

屋外実験ヤードにおけるローカル 5G の通信品質に関する理論と実測特性の比較検討

株式会社熊谷組 正会員 ○畑本 浩伸 正会員 飛鳥馬 翼
 正会員 竹下 嘉人 正会員 天下井哲生
 正会員 古川 敦 正会員 北原 成郎

1. はじめに

近年、調査、測量から設計、施工等すべての建設プロセスにおいて ICT 技術を活用する「i-Construction」と呼ばれる取り組みが進んでいる。この中で台風や地震等の自然災害に対し、災害補修時における二次災害予防のための無人化施工技術に注目が集まっている。無人化施工システムを活用することにより、土砂崩壊地、火山噴火等の危険な作業場所において遠隔操作が可能な建設機械を使用して安全に施工を実施できる。無人化施工技術の高度化のためには、4K による車載カメラ映像の高品質化、建機の傾きや振動等の現場情報のフィードバックが必要であり、従来よりも高速で低遅延な伝送が可能な無線通信システムの利用が望ましい。

現在、高速・低遅延・多数同時接続の無線通信を実現できる第 5 世代移動通信システムのサービスエリアが拡大している。さらに、地域や産業の個別ニーズに応じて地域の企業や自治体などの様々な主体が構築可能なローカル 5G (L5G) がある。我々は無線局の免許申請によって利用場所での周波数帯域を占有可能な L5G に注目し、屋外実験ヤードに対する L5G の通信品質の解析と実験を計画した。本稿では、屋外実験に関する事前解析と事後実験検証の結果について述べる。

2. システム構成

2. 1 屋外実験ヤード

茨城県つくば市にある熊谷組技術研究所に L5G システムを導入し、屋外実験ヤード内で通信システムを構築した。研究所中央付近の建物の屋上に基地局を配置し、屋外実験ヤードの方向に対して電波を放射している。図 1 に、屋外実験ヤードの点群マップを示す。点群内の 1 点を原点とした相対座標表示である。屋外実験ヤード内の 3 次元座標各点群の位置に対して上りリンクの受信信号電力や理想スループットを計算できる。

2. 2 建設機械の遠隔操作システム

L5G 通信路を経由して、建設機械上の各デバイスからの上りリンクパケット伝送や遠隔操作室からの下りパケット伝送が行われる。図 2 に、L5G を用いた建機の遠隔操作システムのブロック図を示す。車載カメラの映像信号を高品質にすると、上りリンクの必要帯域が増大するため L5G 活用への期待が高まっている。

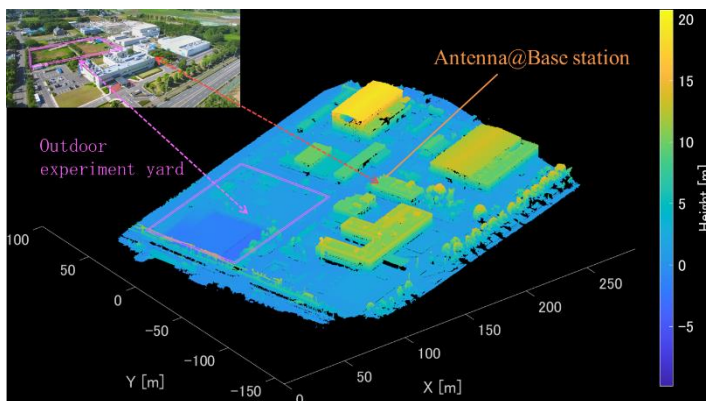


図 1 屋外実験ヤードの点群マップ

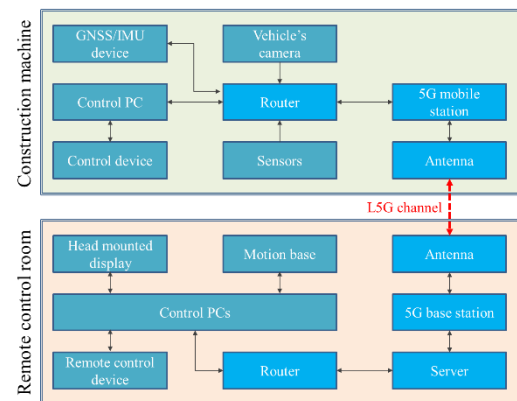


図 2 建機の遠隔操作システム

キーワード ローカル 5G, 無人化施工, 遠隔操作

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 株式会社熊谷組 土木事業本部 TEL:03-3235-8627

