

D2D通信について

2016年2月28日

渡辺研究室

D2D通信とは

- D2D通信は、セルラネットワークでは基地局やコアネットワークを通過せず、2人のモバイルユーザ間で直接通信することである[1].



[1]より抜粋

D2D通信とは

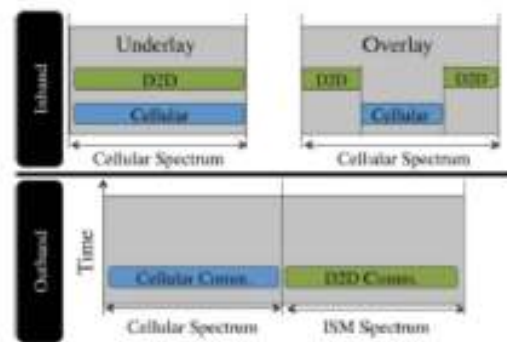
- D2D通信は一般的にセルラネットワークに非透過性であり、セルラの周波数)で起こるもの、アンライセンス周波数で起こるものがある[1].
- D2D通信は周波数効率の改善に加えて、D2D通信は潜在的にスループット、エネルギー効率、遅延、公平性が改善できる[1].
- D2D通信の使用事例として以下が挙げられる[6][7].
 - 災害時の非常通信
 - 近接したサービス
 - ネットワークトラヒックのオフローディング
 - 産業的な機会やM2M(Machine-to-Machine)通信

D2Dデバイスの発見

- D2D通信を行うためには、近接デバイスの発見が必要になる.
- 手順は3つある.
 - 署名の発見
 - アイデンティティの発見と検証
 - サービスの発見
- [2]では効果的な資源再利用の仕組みと時間ホッピング方式を用いることにより、デバイス発見方法を提案している.

D2D通信の分類[1]

- D2D通信はInbandD2DとOutbandD2Dに分かれる.
 - InbandD2Dはセルラーと基地局とのリンク, D2Dのリンクにライセンスの周波数を用いる. さらに, underlayとoverlayに分かれる.
 - OutbandD2DはD2Dのリンクにアンライセンス周波数を用いたD2D通信である.



[1]より抜粋

InbandD2D[1]

- InbandD2Dのモチベーションはセルラーの周波数での高い制御性が挙げられる.
- InbandD2Dはさらにoverlay D2Dとunderlay D2Dに分類される.
- overlay D2DはセルラーとD2D通信で用いる無線資源を分割する. 送信機と受信機との直接の接続をするD2Dユーザに専用のセルラ資源を割り当てることで, 周波数の利用効率を改善する.
- underlay D2DはセルラーとD2D通信で同じ無線資源を共有する. 周波数資源を再利用することにより, 周波数効率を改善する.

InbandD2Dのメリット, デメリット [1]

• メリット

- underlay D2Dは空間ダイバーシティを利用することによって, セルラのスペクトル効率を向上させる.
- たいていのセルラ端末はinband D2D通信が可能で outbandD2Dに対応していない.
- セルラの周波数は十分に基地局で制御されるので, QoSの管理が簡単である.

• デメリット

- Overlayではセルラの資源が無駄になる可能性がある.
- underlayD2Dだとセルラ伝送間の干渉管理が困難である.
- 電力制御や干渉管理はリソース割り当てが複雑である.
- ユーザは同時にセルラ通信のD2D伝送ができない.

OutbandD2D[1]

- OutbandD2Dを用いるモチベーションはD2Dとセルラのリンクの干渉を避けることである. アンライセンスの周波数を使うことはWiFi Direct, Zigbee, Bluetooth, など他の無線技術が採用され, 別のインタフェースを必要とする.
- OutbandD2Dでは, 無線インタフェース間の協調は基地局かユーザが制御するかにより, controlled通信とautonomous通信に分かれる.

