声用フェムトセルの場合とは異なり、端末が IP アドレスを取得し、SIP

や VoD (Video on Demand) のクライアントとして動作する必要がある。標準文書として規定されている広域無線アクセスネットワーク接続型のデータ通信用フェムトセル[4]では、図 1 に示す広域無線アクセスネットワーク専用のアクセスゲートウェイが IP アドレスの割り当てを行う。しかしながら、今後データ通信用のフェムトセルが普及すると、広域無線アクセスネットワークの負荷をより低減することが可能なオール IP 接続型の形態が要求される。さらに、自宅のサーバやインターネットとの通信の際、モバイルコアネットワークの負荷低減のためには、モバイルコアネットワークを経由することなくフェムトセルから直接ローカルアクセスネットワークへの通信を可能とする、ローカルブレイクアウトが必要となる。

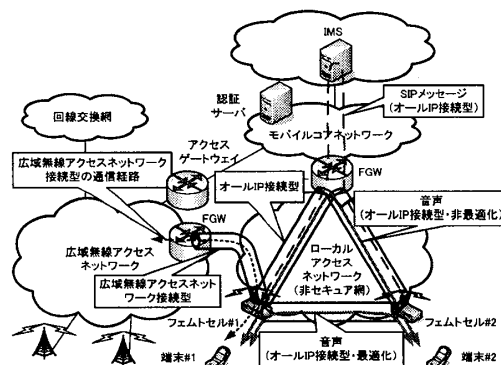


図 1 フェムトセルの接続形態

3. データ通信用フェムトセルのローカルブレイクアウト

2 章の議論に基づき、本章ではオール IP 接続型に対応したデータ通信用フェムトセルのローカルブレイクアウトについて提案する。ローカルブレイクアウトを実現するためには、端末がモバイルコアネットワークとの通信に用いる IP アドレスとローカルアクセスネットワークと通信可能な IP アドレスの 2 つのアドレスを取得し、通信先に応じて使い分ける方法が考えられるが、端末上で複数の IP アドレス管理を行うことによる処理の複雑化が懸念される。そこで、アクセスゲートウェイの IP アドレス割り当て機能や IP パケットの経路制御をフェムトセルに集約し、フェムトセルにて複数の IP アドレスを使い分け、IP アドレスとポート番号を変更する NATP (Network Address Port Translator) 相当のアドレス変換機能を用いた方式を提案する。尚、提案方式では、動的なアドレス変換テーブルの生成機能を提供することで、IMS と連携したユーザ・呼毎のポリシーに基づいた動的なローカルブレイクアウトの許容制御を行うことができる。

図 2 に提案方式のローカルブレイクアウト手順について説明する。フェムトセルはネットワークに接続されると DHCP などにより取得した IP アドレス (IP#1) を用いて FGW との間に IPSec トンネルの確立を行う。この IPSec 確立手順においてフェムトセルは端末へ割り当て可能な IP アドレスのリスト (IP#A, IP#B) を FGW より取得する。フェムトセルは、端末#1 のアクセスを検知すると下位リンクの確立に引き続き、ユーザ認証及び IP アドレスの割り当て (IP#A) を行う。認証サーバはオペレータのポリシーに基づき、端末#1 に対しては VoD のローカルブレイクアウトを許容しない設定をフェムトセルへ指示する。端末#1 がストリーミングデータを受信するためには IPSec トンネルを介して、モバイルコアネットワーク上もしくはその上位に位置するグローバル VoD サーバへ要求する。一方、端末#2 に対して VoD のローカルブレイクアウトを許容する設定をフェムトセルへ指示した場合、フェムトセルのアドレス変換処理により、FGW 前段のローカル VoD サーバからストリーミングデータを受信することができる。また、IMS (IP Multimedia Subsystem) を利用した端末間のデータ通信の場合、互いの端末は予め IMS へ登録しており、発信時に SIP INVITE を送信する。IMS は、SIP INVITE 及び 200 OK メッセージの SDP に設定された IP アドレス (IP#1, IP#2) とポート番号を取得すると、フェムトセルへローカルブレイクアウトのポリシーを指示する。よって、SIP メッセージは IMS で処理されるものの、アプリケーションデータは直接フェムトセル間、もしくはフェムトセル内で送受信することができる。

