

論文内容の要旨

博士論文題目 Synthesis of Practical Noise-shaping Quantizers for Networked Control Systems

(ネットワーク化制御系のための実用的なノイズシェーピング量子化器の設計)

氏 名 Rodriguez Ramirez Juan Esteban

Nowadays networked control systems (NCSs) are being used widely in applications. We however encounter various problems that negatively affect practical NCSs hence need compromise. Some of these problems are (i) data rate constraints of the channel, (ii) network traffic congestion, and (iii) inaccuracies in the model of the plant. The aim of this thesis is to develop novel noise-shaping quantizers for NCSs and their design methods that alleviate the effects of these problems. These quantizers filter the quantization errors and convert continuous-valued signals into the appropriate discrete-valued ones. First, an improved metaheuristic based design is proposed for finite-level dynamic quantizers that minimize the performance degradation caused by quantization in systems subjected to data-rate constraints. Second, in order to deal with the network traffic congestion, a switching type dynamic quantizer is proposed. This quantizer is actuated by a Gaussian functions based event-generator attached to the plant and sends the data only when needed. Third, for the situations in which the model of the plant is absent or is unreliable, this study proposes a type of quantizer implemented with neural networks and a time series of the plant's inputs and outputs. This quantizer does not need a model of the plant, and could be applied to time invariant linear or nonlinear systems. The designs of these quantizers are formulated as nonlinear and nonconvex optimization problems that cannot be solved using conventional optimization techniques. Therefore, this thesis proposes design methods based on covariance matrix adaptation evolution strategy and differential

evolution, which are stochastic optimization algorithms. The effectiveness of these quantizers and their design methods are verified by means of a plethora of numerical examples. In addition, their performances are compared among each other using statistical analysis tools. Several conclusions are reached from these simulations and several solutions are developed to improve the performance of these quantizers.

氏 名	Rodriguez Ramirez Juan Esteban
-----	-----------------------------------

(論文審査結果の要旨)

平成 31 年 1 月 7 日に開催した公聴会の結果を参考に、平成 31 年 2 月 8 日に本博士論文の審査を行った。

本論文では、ネットワーク制御系のための量子化器の設計に関する研究を行っている。ネットワーク通信を用いた動的システムの制御においては、通信容量制約やネットワーク輻輳が問題となる。本論文の目的は、連続値信号を離散値信号に変換する量子化器の適切な設計によりこれらの問題を解決することである。そして、連続値から離散値に変換する際に生じる量子化ノイズを量子化器内部でフィードバックしてフィルタリングするノイズ整形型量子化器の設計に取り組んでいる。本論文では、まず、通信容量制約を満足したうえで、量子化ノイズが制御系に与える影響を最小化する量子化器を確率的な最適化手法で設計する方法を提案している。つぎに、ネットワーク輻輳問題を解決するために、必要と時のみ量子化を行うイベント駆動型のノイズ整形型量子化器を提案し、その設計手法を構築している。最後に、ニューラルネットワークを組み込んだ量子化器を提案し、重み係数を入出力データから決定するモデルフリー量子化器設計手法を検討している。

ネットワーク制御系に対する量子化器の設計においては、通信容量制約のもとで、量子化器で生じる量子化ノイズをできるだけ小さくすることに注力することが多い。これに対して本論文では、量子化ノイズが制御系の性能に影響を与えないようにノイズを整形するというアプローチを採っている。ネットワーク制御系における制約条件下で量子化ノイズを積極的に整形するというテーマは興味深く、制御工学分野に有用な知見を与えるものである。また、ノイズ整形型量子化器の実応用を志向し、スパースな信号を生成するためにイベント駆動型メカニズムを導入した点や、適用する制御対象のクラスを広げるためにニューラルネットワークを導入した点は、量子化器設計理論の発展に寄与するものである。このようなモデルフリー量子化器設計手法は、非線形要素を含む様々な制御対象への応用が期待され、十分な学術的意義があるものと評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。