OutbandD2D[1]

- controlledは2つ目のインタフェース, 技術の制御をセルラのネットワークに与える.
- controlled通信はD2D通信の効率と信頼性の改善が可能であり, システムパフォーマンスの向上, スループット, 電力効率, マルチキャストの面で改善が可能である.
- autonomousはユーザ側でD2D通信を制御する.
- autonomousはセルラネットワークのオーバーヘッドを減らすことがモチベーションである. 基地局での変化は必要なく, 簡単に展開が可能である, autonomousはほとんど研究がされていない.

OutbandD2Dのメリット, デメリット [1]

- メリット
 - セルラとD2Dユーザ間に干渉がない.
 - overlay inband D2DのようにD2Dスペクトルにセルラの周波数をささげる必要がない.
 - リソース割り当てが容易になる.
 - 同時にD2Dとセルラ通信が可能である.
- デメリット
 - アンライセンス周波数の干渉は基地局の制御下でない.
 - 2つの無線インタフェース(例.LTEとWiFi)のセルラ端末だけoutbandD2D通信を使用できる.
 - 2つの無線インタフェースとの間の効率的な電力管理が重要であり, そうでなければ, デバイスの消費電力が増加させる.
 - 異なる無線インタフェースではプロトコルも異なるので, パケットのデコード, エンコードが必要になる.

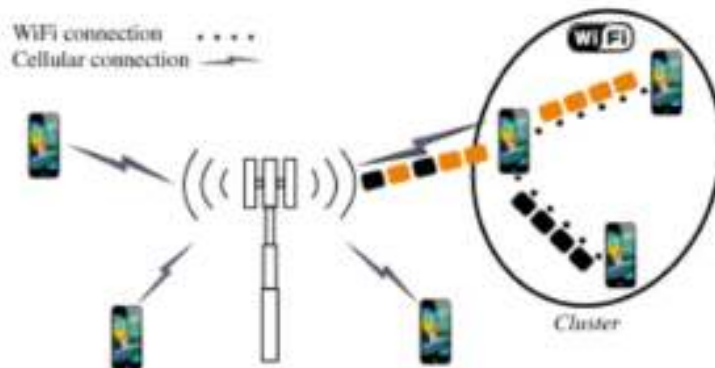
OutbandD2Dに関する研究

- OutbandD2Dに関する研究について以下の三つを例に挙げる.
 - WiFiとLTEでのD2D通信に関する研究
 - ミリ波でのD2D通信に関する研究
 - TVWSでのD2D通信に関する研究

WiFiとLTEでのD2D通信に関する研究[3]

- [2]では, スマートフォンでのLTEとWiFiが共存するLTEユーザ間のD2D通信の設立の方法について提案している. 提案しているアーキテクチャでは, LTEのモバイルがWiFiクラスタを作り, クラスタのトラフィックは選択されたクラスタヘッドを通して流れる. クラスタのクライアントとクラスタヘッドの間の通信はWiFiまたは, WiFi Directを使って形成している.

WiFiとLTEでのD2D通信に関する研究[3]



[2]より抜粋

- LTEモバイルがクラスタヘッドとなり, WiFiを使って他の端末にデータを送信している.

ミリ波でのD2D通信[4]

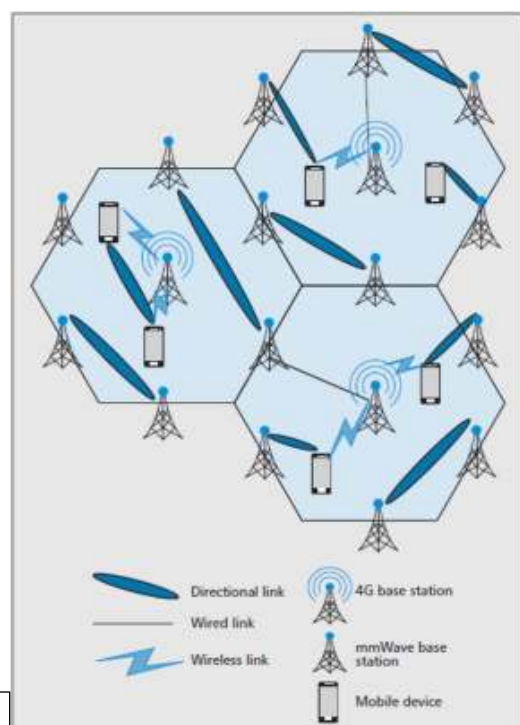
- [3]では, 5Gでのミリ波でのD2D通信が検討されている. D2D通信は, セルラネットワークでの基地局を介して設立される.
- ミリ波の伝播
 - 30-300GHzからの周波数帯を含み、基本的な伝搬機能を持つ. 伝播損失はマイクロ波帯より高い.
 - 高利得の指向性アンテナにより, 大きな伝播損失を補償し, シャドーイング効果を低減する.

