



5G総合実証試験 —5G超低遅延通信のトラック隊列走行への適用—



ソフトバンク株式会社
先端技術研究部
担当部長

よしの ひとし
吉野 仁



ソフトバンク株式会社
先端技術研究部
担当部長

やまぐち りょう
山口 良



ソフトバンク株式会社
先端技術研究部
担当課長

みかみ まなぶ
三上 学

1. はじめに

2020年の商用化に向けて第5世代移動通信システム（5G）の研究開発が行われている。5Gは従来の能力拡張である拡張モバイルブロードバンド通信（eMBB: enhanced Mobile Broadband）に加えて、超高信頼・低遅延通信（URLLC: Ultra Reliable and Low Latency Communication）や多数接続通信（m-MTC: massive Machine Type Communication）を新たな領域としており、高高度情報化社会の社会基盤として期待されている。特にURLLCとm-MTCは新しい市場を開拓できる可能性があり、具体的な5G利活用の確立が急務である。

我が国においては2017年度から総務省の5G総合実証試験が開始された^[1]。本実証試験は、商用に向けての5G無線システムの技術評価のみならず、移動通信業界以外の5Gを利活用することになる業界（Vertical sector）と連携して5Gの実証試験を行うことを求めている。

本実証試験においてソフトバンクは5GのURLLC領域を担当する試験グループ（G V: Group V）に属し、トラックの隊列走行に5Gを適用するユースケースに取り組んでいる。本稿ではG Vの活動について報告する。

2. トラックの隊列走行への5Gの適用

トラック隊列走行では、数台のトラックが隊列車群を形成し走行する。車車間の通信を用いて隊列車群を一体に制御する。現在、実用化に向け世界各国で開発が行われている。

トラックの隊列走行により様々な社会課題の解決が可能となる。隊列走行により車間距離を短くして走行させることで走行空気抵抗を低減し、燃費向上及びCO₂の削減が可能となる。3台のトラックの隊列走行により時速80km車間距離4mの時、15%の燃料削減率となることが実証されている^[2]。さらに隊列走行の車間距離を2mに短縮すると、25%の燃料削減効果となることが知られている。同時に、車間距離の短縮

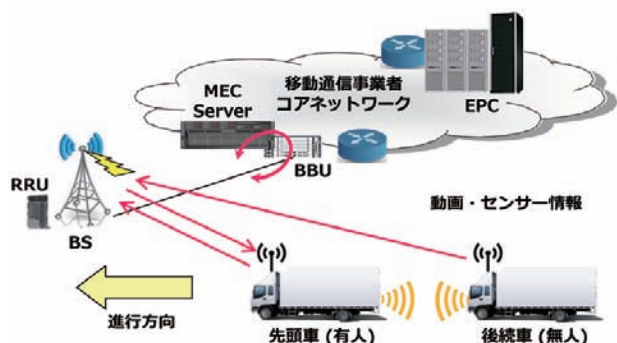
により道路の交通容量を増大させることができ渋滞が緩和される。これによりCO₂の削減がさらに可能となる。また、我が国においてはドライバーの高齢化や過労運転が社会課題となっている。隊列走行により、ドライバーの運転負荷の軽減や安全性の向上が期待される。

レーダーなどを用いて先行車両と後続車との車間距離を測定し、速度に応じた安全な車間距離を保持する車間距離制御（ACC: Adaptive Cruise Control）は既に実用化され多くの車両に搭載されている。しかし、車間距離情報だけの制御では、前方を走る車の減速度の発生開始から車間距離が変化するまでに時間的に大きな遅れが生じる。後続車の減速が発生するまでにはさらに遅れが生じる。このため、ACCだけで追突を防止するには長い車間距離が必要である。一方、協調型ACC（CACC: Cooperative ACC）では車車間通信を用いて前方車両の速度や加速度の情報を後続車に伝送し車速を制御するため、前方車両が急制動した時の車間距離制御性を大幅に改善することができる。また、制御の遅れによるハンチング（車間の変動）の少ない安定した走行も可能となる。更なる燃費低減、道路の交通容量の増大のためには、安全を確保しつつ一層の車間距離の短縮と隊列車両数の増大が必要で、低遅延かつ高信頼の通信を実現できる5G URLLCのこの分野への利活用が期待される。

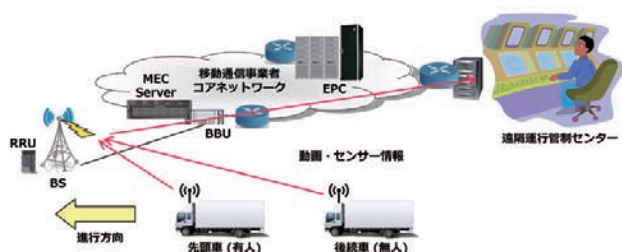
3. 試験内容

実証試験G Vでは、5Gの超低遅延の無線能力を活かし、交通の応用分野において、（1）隊列走行における隊列内の車車間通信及び（2）トラック隊列全体の遠隔監視/遠隔操作の2つのユースケースに取り組んでいる。図1及び図2にこれらのユースケースをそれぞれ示す。

これらのユースケースにおいて、通信の要求条件は大別すると2つある。1つは車両制御系（速度、加速度、車両の位置など）の通信に必要な小容量低遅延通信である。もう



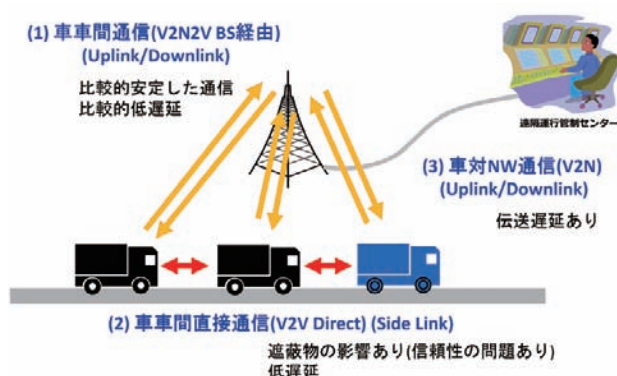
■ 図1. ユースケース1：隊列走行における車両間通信 (車両制御と後続車周辺のビデオ監視)



