

Connectivity Design and Control of Multilateral Systems under Time Delay

August 2017

NISHIMURA, Satoshi

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	西 村 聡 史
主 論 文 題 名 : Connectivity Design and Control of Multilateral Systems under Time Delay (時間遅れの下でのマルチラテラルシステムの結合性設計と制御)					
(内容の要旨) 情報通信技術の向上により多くのシステムがネットワークを介して協調することが可能となり、多システム間の相互作用を取り扱うマルチラテラルシステムの制御が注目を集めている。従来、システム全体の重心位置（重心モード）およびシステム間の相対位置（相対モード）に関する運動を同時に制御することにより所望の機能を実現してきたが、ネットワーク伝送に伴う通信遅延の影響で、各運動への独立な制御器の配置が困難になることが問題となっている。そこで本研究では、通信遅延下のマルチラテラルシステムにおいて、システム間の結合性を設計することによって、各運動を非干渉化し機能設計に応用することを目的とする。 第1章では、本研究の背景および目的について関連研究を交えて説明した。 第2章では、ネットワークを介したマルチエージェントシステムにおいて重心モードが2重積分特性を有するように相対モードの結合性を設計する手法を提案した。具体的には、遅延要素を含むグラフラプリアンの行列式が零となるように結合性を設計することにより非干渉化が実現されることを明らかにした。 第3章では、マルチラテラルシステムの一例であるバイラテラル制御において、相対モードへの干渉を取り除くための重心モードの結合性の設計を行った。本手法ではむだ時間モデルを用いるため、伝送行列を用いてモデル化誤差が力覚伝送に与える影響を解析し、その低減法および安定性についても示した。 第4章では、バイラテラル制御およびマルチラテラル制御に対して両モードの結合性を統合して設計するための手法を提案した。モード空間へ写像を行うことで各運動を分離し、その際、座標変換行列が伝送経路におけるむだ時間要素を含むように座標変換行列を定義した。また、バイラテラル制御の評価指標である操作性および再現性の観点から制御系を解析し、通信遅延下においても提案法が高い性能を有していることを示した。 第5章では、前章で述べた座標変換行列を応用し、機械共振を有する系を用いたバイラテラル制御について述べた。波動方程式によるモデル化により機械共振系が等価むだ時間系とみなせるため、座標変換行列による結合性設計が可能となることを示した。 第6章では、マルチラテラル制御においてシステム間に存在する通信遅延時間に基づいて相対モードに関するトポロジーをデザインするための手法を提案した。隣接行列の最大固有値に対応する固有ベクトルを導出することにより、各システムが有する等価的な影響度を定量化し、本指標に基づいてスレーブの影響が最大となるよう結合性の再設計を行うことで力覚再現性能を回復できることを示した。 第7章では、力覚および温熱覚情報の多方向伝送を実現するための制御系を提案した。各感覚呈示に用いるアクチュエータの時定数の違いを補償するため、その差異を遅延要素とみなして座標変換中で考慮することによって温熱覚の同時呈示を実現した。 第8章では、本研究の成果を要約し、展望とともに結論を述べた。					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> “KOU” <input type="checkbox"/> “OTSU” No. _____ *Office use only	Name	NISHIMURA, Satoshi
Thesis Title <p style="text-align: center;">Connectivity Design and Control of Multilateral Systems under Time Delay</p>			
Thesis Summary <p>Recently, control of multilateral systems is attracting attention. In this system, both of the motions that expresses the overall position of a system (COG motion) and that describes the position between systems (relative motion) are controlled; however, it is difficult to separately place controllers for each motion because of a delay that exists in a network. Therefore, this dissertation designs the connectivity between systems to decouple the controllers for each motion. The connectivity stands for the mode that can be defined in network systems. It will realize to separately control each motion by using the delay in the network or a delay time model.</p> <p>Chapter 1 introduces the background and objective of this dissertation.</p> <p>Chapter 2 proposes the method to design the connectivity of the relative motion so that the COG motion gains the characteristics of a double integrator in multi agent systems through a network. This dissertation shows it can be realized by designing the connectivity of the relative motion to set the determinant of a graph Laplacian that contains delay elements as 0.</p> <p>In Chapter 3, the design method of the COG motion in order not to affect the relative motion in bilateral control is proposed. It can be realized by using a buffer to a control input for COG motion. Also, controllers are designed so that an operator can operate the system with small operational force in a low-frequency area. Both the performance and stability is analyzed.</p> <p>In Chapter 4, this dissertation discusses the unified design method of both connectivities for bilateral/multilateral control. Each motion can be decoupled by mapping the response in the work space to a virtual space. The space transformation matrix is newly proposed, and it is designed to contain the delay element between the systems.</p> <p>In Chapter 5, bilateral control using a flexible manipulator is conducted. By modeling the manipulator using the wave equation, the system can be viewed as an equivalent time delay system. The transformation matrix is applied to realize the motion decoupling.</p> <p>Chapter 6 proposes a design method of the relative motion topology in multilateral control. This dissertation reveals that the eigenvector of the maximum eigenvalue of an adjacency matrix expresses the equivalent amount of influence that each system contains. The value is used to optimize the topology to regain the tactile sensation transmission performance.</p> <p>In Chapter 7, this dissertation proposes the method to present thermal and tactile sensations using multilateral control simultaneously. The additional buffer is used to correct the difference in the time constant of a robot manipulator and a Peltier device.</p> <p>Chapter 8 concludes this dissertation.</p>			