ミリ波でのD2D通信[4]

- ミリ波でのD2D通信は、ローカルD2D通信とグローバルのD2D通信が可能である。
 - ローカルD2D通信
 - 同じ基地局のセル内に存在する無線端末を端末間でパスを確立することにより、ネットワーク容量を向上させる。セルラ通信をオフロードするため使われ、より多くのユーザを同時にサポートする。
 - グローバルD2D通信
 - マルチホップ無線通信によって形成され、基地局を経由して異なるセルに接続している2つの無線端末間で通信する。
- 同時に複数のD2Dリンクが可能
 - 指向性アンテナと高い伝播損失により、ミリ波通信は比較的ユーザ間干渉が低く、同時に複数の通信をサポートできるので、ネットワーク容量はさらに改善される。

ミリ波でのD2D通信[4]

- ミリ波での5Gセルラネットワーク
 - セルラーの基地局, ミリ波の基地局, モバイル端末からなり, D2D通信は各セル内での以下の干渉に直面する可能性がある
 - 異なるローカルD2D通信間での干渉
 - ローカルD2D通信とD2B(device to base station)/B2B(base station to base station)通信間との干渉
 - 指向性干渉を考慮した新しい資源共有方式が必要となる。



[3]より抜粋

TVWSでのD2D通信[5]

- [4]では、既存の携帯電話インフラを用いたD2D通信に、TVホワイトスペースを活用するための研究がされている。
- TVホワイトスペース
 - 特定の地理的エリアで特定の時間に任意のDTVサービスによって使用されていないテレビのバンドを指す。
- TVホワイトスペースでのD2D通信の開発での問題点
 - ライセンスのDTVサービスの正常な動作を保護する厳しい干渉制約を満たす必要がある。
- 効率的なソリューションを開発するために、2つの主なアプローチが提案されている
 - 周波数センシングと現在地のデータベース

TVWSでのD2D通信[5]

- 周波数センシングのアプローチ
 - その場でのTVホワイトスペースの利用可能性が閾値ベースの仮説検定でモデル化した研究がなされているが、シャドウイングによる隠れ端末問題に苦しめられる。
- 現在地データベースのアプローチ
 - アンライセンスの端末がTVホワイトスペースの利用可能性を現在地のデータベースから問い合わせるサービスを提供する。これは、高解像度の地形データと伝搬モデルを使用して任意の場所でTVホワイトスペースの利用可能性を予測する。このアプローチの主な制限は、データベースが提供TVホワイトスペース実現可能性の精度は、伝搬モデルの品質と地形データの精度に大きく依存することである。

参考文献

[1] A. Asadi, Q. Wang, V. Mancuso, "A Survey on Device-to-Device Communication in Cellular Networks", IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 16, NO. 4, FOURTH QUARTER 2014

[2] Shaoyi Xu; Kyung Sup Kwak, "Network Assisted Device Discovery for D2D Underlying LTE-Advanced Networks," in *Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2014 IEEE 79th*, vol., no., pp.1-5, 18-21 May 2014

[3] A. Asadi and V. Mancuso, "WiFi direct and LTE D2D in action," in *Proc. IFIP Wireless Days*, 2013, pp. 1–8.

