

Title	A Study on Adaptive Wireless Communication Control for Automated Guided Vehicles in Smart Factory
Author(s)	大堀, 文子
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/96224
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (大堀 文子)	
論文題名	A Study on Adaptive Wireless Communication Control for Automated Guided Vehicles in Smart Factory (スマート工場における自動搬送車のための適応的無線通信制御の研究)
<p>論文内容の要旨</p> <p>スマート工場では産業機器の自動化が進み、ロボットによる製造自動化システムが普及している。これらのシステムは近年、無線通信の導入によりケーブルによる機動性の制約が解消され、製造、物流、倉庫などの様々な生産シーンへの導入が可能になってきている。リーン生産方式に基づく工場では、これらのシステムはタクトタイムによる時間管理の下で稼働している。通常、工場では1日の生産目標のために、各工程が完了するまでの時間は決められたタクトタイムを超過しないように設計されるが、生産設備の稼働時間は必ずしも一定でないため、タクトタイム超過を予防するためのガードタイムが設けられている。このガードタイムは生産性に直結するため、生産性向上のためには、できる限り短く見積もる必要がある。一方で、AGVの通信制御に無線通信を用いる場合には、工場環境の変動やAGVの移動により発生する通信遅延時間により、このガードタイムを超過してしまう課題が生じる。無線通信の分野では、物理リンクの低遅延通信を実現するための研究が進む一方で、工場内を移動するAGVが行う一連のアプリケーション通信のイベントを対象に低遅延通信を行うことは、遅延の発生頻度や通信遅延の変動が予測困難であるため難しい。そこで本論文では、環境変動に合わせた予測の実現により、時間制約を超えてしまう遅延の発生を低減しAGVを用いた生産向上を実現する手法を提案する。</p> <p>第一に、複数台の無線LANのAP(アクセスポイント)が導入されているスマート工場において、AP選択時に通信が切断することにより発生する遅延時間を抑制するための適応無線通信制御手法を提案する。専用の無線設備での利用を前提としたAGVを工場の共用無線LAN環境に導入する際、AGVの移動や周辺環境の変化によるダイナミックな無線品質の変動にうまく適応できないと、無線通信の品質が低下しAP選択に失敗し遅延時間が増大してしまう。これに対し、環境センシングと機械学習を用いて過去の無線変動やAGVの移動パターンを学習し、現在のAGVの移動状況に適した通信制御パラメータを導出することによって、AGVの稼働時間の悪化を最小限に抑えることができる。具体的には、複数のアクセスポイントが存在する無線LAN環境下を走行するAGVに対して、AGVとAPの距離、AGVの軌道、向き、RSSI変動を学習に用いることにより、移動に適しかつAPとの通信の切断時間を最小限に抑えられるような制御を行うことができる。</p> <p>第二に、遅延時間の発生要因として考慮すべき、複数無線通信の共存環境における遅延時間発生要因の特定を行い、その遅延を低減させる手法を提案している。具体的には、同一周波数に複数の端末が共存して動作する環境において、無線干渉による通信品質低下の要因を明らかにする手法を提案している。無線干渉が通信品質低下となる環境においては、アプリケーションの用途別に周波数を細分化する方法によって通信効率低下を防ぐことができる。</p> <p>第三に、AGVの走行経路周辺に金属柱が多く存在する環境において、走行経路の周辺に設置した固定型センサのデータから無線通信品質を推定することにより、通信品質低下の要因を明らかにする手法を提案している。走行するAGVの数分のセンサを用意する必要がなくセンサの台数を抑えて、通信効率低下を推定できる。</p> <p>最後に、工場の3次元空間においてAGVの動きや無線変動を模擬できる環境を構築し、AGVの遅延時間と時間管理の関係性から、適応的無線通信制御が生産性に与える影響を評価した。本章における課題は、実際の工場におけるAGVの移動に伴う無線変動は非常に複雑であり、また、生産性を向上するための時間や通信制御設定は環境に依存することから、環境に合わせた伝送レート設定を行わなければ、無線品質が悪化し遅延時間増加により通信と生産性の両方が悪化することである。構築した環境により、AGVの動きと工場の無線変動を模擬し、3次元立体空間において場所ごとの無線品質指標の予測による伝送レートの調整が生産性向上にどれだけ寄与するかが分析できる。また、本環境は5層のレイヤを統合した環境であり、異なるAGVのユースケースに対しても、各レイヤのモデルを入れ替えることにより同一のインターフェースによる分析が可能である。</p> <p>これらを通して、AGVの動きや工場の3次元空間の無線変動に適応した無線通信制御を可能にし、スマート工場における無線通信制御のAGVの利活用に貢献する。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (大 堀 文 子)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	山口 弘純
	副 査	教授	村田 正幸
	副 査	教授	渡辺 尚
	副 査	教授	長谷川 亨
	副 査	教授	下西 英之

