

D2D リレー通信における D2D 区間の通信品質情報通知法

山口明¹⁾ 北川幸一郎¹⁾ 堅岡良知¹⁾ 趙兵選¹⁾
 新保宏之¹⁾ 鈴木信雄²⁾

第5世代移動通信システムにおいて混雑エリアで大容量通信を提供するために、筆者らは小セルエリア外の端末を端末間(Device-to-Device: D2D) 通信を用いて小セルに収容する検討を進めている。端末の移動等に伴う通信品質低下が検知された際には、端末が通信品質情報をコアネットワークに通知して D2D 経路制御を実施する。従来の通知手順では大セル局の上りセルラー通信リソースを通知に用いており、上りセルラー通信に悪影響をおよぼす可能性がある。これを回避するために、小セルが広い周波数帯域を利用できることを前提に、通信品質情報通知の一部を小セル局経由で行う手順を考案し、効果を確認した。今回、従来法と考案法の比較のデモンストレーションを行う。

1. はじめに

高画質動画等の大容量通信のニーズがますます増加しており、5G (第5世代移動通信システム) での大容量通信収容が期待されている。5G の初期展開シナリオとして、既存の Long-Term Evolution (LTE) ネットワークの大セル局の制御の下、大容量通信が可能な 5G 対応小セル局を連携利用する構成¹⁾ が想定されている (図 1)。小セル局は、混雑が予測できるエリアにスポット的に配置されるが、混雑エリアは時間帯やイベント等により変動²⁾ するため、小セルエリア外で大容量通信が生じる可能性がある。その解決手段として、端末間 (Device-to-Device: D2D) 通信による、小セルエリア内の端末とエリア外の端末間の通信 (D2D リレー通信) が考えられる。小セルエリア外の端末を小セルに収容可能となり、通信品質を担保した D2D 通信リンクを設定することにより、システム利用効率の向上や端末におけるユーザスループット向上への寄与を期待できる。

筆者らは、通信品質を考慮したD2D経路を設定するために、端末と基地局間のセルラー通信を利用して通信品質情報を収集して、D2D経路を制御する手法を検討してきた³⁾。この手法では、D2Dリレー端末間の通信品質情報を、D2D経路制御を担うコアネットワーク (コアNW) に通知する必要がある。このために、セルラー通信用に3GPPで規定されているMeasurement Report (MR, 本稿ではセルラーMRと表記) を、D2D 通信用に拡張するD2D MRを提案した。しかし、D2D MRは、セルラーMRおよびセルラー通信の上り (端末から基地局方向) のデータトラヒックと、上り通信リソースであるPUSCH (Physical Uplink Shared CHannel) を大セル局において共有する。この状況で、大量のD2D MRを送信すると、大セル局のPUSCHを圧迫して上りセルラー通信品質が劣化する可能性がある。

この劣化を回避するためには、D2D MR送信の影響を軽減する必要がある。筆者らは、端末間の近接関係を示す情報を利用して、D2D MRを送信する端末を削減する手法³⁾

等の提案を行ってきた。しかし、イベント等の端末が集中するといった、D2Dリレー通信が多数使われるような環境では削減できるD2D MRの送信量にも限界がある。そこで、別のアプローチとして、端末から小セル局を経由してコアNWにつながる経路に着目して、小セルが広い周波数帯域を利用できることを前提に、D2D MRを小セル局経由で通知する手順について検討した結果を報告する。

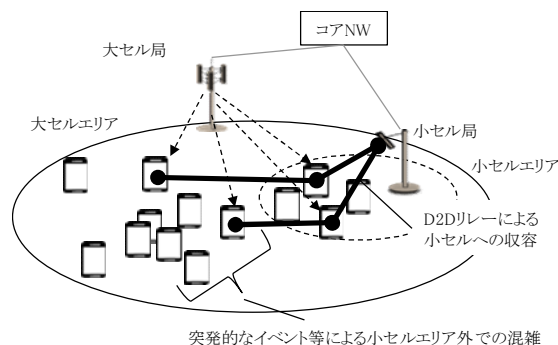


図 1. D2D リレーによる大容量通信の小セルエリア延伸

2. 通信品質情報の通知法 (従来法)

端末から通信品質情報をコアNWに通知する従来法を説明する³⁾。図2のような、広域エリアをカバーする大セル局、スポット的に設置される小セル局、D2D経路を制御するコアNW、D2Dリレーのエンドでユーザが利用する通信端末、そのトラヒックを小セル局へ中継するリレー端末1、通信端末とリレー端末1の間を中継するリレー端末2を想定する。図3に示すように、従来法では、通信品質劣化を検知した端末ごとに、D2D MRを大セル局経由でコアNW

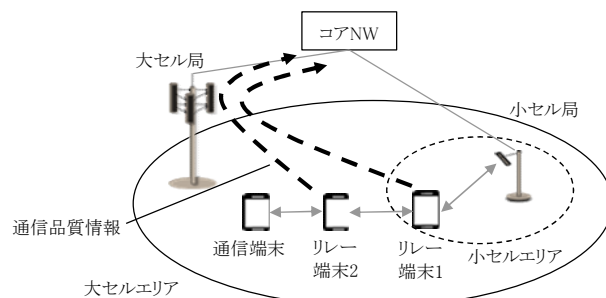


図 2 想定するネットワーク構成

1 株式会社 KDDI 総合研究所
 2-1-15, Ohara, Fujimino-shi, Saitama, 356-8502, Japan.
 swg-info@list.kddi-research.jp

2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
 2-2-2, Hikaridai, Seika-cyo, Souraku-gun, Kyoto, 629-0288, Japan
 nu-suzuki@atr.jp

