



第2世代CAN/無線ブリッジ CBR-100AC 製品化 有線CAN/無線LAN変換で産業用車両の状態をリアルタイムで把握

山 崎 泰

通常の乗用車を含め車両制御ではECU (Electronic Control Unit: 電子制御装置) と共に、CAN (Control Area Network) 通信プロトコルが利用されている。建機、クレーン、農業トラクター、フォークリフトなどの産業用車両の可動部は車両部分と作業機部分に分かれるが、建機、クレーンでは一部車両を除きCAN通信プロトコルを使って両可動部を制御するのが一般的である。一方、これら産業用車両の利用現場においては、監視・保守業務の効率化や作業ダウンタイムの削減、またIoT遠隔サービス連携を目的としたCAN通信の無線化要望が高まっている。これらの用途では一般的な有線/無線ブリッジ端末では通信・ハードウェア仕様ともに利用要件を満たすことはできず、産業車両メーカー要望により専用のCAN/無線端末の開発をスタートした。第1世代製品であるCDS-2150の投入を経て、現在は第2世代製品となるCBR-100ACを開発し2021年2月のリリースを予定している。本稿はこれら製品の重要開発項目に関しその概要を紹介するものである。

キーワード：CAN通信、無線LAN、遠隔監視、遠隔保守、稼働率向上、ダウンタイム削減

1. はじめに

車両CAN通信を無線LANに変換し、パソコンやタブレットPC、スマートフォンなどのモバイル通信端末で車両・作業機の稼働情報をリアルタイムに監視できる最大のメリットは「車両オペレータの作業を止めずに」保守作業が可能となることである。既存の有線CANケーブルを利用するコンバータ端末では、ケーブル長の制限によりどうしても車両側にモバイル通信端末を設置するしかなく、狭い車両操縦席内での確認には車両オペレータによる作業を中断し、保守員自身が異常再現のため車両を操縦する必要があった。無線通信を活用することで車両オペレータの作業を止めず、保守員はモバイル端末を使って遠隔で車両動作を確認することが可能になると同時に、再現性が低い異常動作や車両オペレータ操作に起因する問題も容易に確認できる。さらに保守作業の現場では「訪問時に現象再現せず」というトラブルにも対応しなければならず、CAN/無線ブリッジ端末には「操縦席内への常時設置を前提にした稼働ロギング機能」も要望される。有線通信に比べ無線通信では車両オペレータの作業を止めずにCAN/無線ブリッジ端末内の稼働ログを回収できるため、この点でも無線通信のメリットが得られる。

CAN通信の電気・ソフトウェア的仕様はISO11898で共

通化されている。他方、無線通信に関してはIEEE802.11で規格化されている無線LAN (いわゆるWi-Fi通信) やBluetooth通信などの一般的なものから、センサー通信などの特定用途においては920MHz通信に代表されるSub-GHz無線の利用も進んでいる。CAN/無線ブリッジの利用目的である「現場での監視・保守作業の効率化」を簡易に実現するためには市販のモバイル通信端末で利用できる無線通信が必要となるため、製品化にあたっては無線LANとBluetoothの2方式を採用候補とした。最終的に「複数の保守用モバイル通信端末との同時通信、またその際のデータ転送速度」を確保するため無線LANを選択し、第1世代製品CDS-2150から第2世代製品のCBR-100ACを通してこれを採用している。

無線LAN通信には2.4GHz帯を利用するIEEE802.11b/g/nと5GHz帯を利用するIEEE802.11a/n/acの規格が存在する。2.4GHz帯は電波の回り込み特性が高いため、アーム・バケットなど通信障害物となる作業機を装備した建機車両での利用に適している。しかしこの周波数帯は一般的な無線LANアクセスポイントの初期設定で利用されており、車両リモコンや各種Bluetooth機器などでも使われているため無線干渉の影響を受けやすく、また利用可能なチャネル数も少ないという特徴がある。一方、5GHz帯は、この周波数帯を利用する一般機器が2.4GHzに比べ少ないため無

