

プライオリティシーリングセマフォの検証

藪田 優平[†] 南角 茂樹[†]
[†] 大阪電気通信大学総合情報学部情報学科

1. はじめに

セマフォはクリティカルセクション間の排他制御に用いられる機能である。しかしながら、無関係な低優先度タスクが高優先度タスクの実行を阻害するような優先度逆転問題が発生する。この問題は優先度継承方式により解決されている。しかしながら、優先度継承方式では以下の問題が解決されていない。・低優先度タスクによる高優先度タスクの中断が複数回発生し最悪実行時間の算出が困難となるチェーンブロッキングの問題。・複数のタスクが複数のセマフォを使用する場合にセマフォの獲得順により発生するデッドロックの問題。図1にチェーンブロッキングを示す。また、図2にデッドロックを示す。これらの問題を解決するため優先度上限方式[1]が提案されている。本研究では優先度上限方式を用いたプライオリティシーリングセマフォをREMON[2]に実装し検証を行った。

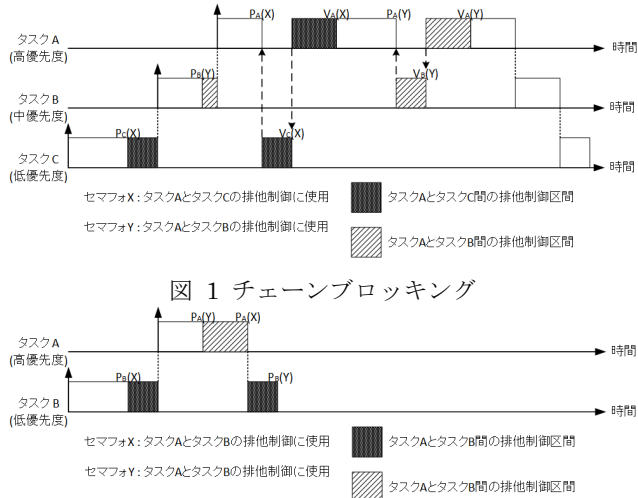


図 1 チェーンブロッキング

2. 優先度上限方式

優先度上限方式では各セマフォにそのセマフォを獲得するタスクの内、最高の優先度をシーリング値として与える。タスクがセマフォを獲得する場合、そのタスク以上のシーリング値を持つシステム上の全セマフォが獲得されていないかを確認する。そして、いずれかのセマフォが獲得済みの場合、獲得しているタスクに獲得要求を行ったタスクの優先度を与える。各タスクはそれ以下の優先度を持つタスクにより中断させられる回数は高々一回となるのが特徴である。図3に優先度上限方式によるチェーンブロッキングの解決を示す。また、図4にデッドロックの回避を示す。

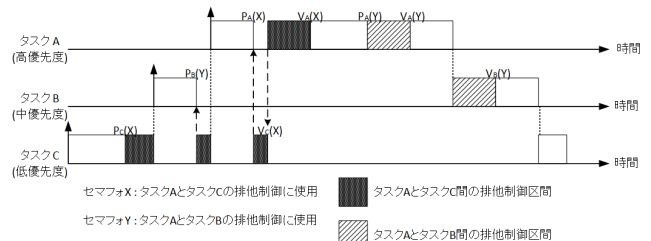


図 3 チェーンブロッキングの解決

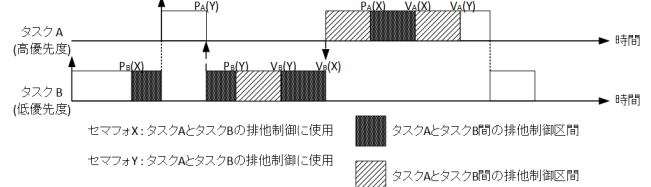


図 4 デッドロックの回避

3. 検証

検証環境として用いるREMONはRTOSを使用しない環境においてタスク管理機能とリアルタイム性を損なわない排他制御を実現する物である。REMONではタスクの優先度を配列構造により管理しているため複数のタスクに同一優先度を与えることができない。そのため、予め登録するタスクの優先度を一つ飛びに設定し、優先度を上昇させる場合、本来より1多く上昇させる方法で検証を行う。

検証方法として、優先度継承方式においてチェーンブロッキング、デッドロックが発生するプログラムと同様の物をプライオリティシーリングセマフォでも実行する。この場合のタスクの切り替わりを確認することで動作の検証を行う。

5. まとめと今後の課題

優先度上限方式の検証として、REMONにプライオリティシーリングセマフォを実装し、その検証を行った。今後の課題として、システム上の全セマフォが未獲得にも関わらず、セマフォを待つタスクが存在する区間が発生する問題を解決するための方式を考案することが挙げられる。

参考文献

[1] Sha, L., Rajkumar, R. and Lehoczky, J.: Priority Inheritance Protocols: An Approach to Real-Time Synchronization, IEEE Transactions on Computers, Vol.39, No.9, pp.1175-1185,(1990)
 [2] 南角茂樹, 水篠公範, 小泉寿男, 福田晃: 「組込みシステム用割り込みスケジューラ REMON」, 電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌), Vol.133 No.2 pp.316-325(2013-2)