■ 図2. ユースケース2：遠隔監視、遠隔操作 (隊列車両と遠隔運行管制センターの間の通信)

1つは隊列走行を監視するビデオ監視系(車両の周囲状況の監視など)の通信に必要な大容量低遅延通信である。前者においては高信頼性も必要となる。

図3に隊列走行の通信形態を示す。通信形態としては、(1) 基地局を経由した車車間通信(V2N2V: Vehicular-to-Network-to-Vehicular)、(2) 車車間直接通信(V2V Direct/Sidelink) 及び(3) 車対ネットワーク間通信(V2N: Vehicular-to-Network)がある。上記(1)の通信は基地



■ 図3. 隊列走行における通信の形態

局を経由した車車間通信であり、基地局の助けを借りて比較的安定した通信が比較的遅延で実現できる特徴がある。また、上記(2)の通信は、隊列車両間に他の車両が割り込んだ場合などにおいて電波が遮蔽される可能性があり、前記(1)と比較して信頼性低下の可能性はあるが、前記(1)と比較してより低遅延が実現できる。(3)の通信はネットワーク内の遅延が支配的となるが、車両の遠隔監視や遠隔操作を行う上で必要な通信形態である。

2017年度は、隊列走行の後続車自動運転への5G通信の適用を検討するため、車両制御及び後続車周囲のビデオ監視に必要な通信の基本性能評価を行った。具体的には、前記(1)と(2)の通信形態を試験した。試験装置の諸元を表に示す。

4. 試験結果

つくば市内のテストコースにおいて大型トラックを用いて隊列走行環境を設定し5G通信装置を評価した(図4)。

■ 表. 試験装置の諸元

項番	項目	4.7GHz帯 装置	28GHz帯 装置
1.	中心周波数	4.74 GHz	27.9 GHz
2.	帯域幅	100 MHz	700 MHz
3.	複信方式	TDD	
4.	無線アクセス方式	下りリンク: OFDMA, 上りリンク: OFDMA	
5.	サブキャリア間隔	60 kHz	120 kHz
6.	無線サブフレーム長	0.125 ms	
7.	データ変調方式	下りリンク: QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM 上りリンク: QPSK, 16QAM, 64QAM	
8.	送受信アンテナ構成	基地局: 64Tx/64Rx 移動局: 4Tx/8Rx	基地局: 4Tx/4Rx 移動局: 2Tx/4Rx



■図4. 隊列走行実車テスト

(1) 遅延特性

隊列走行の車両制御への適用を考慮して、5G通信装置の遅延特性を実験により測定した。実験では4.7GHz帯を用いて、基地局経由の車車間通信のテスト環境で評価した。トラックの走行速度は時速90kmまでを想定して試験を行った。図5に測定結果の一例を示す。車速87km/hにおいて無線区間の伝送遅延が0.58msであることが分かる。

(2) スループット特性

隊列走行においては安全のため後続車両周囲の監視が必要である。ビデオ監視のための低遅延大容量通信の実現性について試験を行った。テスト環境は車間距離10m程度の車車間直接通信である。また広帯域が確保できる28GHz

帯とした。図6にトラックの走行距離とスループットの関係を示す。同図より2Gbps程度のスループットが得られることが分かる。これはビデオ符号化において符号化遅延を犠牲とすることなくビデオ伝送ができる可能性を示している。

5. おわりに

トラックの隊列走行に5Gを適用するための基本性能評価を実際のテストコースにおいて行った。トラックの隊列走行に必要な小容量低遅延通信（車両制御用）と大容量低遅延通信（後続車車両監視用）の2つの事例について検討した。検討の結果、トラックの隊列走行の高度化に向けての通信の要求条件を満たすことを確認した。

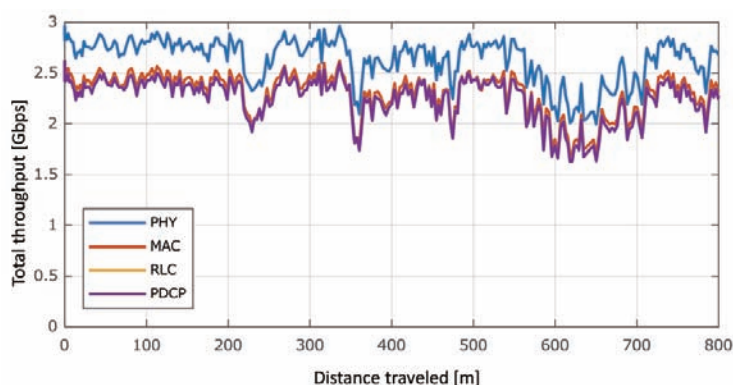
今後、隊列走行の制御系との結合テストを行い、信頼性の確認試験を行う予定である。

参考文献

- [1] 総務省、“5G総合実証試験の開始”、報道資料、http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000297.html、2017年5月。
- [2] 青木 啓二、“自動運転・隊列走行の実現に向けて—自動運転技術の開発状況について—”、pp.303-309、情報処理 Vol.54 No.4, Apr. 2013。



■図5. 車両遠隔監視制御を想定したV2N低遅延通信性能（4.7GHz帯）



■図6. スループット特性（28GHz帯）