



5Gの特性を活かした高技能工員の労働環境改善・労働安全確保・技術伝承の実現を目指して

愛媛大学大学院理工学研究科 教授 小林 真也 こばやし しんや

1. はじめに

総務省が行った5G利活用アイデアコンテストに、「5Gの特性を活かした高技能工員の労働環境改善・労働安全確保・技術伝承の実現」を提案し、総務大臣賞に選んでいただいた。

この提案が対象とする課題、そして、課題解決のアイデア、また、アイデアの実現において、なぜ5Gが必要とされ、5Gの特性がどう活かされるのか、さらには、アイデアの実現、実用化に向けて、実証評価を行わなければならない事項を紹介する。

2. 課題と解決のアイデア

愛媛に本社のある今治造船（世界第4位・国内1位）をはじめとして、四国とその対岸である広島や山口を含む瀬戸内海は、世界的に見ても造船業の集積地である。また、地域にとっても、造船業は、地域に安定的で十分な賃金を伴う雇用をもたらす、地域の経済と発展をもたらす主要産業である。

造船業において差し迫る課題に、高齢化に伴う専門的スキルを持つ高技能工員の不足と技術継承がある。特に、造船所の基幹工作機器であるクレーン（写真2）の運転手



■写真1. 5G利活用アイデアコンテスト授賞式の模様



■写真2. 造船所遠景



■写真3. ジブクレーンの上部（60m）に立つ筆者



■写真4. ジブクレーン

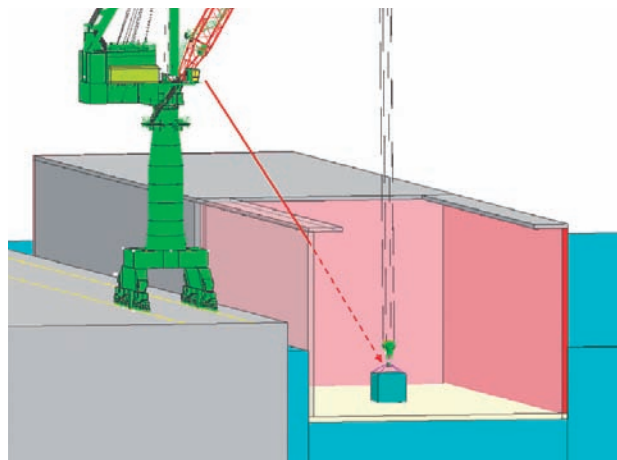
の不足は、深刻な問題となりつつある。

また、クレーンの運転台は地上60mに設置されており、頻繁に上り下りすることはできず、運転手は食事や用便に不自由している。さらに、強風時の揺れや、動力源である大型のモータや機械の振動もあることから、運転の現場は良い環境であるとは言えない(写真4)。

労働安全の点では、図に示すように、造船所における玉掛作業(フックに吊り荷を架ける作業)は、船体内部で行われることが多く、運転台からは船体が障壁となり目視できず、玉掛位置にフックを移動させることは、運転手の神経をすり減らす作業であり、船底にいる工具にとっても危険である。また、クレーンはレール上を移動することができるが、運転台からの死角が存在し、衝突事故の危険性もある。

これらの問題を解決するアイデアとして、遠隔運転を実現し、その運転台を集約化することを提案した。遠隔の運転台には、玉掛作業の現場や、死角となっているクレーン足元の映像の伝送も行う。

運転台を地上に降ろすと、運転手の交代が容易となり、短い周期での勤務と交代、また、緊急対応が可能となる。これにより、体力が衰えてきた高齢の高技能工員の継続的



■図. 造船所における玉掛作業

な就労も可能となる。また、クレーン上部の狭い運転台から、空間に余裕のある地上への移動は、ベテラン運転手による初心者指導を可能とし、初心者がベテラン運転手の高度なスキルを身近に接することもできる。また、強風による揺れや、モータの振動・音響にさらされることもなくなる。

さらには、運転台の集約は、運転手の勤務シフトの組みやすさをもたらす、結果的に必要とする運転手の数を減らすことが可能となる。また、遠隔運転と相まって、運転手の確保ができなかった地域でのクレーンの設置も可能となる。

また、フック部分へのカメラの設置による、運転台からは見通せない玉掛作業の現場映像の伝送、クレーンの脚部や上部に設置したカメラによる運転台からの死角エリアの映像の伝送は、周辺の工具の安全確保のみならず、運転手の精神的負担の低減にもつながる。さらには、ヒヤリハットを含めた事故・障害発生時の記録データの蓄積が進むと、原因分析と対策立案にも活かせると期待できる。

3. アイデアを可能とする5G

言うまでもなく、5Gの特徴は、「超高速」、「超低遅延」、「多数同時接続」、そして「超高信頼性」である。

既に述べたように、このアイデアでは、造船所の現場において、カメラやマイクなどの運転に必要な映像や音響を送り出すセンサーを複数設置し、その情報を地上にある遠隔運転台に伝送する。また、運転手の操作に応じて、クレーンを動かすというものである。