論文審査の結果の要旨

スマート工場では産業機器の自動化が進み、ロボットによる製造自動化システムが普及している。これらのシステムは近年、無線通信の導入によりケーブルによる機動性の制約が解消され、製造、物流、倉庫などの様々な生産シーンへの導入が可能になってきている。リーン生産方式に基づく工場では、1日の生産目標のために各工程が完了するまでの時間は決められた時間を超過しないように設計されるが、AGVの通信制御に無線通信を用いる場合には、工場環境変動やAGVの移動により発生する通信遅延時間により、このガードタイムを超過してしまう課題が生じる。無線通信の分野では、物理リンクの低遅延通信を実現するための研究が進む一方で、工場内を移動するAGVが行う一連のアプリケーション通信のイベントを対象に低遅延通信を行うことは、遅延の発生頻度や通信遅延の変動が予測困難であるため難しい。本論文の研究成果は、工場における環境変動に応じた通信状況予測や状況理解の実現により、生産性に影響を与える遅延発生を低減しAGVを用いた生産向上を実現する手法を提案し、その有効性を示している点にある。

第一の研究成果は、複数台の無線LANのAP(アクセスポイント)が導入されているスマート工場において、AP選択時に通信が切断することにより発生する遅延時間を抑制するための適応無線通信制御手法を提案した点にある。専用の無線設備での利用を前提としたAGVを工場の共用無線LAN環境に導入する場合には、動的な無線品質の変動に適応できないと無線通信品質低下を招く。本研究では、機械学習を利用し、AGVとAPの距離、AGVの軌道や向き、RSSI変動履歴のパターンを学習し、現在のAGVの稼働状況に適した通信制御パラメータを導出し、AGVの稼働時間の悪化を抑制する。これによりAPとの通信の切断時間をなるべく抑制する制御を実現している。

第二の研究成果は、複数無線通信の共存環境における遅延時間発生要因を特定し、それを抑制する手法を提案した点にある。より具体的には、同一周波数に複数端末が共存し、無線干渉が通信品質低下の原因となる環境において、アプリケーションの用途別に周波数を細分化する方法を提案し、それにより通信効率低下を防ぐことができることを示した。

第三の研究成果は、AGVの走行経路周辺に金属柱が多く存在する環境において、走行経路の周辺に設置した固定型センサのデータから無線通信品質を推定することにより、通信品質低下の要因を明らかにする手法を提案した点、および、工場の3次元空間においてAGVの動きや無線変動を模擬できる環境を構築し、AGVの遅延時間と時間管理の関係性から、適応的無線通信制御が生産性に与える影響を評価した点にある。実際の工場におけるAGVの移動に伴う無線変動は非常に複雑であり、生産性を向上するための時間や通信制御設定は環境に依存する。したがって伝送レートが通信と生産性の両方に影響する。構築した環境は5層のレイヤを統合した環境であり、異なるAGVのユースケースに対しても、各レイヤのモデルを入れ替えることにより同一のインターフェースによる分析が可能である。同環境により、AGVの動きと工場の無線変動を模擬し、3次元立体空間において場所ごとの無線品質指標の予測による伝送レートの調整が生産性向上にどの程度寄与するかが分析可能なことを示している。

以上のように本論文は、AGVの動きや工場の3次元空間の無線変動に適応した無線通信制御を可能にし、スマート工場におけるAGVの利活用に貢献するものであり、有用な研究成果を上げている。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める。