に通知する。通信品質の劣化の発生頻度が高い、端末数が多いなどにより、D2D MR 送信による大セル局の PUSCH の圧迫が発生することになる。

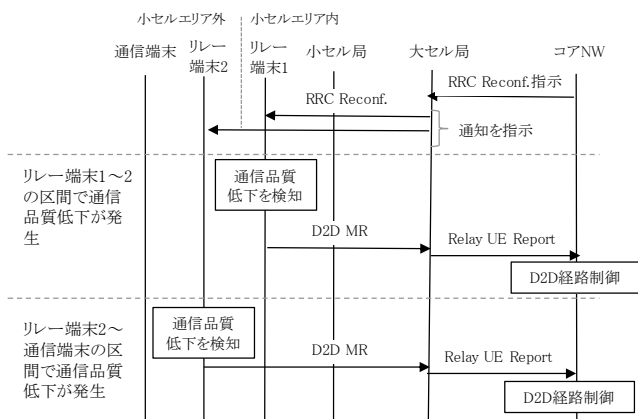
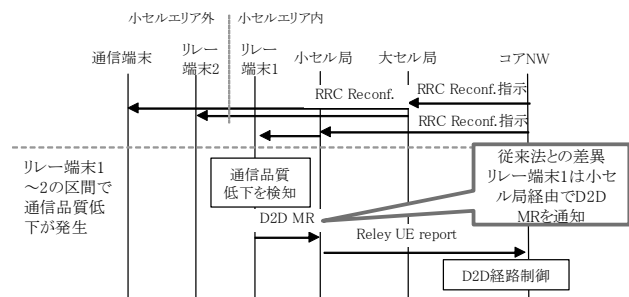


図3 通信品質情報の通知手順 (従来法)

3. 小セル局経由の通知法 (考案法)

D2D MRによる通信品質情報を小セル経由でコアNWに通知する考案法は、小セル内に存在し、かつ小セル局にD2D リレーによりトラフィックを中継する端末に適用可能である。図2で想定したネットワークでは、リレー端末1が該当する。図4は考案法の通知手順であり、従来法との差異はリレー端末1から2の区間で通信品質低下が生じた場合の通知が小セル局経由で行われている部分である。



リレー端末2～通信端末の区間で通信品質低下が発生した場合の手順は従来法と同一のため省略

図4 通信品質情報の通知手順 (考案法)

従来法では、D2D MRはセルラーMRおよびセルラー通信のデータトラフィックと、大セル局のPUSCH通信リソースを共有している。これに対し、考案法ではリレー端末1のD2D MRを小セル局のPUSCHに移行させて、大セル局のD2D MR用のPUSCHのリソースを減少させている。リレー端末1のD2D MRの移行先である小セル局が受ける影響は、小セル局が大セル局よりも広い周波数帯域を利用できる場合は少なく抑えられる。小セル局のPUSCHのリソースが多く、リレー端末1のD2D MRを受け入れてもPUSCHの圧迫が生じにくいからである。

考案法の効果を評価するために、D2D MRが大セル局の

上りセルラー通信スループットに与える影響をシステムレベルシミュレーションで評価した。大セル局1局のエリア内に小セル局2局を配置し、端末が小セル付近に集中するように、大セル局、小セル局とも同数(セルあたり500台と1000台の2種類)の端末を各局から一定半径内(大セル局250m, 小セル局50m)に一樣配置した。D2Dリレーは、D2D区間の信号強度に基づき、小セルエリア外の一部端末にシングルホップD2Dリレーを適用した。D2Dリレーを行わない小セルエリア外端末は大セル局に収容した。大セル局収容端末では上りトラフィックをFull Bufferで発生させた。

大セル局に通知されるD2D MR数は、大セル局に属する端末数に比例する。すなわち、大セル局の端末が1000[台/セル]の場合を従来法とすると、大セル局から小セル局にD2D MRを移行する考案法を適用した一例は大セル局での500[台/セル]の端末数であると言える。それぞれの場合に、大セル局全体の的上りスループットをシミュレーション結果から得ると、それぞれ11.3Mbps, 14.4Mbpsとなった。このことは、大セル局へのD2D MRを通知する端末の1/2を小セル局経由の通知に移すことができれば、大セル局の上りセルラー通信スループットが27%改善できると言え、考案法が有用であることを示している。

4. まとめ

小セル局へのD2Dリレー通信によるトラフィック収容に必要な、端末間の通信品質情報であるD2D MRがコアNWに多数通知があると、PUSCHを圧迫し、大セル局の上りセルラー通信に劣化の影響が発生する。これを回避するため、D2Dのトラフィックを小セル局へ中継するリレー端末を用いて、小セル局経由でD2D MRを通知させることで、大セル局を利用するD2D MR数を削減する手順を考案した。その効果をシミュレーション評価して、D2D MRを大セル局に通知する端末数を1/2にした場合、大セル局の上りセルラー通信スループットが27%改善する結果を確認し、考案法の有効性を示した。

端末、セル等を模擬するD2D評価システムにより、D2Dリレー区間の通信品質を変化させて経路切替を行い、関連シグナリングを表示するデモンストレーションを行う。

謝辞

本研究は総務省受託研究「第5世代移動通信システム実現に向けた研究開発」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 巴之口他:3GPPにおける5G標準化動向, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, vol. 25, No. 3, (2017).
- 2) 5GMF: 5GMF White Paper: 5G Mobile Communications Systems for 2020 and beyond, ver. 1.1 (2017).
- 3) 北川他: D2Dリレー通信を適用した5Gシステムの性能評価, 信学技報 SR2017-114, vol. 117, no. 457, (2018).