

# REMON on ARM Cortex-M3 の提案と評価

藪田 優平<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 大阪電気通信大学 総合情報学部 情報学科

南角 茂樹<sup>††</sup>

<sup>††</sup> 大阪電気通信大学大学院 総合情報研究科

## 1. はじめに

近年、自動車や電化製品等、様々な製品に組み込みシステムが使用されている。このような組み込みシステムにおいて ARM プロセッサは大きなシェアを獲得している。また、組み込み製品の多くはリアルタイム性を高めるために、RTOS を搭載している。しかし、製品において使用可能なマイコンリソースは限られており、RTOS を使用しない場合もある。このような場合、クリティカルセクションの排他制御には CPU が提供する全割り込み禁止、全割り込み許可機能が使用される。この機能の影響は CPU 全体に及び、クリティカルセクション実行中に、高優先度の割り込みが発生した際に処理の切り替えができないため、リアルタイム性が低下する問題がある。そこで、本研究では RTOS 非搭載時のリアルタイム性低下の問題を解決するために ARM Cortex-M3 用の REMON を提案する。

## 2. REMON

REMON は Real-Time Embedded Monitor の略語で、低資源で動作する組み込み簡易モニタである。REMON では、各割り込みハンドラ(ISR)に状態や CPU コンテキストを保存するための領域である Interrupt Control Block(ICB)と、ISR 毎の固有のスタック領域であるローカルスタック領域を対応付ける。これにより、各 ISR の独立した動作を可能とする。また、ISR が待ち状態を持つことを利用して排他制御を実現する。図 1 に ICB の構造を示す。ICB は CPU レジスタ値であるコンテキスト、ISR の状態、待ち要因、起動要求回数を持つ構造体である。また、各 ISR に対応させるために配列構造をしており、ISR の優先度は対応する ICB の配列番号により決定する。

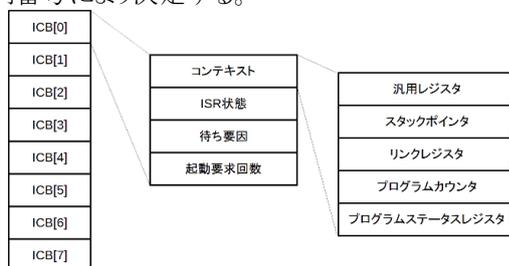


図 1 ICB の構造

## 3. ARM Cortex-M3 での実現方法

ARM Cortex-M3 において、割り込みが発生した際、その時点の一部 CPU レジスタ値がスタックに自動退避される。REMON ではこれらの CPU レジスタ値に加えローカルスタックポインタを ICB に保存する。また、ARM Cortex-M3 では割り込み発生時に EXC\_RETURN 値がリンクレジスタに

格納される。この値は割り込み状態から復帰する際に使用するため ICB に保存する必要がある。復帰の際には、ICB からスタックに CPU レジスタ値を復元し、EXC\_RETURN 値やスタックポインタは ICB から直接 CPU レジスタに復元する。その後、割り込み復帰命令を用いて復帰する。

## 4. 評価

評価方法として ARM Cortex-M3 搭載マイコンボードである SK-FM3-48PMC-USBSTICK に ARM Cortex-M3 用の REMON を適用し、実行時間を計測した。これを既に REMON が適用されている M16C/62P を使用した OAKS16-62P の実行時間と比較を行った。計測区間は ISR の起動時間、svc\_act\_tsk、sav\_ctx、lod\_ctx の 4 つである。表 1 に ISR の起動時間の比較を示す。また、図 2 に REMON の各 API の実行時間の比較を示す。表 1、図 2 から全体的に ARM Cortex-M3 の方が高速なのが見える。これは RISC の ARM と CISC の M16C を比較しているため、パイプライン処理等が要因だと考えられる。また、lod\_ctx のみ M16C の方が高速な点に関しては RISC と CISC の違いによる命令数の違いや、レジスタ数の違いが要因として考えられる。

表 1 ISR の起動時間

M16C/62P	20.39[ $\mu$ s]
ARM Cortex-M3	12.5[ $\mu$ s]

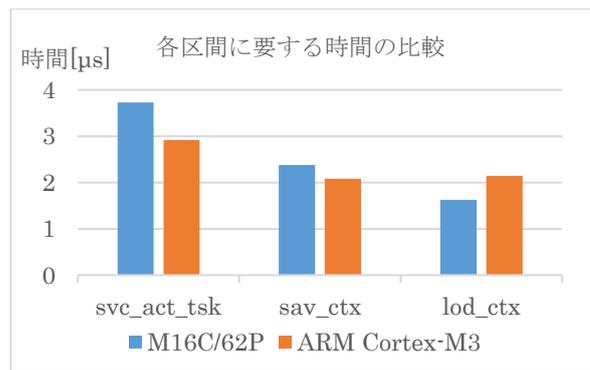


図 2 各計測区間の実行時間の比較

## 5. まとめ

ARM Cortex-M3 上で REMON を動作させることができた。現状、ソフトウェア割り込み発生時の ISR の起動のみを実現しているため、外部割り込み発生時の ISR の起動を実現させることが今後の課題である。

## 参考文献

[1] 南角茂樹,水篠公範,小泉寿男,福田晃:「組み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)