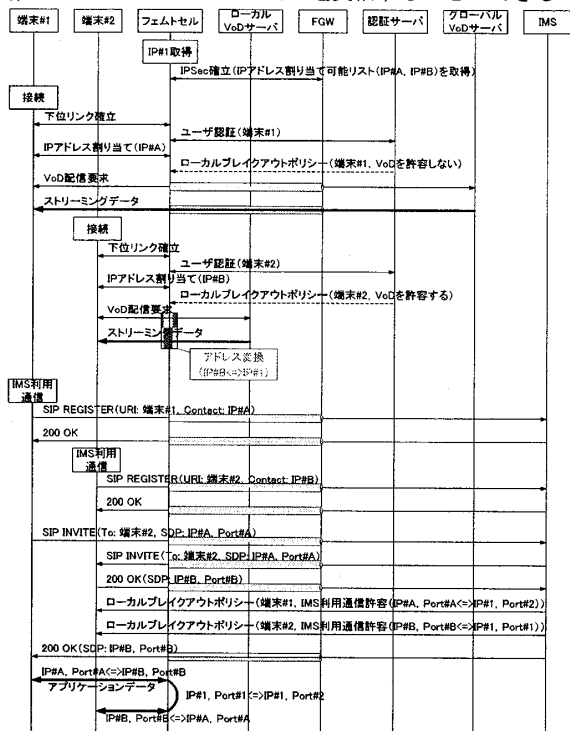


図 2 提案方式のローカルブレイクアウト手順

4. 実装評価

3 章で提案したローカルブレイクアウトを 1xEV-DO [1] フェムトセルに実装し、その評価を行った。端末のオペレーティングシステムには、マルチメディアアプリケーションへの対応のため、IMS や VoD クライアントを容易に実装可能な Android を用いた。実験システムの構成を図 3、各装置

の仕様を表 1、実装した 1xEV-DO フェムトセルと端末の外観を図 4 に示す。尚、認証処理と VoD のローカルブレイクアウト許容ポリシー設定はフェムトセル内に実装した。実験結果より、グローバル VoD サーバからストリーミングデータを受信するユーザ数を図 3 に示した IPSec 負荷装置を用いて増加させた場合、端末#2 におけるローカル VoD サーバからのストリーミングデータ受信ではパケットロスが見受けられなかったが、端末#1 では FGW にて多量のパケットロスが発生し、品質が著しく劣化することが確認された。同様に、IMS を利用した端末間の VoIP 通信についてもローカルブレイクアウトを許容した端末間では負荷増加に伴うパケットロスが見受けられなかったが、許容しない端末間では、FGW におけるパケットロスの増加が確認された。

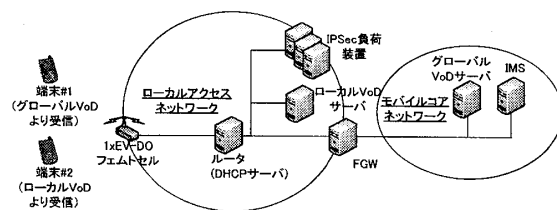


図 3 実験システムの構成

表 1 装置の仕様

装置	FGW, ルータ, VoDサーバ, IPSec負荷装置	IMS	1xEV-DO フェムトセル	端末
スペック	Fedora Core 7	Ubuntu 8		Android 1.5r2
オペレーティングシステム			製品名: Airvana V.2.16.0_16	製品名: Armadillo 500 FX
CPU	Intel Core 2/ 2.33 GHz	Intel Core 2/ 2.33 GHz		
メモリ	3 GB	3 GB		
ネットワークアダプタ	Intel PRO/1000MT	Intel PRO/1000MT	100Base-TX, 1xEV-DO Rev.A	製品名: au W04K

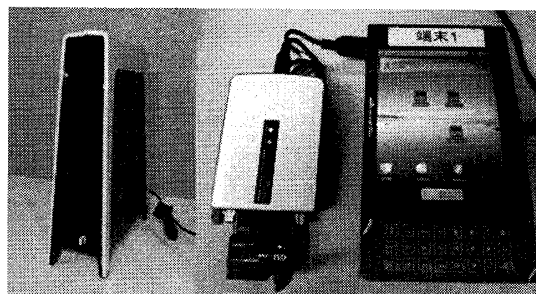


図 4 1xEV-DO フェムトセルと端末

5. まとめ

本稿では、データ通信用フェムトセルのローカルブレイクアウトを実機にて実装評価を行い、その有効性を示した。提案方式の実装評価のため、フェムトセルの開発にご協力いただいた Airvana, Inc.の皆様、日頃ご指導いただく KDDI 研究所秋葉所長に感謝いたします。

参考文献

- [1] 3GPP2, "cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification", C.S0024-A v3.0, 2006.
- [2] 千葉他, "フェムトセルを用いたメディアデータの経路最適化手法の提案と評価", 情処技報, 2009-MBL49-23, 2009.
- [3] 3GPP2, "Signaling Link Access Control (LAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems," C.S0004-D v2.0, 2005.
- [4] 3GPP2, "Femto Network Overview and List of Parts," X.P0059-000-0, 2009.