無線方式	長所	短所
無線LAN 2.4GHz帯	採用機器が多い。また回折(回り込み)特性が高く、障害物に強い。	利用機器が多く、電波干渉を起こしやすい。
無線LAN 5GHz帯	採用機器が多い。また利用機器が少なく、電波干渉を避けた運用ができる。	直進性が高いため障害物に弱く、屋外利用には制限(DFS)がある。
Bluetooth 2.4GHz帯	通信接続管理が容易で、省電力性にも優れる。	通信速度や通信距離は無線LANに比べ劣る。
920MHz Sub-Giga無線	回折特性が高いため、障害物に強い。マルチホップ通信による長距離通信も可能。	採用機器が少なく、通信速度は無線LANに比べ劣る。

図一 周波数帯別の無線方式比較

線干渉のリスクは減るが、電波の直進性が高いため障害物に弱い。また使えるチャンネル数自体は2.4GHzに比べ多いが、屋外利用においては気象・航空レーダーに対する影響を抑えるためにDFS(Dynamic Frequency Selection:動的周波数選択)に該当するW53/W56チャンネルは実質的に利用できない。図一は各周波数帯の比較になるが、本製品開発にあたっては障害物迂回能力を重視して2.4GHz帯を選択し、その上で無線干渉時の対応を行う方針で開発を進めることとなった。利用周波数帯を絞り込んだことで副次的にはあるが無線機器に必要な各国認証をより安価に取得できるようになり、産業車両メーカーで要望の高い国内・海外双方での展開が容易になった。

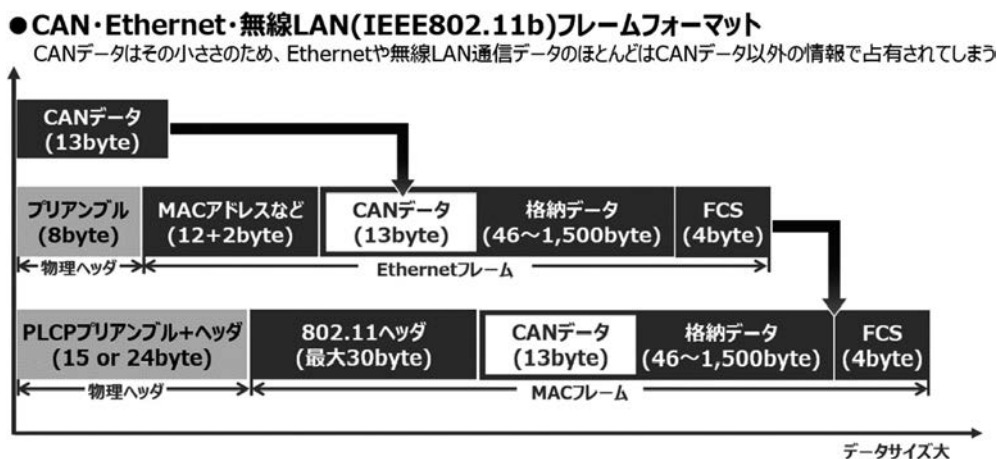
本製品の設置場所は温度、振動、防塵/防水が要求される産業用車両の操縦席であり、ハードウェア面では一般乗用車向けの通信機器と比べても高い耐環境性仕様が要求される。写真一のような密閉筐体を必要とする一方、屋外高温下での正常動作も要求されるため各種部品の選択からその基板実装、筐体への組付け方法などあらゆる点において、一般的なIT/通信機器の開発に比べて設計面での工夫が必要となった。



写真一 CAN/無線LANブリッジ筐体外観(サイレックス・テクノロジー製 CBR-100AC)

2. CAN/無線LAN変換機能の開発

CANと無線LANの通信変換を効率的に行うにあたって最も課題になるのはそのデータサイズの違いである。図二に示す通り、CAN通信ではそのデータフレームサイズは13バイトとなっているが、無線LANの基本となるEthernet通信フレームは転送データによって異なるが最小46バイトから最大1,500バイトまでとCANフレームに比べ極めて大きなサイズとなっている。無線LAN通信ではこのEthernetフレームに無線LANのヘッダー情報が付与されて転送