参考文献

[4] Jian Qiao, Xuemin (Sherman) Shen, Jon W. Mark, Qinghua Shen, Yejun He, and Lei Lei, "Enabling device-to-device communications in millimeter-wave 5G cellular networks," in *Communications Magazine*, IEEE, vol.53, no.1, pp.209-215, January 2015

[5] Guoru Ding; Jinlong Wang; Qihui Wu; Yu-Dong Yao; Fei Song; Tsiftsis, T.A., "Cellular-Base-Station-Assisted Device-to-Device Communications in TV White Space," in *Selected Areas in Communications*, IEEE Journal on, vol.34, no.1, pp.107-121, Jan. 2016

参考文献

[6]基地局を介さずケータイ同士が直接通信——3GPPで標準化が進む「D2D」とは？ | ビジネスネットワーク.jp
<http://businessnetwork.jp/Detail/tabid/65/artid/2518/Default.aspx>

[7]Malandrino, F.; Casetti, C.; Chiasserini, C.-F., "Toward D2D-enhanced heterogeneous networks," in *Communications Magazine, IEEE*, vol.52, no.11, pp.94-100, Nov. 2014

[8] Yilmaz, O.N.C.; Zexian Li; Valkealahti, K.; Uusitalo, M.A.; Moision, M.; Lunden, P.; Wijting, C., "Smart mobility management for D2D communications in 5G networks," in *Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW), 2014 IEEE*, vol., no., pp.219-223, 6-9 April 2014

D2D通信での主要なタイプ[8]

• 4つのデバイス層通信の主なタイプ

• DR-OC

- セルの端またはプアカバレッジエリアでの端末は他の端末を経由して情報をBSと通信可能。
- デバイスがより高いQoSまたはよりよい電池寿命を達成可能。
- オペレータはパーシャルまたはフルコントロールリンクの設立のためリレー端末と通信する。
- (端末は端末をリレーしてBSに通信で、両端末に制御)

• DC-OC

- ソースとデスティネーションの端末はBSのための要求なしでお互いトークとデータの交換がするが、リンクの設立のためオペレータによってアシストされる。
- (端末間での通信で両端末に制御)

D2D通信での主要なタイプ[8]

- DR-DC
 - オペレータはリンクの設立に関係ない。
 - ソースとデスティネーションの端末はお互いの中継を使う協調通信に責任がある。
 - (端末は端末をリレーして端末に通信して、制御は端末がする)
 - DC-DC
 - ソースとデスティネーション端末はオペレータの制御なしで直接通信。
 - ソースとデスティネーション端末は他端末との限られた干渉を保証する方法でリソースを使うべき同じ層、またはマクロ層。
 - (端末間での通信、制御は端末)
- [8] Tehrani, M.N.; Uysal, M.; Yanikomeroglu, H., "Device-to-device communication in 5G cellular networks: challenges, solutions, and future directions," in *Communications Magazine, IEEE*, vol.52, no.5, pp.86-92, May 2014

5GでのD2D通信

- 2Gから4Gまではネットワーク中心のアプローチがベースであり、D2D通信は考慮されていなかった。
- 5Gでは、デバイス中心のシステムへの向かっている。
- 5GではD2Dの接続性をサポートするデバイス側でのインテリジェンスを活用する。

マルチバンドでのD2Dの研究

- [10]ではマルチバンドのセルラーシステムのシナリオを考えており, 異なる周波数帯域にD2Dユーザのスケジューリングを行いD2Dネットワークの最大伝送容量を得ることを目標にしている.
- [10] Ziyang Liu; Tao Peng; Hao Chen; Wenbo Wang, "Optimal D2D user allocation over multi-bands under heterogeneous networks," in *Global Communications Conference (GLOBECOM), 2012 IEEE*, vol., no., pp.1339-1344, 3-7 Dec. 2012