3. 屋外実験ヤードにおける伝送特性の理論値と実験値の比較

3. 1 解析検証

建機上の5G端末と基地局間の上りリンク理想スループット特性を情報理論における通信路容量の理論式で確認した²⁾。搬送周波数は4.85GHz、端末の送信電力は23dBm、端末と基地局の送信アンテナ利得はともに無指向性で0dBiと17dBi、ケーブル損失を10dB、温度を300K、端末と基地局のアンテナ高を3mと10mとした。電波伝搬損失の計算式として拡張坂上モデル³⁾を参照している。図3に、屋外実験ヤードにおける上りリンクの理想スループットマップを示す。なお、基地局の上りリンクの変調方式と符号化率設定によるスループットの上限値を60Mbpsとし、上限値を超える理想スループットが算出された場合には上限値に補正している。同図より、屋外実験ヤード内において30Mbps以上のスループットを達成可能なことを確認できた。

3. 2 実測検証

屋外実験ヤード内とその周辺において5G端末と測位用端末を使った移動測定を実施し、位置情報と関連付けた測定スループットに対して補間を用いたグリッド化データを作成した。図4に、グリッド化データを用いた上りリンクスループットの推定マップを示す。屋外実験ヤード内で30Mbps以上の高スループットを確認できた。加えて建物の遮蔽の場所でスループットが劣化していることを確認した。

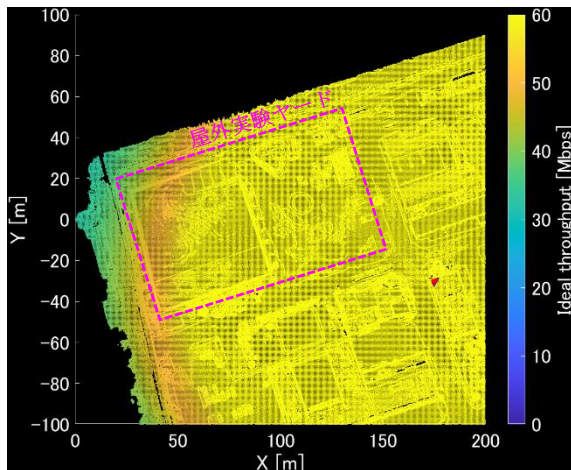


図3 理論値に基づく上りリンクスループットマップ

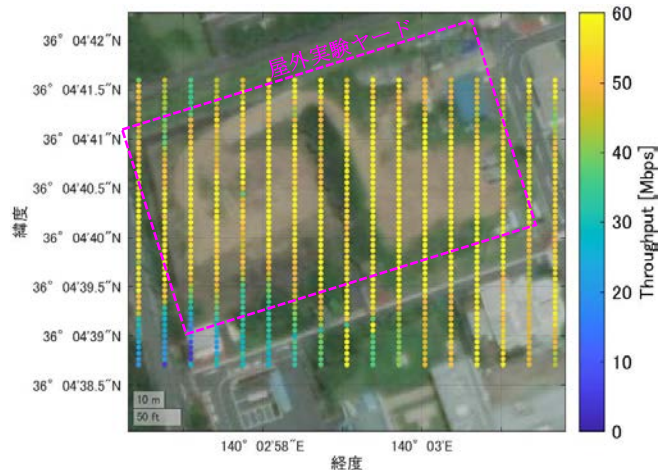


図4 実測値に基づく上りリンクスループットマップ

図3と図4を比較すると、屋外実験ヤード内における解析と実測の上りリンクスループットの傾向はほぼ同じとなった。解析結果を実測結果に近づけるためには、アンテナの指向性や遮蔽物の影響を反映することが考えられる。

4. まとめ

L5Gシステムの適用先として無人化施工技術に注目し、熊谷組技術研究所にL5Gの通信設備を導入した。基地局や端末の機器パラメータと電波伝搬損失の計算式を使った伝送特性の理論値と、実機を用いた測定値の比較を実施し、屋外実験ヤード内の上りリンクスループット特性の類似性を確認した。今後、L5Gを使った実機検証を進め、複数台の建機に適用した場合の遠隔操作性に問題がないかを検証する予定である。

謝辞：本検討を実施するにあたりご協力頂きました日本電気株式会社の関係者各位に感謝いたします。

参考文献

1) 畑本浩伸, 飛鳥馬翼, 竹下嘉人, 北原成郎: ローカル5Gを用いた建機のVR遠隔操作に関する検討, 土木学会第76回年次学術講演会, VI-93, 2021. 2) 三瓶政一: ワイヤレス通信工学, オーム社, 2014. 3) K. Kitao and S. Ichitsubo: Path Loss Prediction Formula for Urban and Suburban Areas for 4G Systems, Proc. IEEE 63rd Vehicular Technology Conference, 2006.