図二 通信方式によるデータフレームサイズの違い

されるため、さらに大きなフレームで通信することとなる。

このフレームサイズの違いは、CAN 通信が最大 1 Mbps までの低速通信に最適化されている一方、Ethernet や無線 LAN 通信は数十～数 Gbps という高速通信に対応していることから生じている。各々のフレームサイズのまま通信変換を行うと「大きなパケット (Ethernet/無線 LAN フレーム) で少量の水 (CAN フレーム) を運ぶ」形となり、極めて効率の悪い通信となってしまう。また小さなデータフレームを連続して変換し通信させることは CAN/無線ブリッジ端末内の SoC (System On Chip) に連続的負荷を与えるため処理負荷の変動や機能拡張に弱く、また密閉筐体内の発熱・放熱に悪影響が生じる。この課題に対処するため CAN/無線変換時に CAN フレームを Ethernet や無線 LAN 通信フレームサイズに適したレベルまでバッファリングしてまとめて転送することで、より効率的な通信を実現することができた。本方式による通信イメージは図-3 の通りであるが、単純に CAN フレームを大量にバッファリングしただけでは無線干渉や遠距離通信時のデータ再送信時の通信効率が落ちることもあるため、最適なバッファリングサイズは実利用環境での評価を踏まえて決定した。また、本バッファリング方式を実現することで通常の

CAN/無線 LAN 変換で課題となっていた SoC の発熱も抑えることができ、防塵・防水密閉筐体での運用にも目途を付けることができた。

3. 実運用評価のフィードバックと機能追加

(1) UDP 通信機能の実装

本製品は回り込み特性の強い 2.4 GHz 帯の無線 LAN を利用するが、図-4 のように車両操縦席内での取り付け場所やアーム・パケットの位置によっては遮蔽物により無線通信が弱くなる。また 2.4 GHz 帯無線を使うリモコンや、住宅街に近い工事現場などでの作業では一般家庭の無線 LAN アクセスポイントが出す無線に干渉を受けるため、図-5 にみられるような通信再送が多発する場合がある。

他方、リアルタイムで車両・作業機の稼働監視を行うにあたっては、稼働データの『完全性』が必要となる異常監視アプリケーションと、『データの完全性より通信の低遅延性・連続性』を重視する稼働傾向監視アプリケーションが存在する。当初、本製品の CAN/無線 LAN 変換では TCP (Transmission Control Protocol) 通信方式のみを採用し、本方式がサポートする再送機能により CAN データの完全性を担保していた。しかしながら本方式では遮蔽物や無線干渉による再送が多

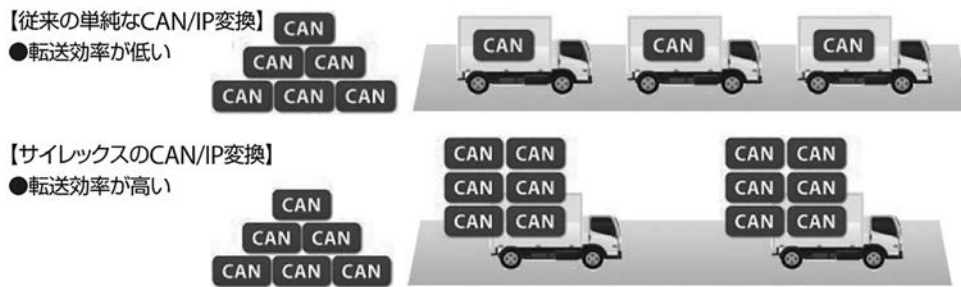


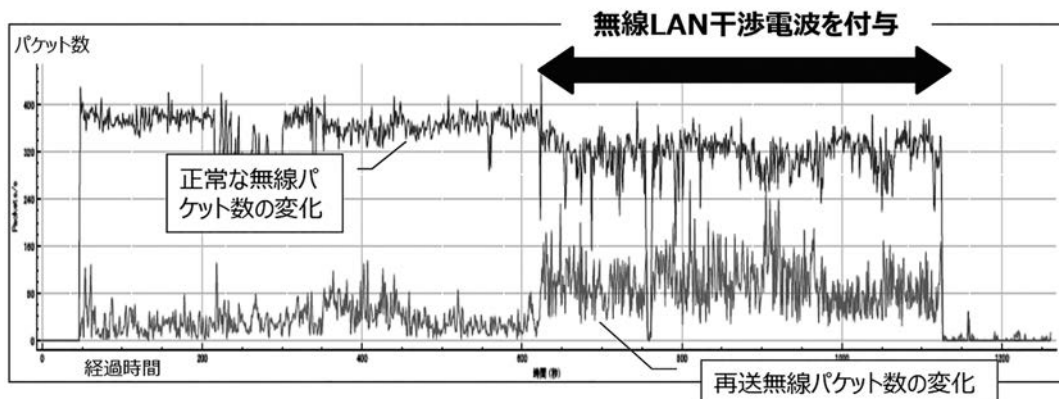
図-3 CAN/無線 LAN 変換におけるバッファリング通信方式イメージ



図-4 産業用車両内への端末設置とその無線通信傾向の例

●無線LAN通信中に干渉電波を与えた際の再送信数変化(2.4GHz帯利用時)