運転手が、これまで獲得してきた運転スキルを活かして遠隔運転を行うためには、従来の運転台と同様な運転環境を地上に実現する必要がある。60mの高さにある運転台から見る地上近くのフックは極めて小さい。遠隔運転台に、



現在の運転台からの見え方と同等の映像を提供するには、精細で高画質な映像を運転手に提供する必要がある。そのためには、8K映像を伝送可能な5Gの「超高速」という特徴が必要とされる。

また、クレーンの上下、回転などの吊り荷やフックの移動と停止といった作動と運転は、物理現象としての動きに応じた反応時間での動きでなければならない。特に、クレーンは言わば振り子であることから、振幅的な動きに対しては、適切な運転操作を機敏に行う必要がある。そのためには、運転手に提供される映像や音響情報、また、運転手の操作に応じたクレーンへの指令は、十分に短い遅延で伝送されなければならない。この点において、安定的な超低遅延を実現する5Gは、有望で、現時点で唯一の無線通信手段であると言える。

さらには、玉掛作業現場の状況を伝えるカメラやマイク、死角を無くすためのカメラなど、このアイデアで必要とされる機器のみならず、今後のIoTの普及により、クレーンの周辺を含む造船所の作業現場において、数多くの通信機器が存在する状況となることが予想される。「多数同時接続」が可能で、また、「超高信頼性」を備えた5Gは、このような状況において、安心して使える通信手段と言える。

4. 実証試験・評価

造船所でのクレーン作業の特徴の一つに、玉掛作業の現場が、運転台から見通せない船底で行われており、その対策として、フックにカメラを付けるというアイデアを紹介した。しかし、このままでは、このアイデアには問題がある。船底は、言わば井戸の底である。目視で見通せないと同様に、5Gの電波にとっても、船体は障害物である。上方は開いているものの、側面は、遮蔽板、また、反射板として機能する鉄の壁である。そのために、玉掛現場からの放射される電波を受けるためには、クレーンのアームの先端部分で受信をすれば良いとの発想が生まれる。しかしながら、クレーンという機械からすると、これは、あまり良い解決策とは言えない。クレーン先端部に受信機や無線中継機を置き、送受信を行うためには、電力が必要である。クレーンのアームは、起伏をすることから、電力を送るケーブルをアームに沿わせることは、長期の運用が行われるクレーンにとっては、保守の点で、望ましいものではない。また、クレーン先端部分は、容易にアクセスすることができないため、保守が必要となる機器の設置は避けたい。

直接波の伝搬に対して船体が障壁となるという問題に対

して、アーム先端部分への反射板の設置を提案している。玉掛作業の現場である船底から上方に放射される電波を、アーム先端部分に設置した反射板で、クレーンのタワー上部等に設置したアンテナに向けて反射させる。これにより、アーム先端部への電力の供給を必要とすることなく、船底からの5Gの電波をアンテナまで導くことが期待できる。実証試験では、このアイデアが実際に機能するのかという視点で、フック部分から電波を出すアンテナの指向性や、反射板の大きさや形状など、実験的に評価、検証を行う必要がある。

また、遠隔運転を行うためには、運転に必要な画像や音響情報の伝送は、遅延が短いことはもちろん、同期することが求められる。単に、低遅延であるとか、同期が必要で済ませるのではなく、遠隔運転の実現という観点から、許容される水準を定量的に明らかにしておくことが、今後の実用化に対して求められる。実証試験において、運転手に提供される画像・音響情報の遅延と同期のズレといった遅延特性の計測と、運転手による評価を経て、許容基準の定量化を行う必要がある。また、運転席への映像・音響を許容範囲内で同期させる方法の確立も、実証的に進める必要がある。

5. おわりに

愛媛県新居浜市にあるクレーン製造企業である住友重機械搬送システムとは、今回の提案以前から、産学の連携を始めていた。連携の中で、私自身、60mの高さのクレーンの上部まで足を運び、運転手の方の横でインタビューをする機会を与えてもらい、運転手が不自由に感じていることなども、聞かせてもらった。また、住友重機械搬送システムのエンジニアから、造船所をはじめとするクレーンを用いた作業の現場の状況についても、聞かせてもらっていた。そういった中で得た情報や、感じていた課題を、私自身の知識の引き出しに入れていた。一方、上位レイヤを中心とした分散処理を研究の専門としていることから、5Gの実用化、また、その特性にも関心を持っていた。また、この数年間、技術を社会に活かすことを意識した研究、教育に取り組んでいる。そういった条件、状況にあったところに、5G利活用アイデアコンテストの話が舞い込んできたことは、私にとって、この上なくラッキーであった。

工学分野で生きるものとして、「現実の課題を実現可能な方法で解決する」は喜びである。5Gの利活用が、この喜びをもたらしてくれることは、ありがたい。