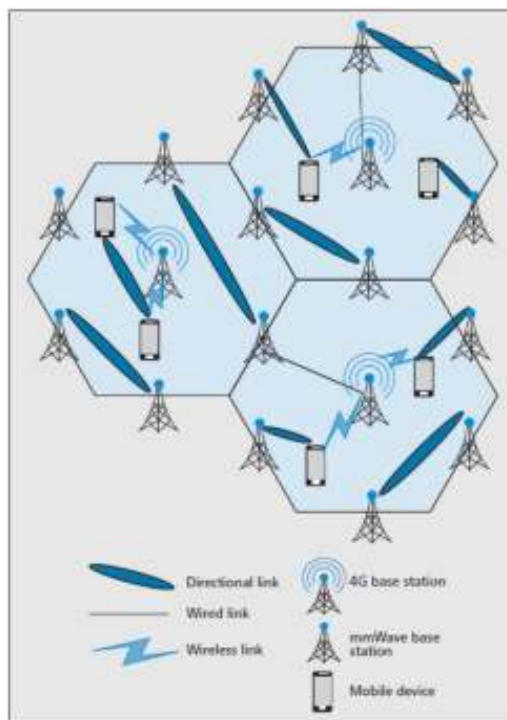
D2D通信の使用事例[6][7]

- D2D通信の使用事例[6][7]
 - 災害時の非常通信
 - 近接したサービス
 - ネットワークトラヒックのオフローディング
 - 産業的な機会やM2M(Machine-to-Machine)通信

ミリ波でのD2D通信[3]

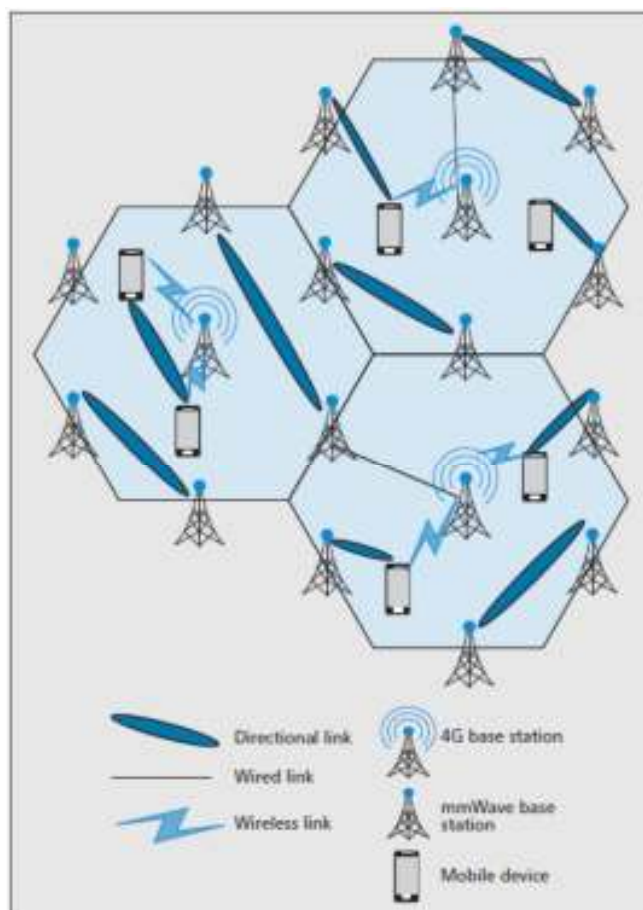
• ミリ波での5Gセルラネットワーク

- セルラーの基地局, ミリ波の基地局, モバイル端末からなり, D2D通信は各セル内での以下の干渉に直面する可能性がある
 - 異なるローカルD2D通信間での干渉
 - ローカルD2D通信とD2B(device to base station)/B2B(base station to base station)通信間との干渉
- 指向性干渉を考慮した新しい資源共有方式が必要となる.



[3]より抜粋

ミリ波の5Gネットワーク アーキテクチャ



[3]より抜粋

ミリ波でのD2D通信[3]

- 同時に複数のD2Dリンクが可能
 - 指向性アンテナと高い伝播損失により、ミリ波通信は比較的ユーザ間干渉が低く、同時に複数の通信をサポートできるので、ネットワーク容量はさらに改善される。
- ミリ波での5Gセルラネットワーク
 - セルラーの基地局、ミリ波の基地局、モバイル端末からなら、D2D通信は各セル内での以下の干渉に直面する可能性がある
 - 異なるローカルD2D通信間での干渉
 - ローカルD2D通信とD2B(device to base station)/B2B(base station to base station)通信間との干渉
 - 指向性干渉を考慮した新しい資源共有方式が必要となる。