干渉電波により顕著に再送信数が上昇し、それに伴い正常無線パケットの受信数も減少する



図一五 無線 LAN 干渉試験による再送信数の変化



図一六 Windows OS の省電力通信機能の制御 (サンプルアプリケーション例)

発する環境では送信待ちデータが本ブリッジ端末内で増加し続け、再送トライ毎にデータが増大するのでさらに再送待ち確率が增大するという悪循環が発生した。これでは『データの完全性より通信の高速性・連続性』を重視する稼働傾向監視アプリケーションでは不要な待ち時間が発生してしまうため、UDP (User Datagram Protocol) 通信方式を追加で実装した。本方式の利用時はある程度のデータパケットロス許容する必要があるが、無線通信環境の悪化・再送による通信パフォーマンスの劣化を避けたアプリケーション利用が可能となった。なお、UDP 利用時のデータパケットロス率は無線干渉の程度により変化するが 0.001%～約 15%の幅で発生を確認している。

(2) パソコン・タブレット PC アプリケーションの無線 LAN 通信サポート

CAN/無線ブリッジが無線 LAN で CAN データを

転送するにあたって、その通信相手となる端末は市販のモバイル通信端末となる。これらの端末では稼働時間延長のため、データ通信に空きが生じるとすぐに省電力通信モードに入るといった細かな通信・電源処理が OS (Operating System) で実行されている。このような処理は CAN 通信のような小さなデータを連続して安定通信させるには不向きで、モバイル通信端末側で動作する稼働監視アプリケーションの利用中は常に省電力通信モードを解除しておく必要がある。一方、モバイル通信端末のユーザーが利用できる設定項目ではこのような設定を細かく指定することは困難なため、モバイル通信端末アプリケーション開発用に提供される CAN/無線 LAN 通信ライブラリプログラムに、図一六にみられるような Windows OS の省電力通信機能を直接制御する機能を追加することで安定通信を実現できた。

4. おわりに

CAN／無線ブリッジの開発は必要な各ハード・ソフト機能部品を組み合わせることからスタートしたが、運用現場で十分利用可能な製品にするためにはそれら部品のすり合わせ・調整が不可欠であった。第1世代となるCDS-2150では運用現場への投入前後でこれらのすり合わせを行い、最終的に複数の産業用車両メーカーで採用頂けることとなった。一方、CAN／無線LAN変換で処理できるFPS（Frame Per Second:1秒あたりのデータフレーム数）能力や、CANデータフレームへのタイムスタンプ解像度、通信負荷増大時のデータ転送遅延、ブリッジ端末内に蓄積されるCANログサイズの拡張に課題を残していた。

第2世代製品となるCBR-100ACでは本稿で述べたCAN／無線ブリッジの開発成果を活かしつつ、内蔵SoCやOSおよびCAN・無線LANドライバソフトウェアを一新することで、第1世代製品で残っていた前述の課題を大きく改善することができた。無線LAN規格においては2019年に策定されたWi-Fi6と呼ばれる

IEEE802.11axの普及が今後見込まれている。本規格では「複数無線LAN端末の同時安定接続」や「無線混雑・干渉下での通信遅延の改善」対応が盛り込まれている。さらにWi-Fi6E規格では無線干渉が発生しにくい6GHz帯の利用が可能になる。現在6GHz帯を使った無線LAN利用では米国が先行しているが、日本国内でも2021年から2022年にかけて利用解禁が見込まれている。将来的にはこれら新規格を活用し、本製品をどこでも・いつでも・安定して使えるよう改善し、産業車両のさらなる高効率利用に役立てていきたい。

JCMA



【筆者紹介】

山崎 泰（やまざき やすし）
サイレックス・テクノロジー(株)
グローバルマーケティングセンター 製品戦略室
プロダクトマーケティングマネージャー

