

Title	メタステーブル動作にもとづく非同期式アーピタの信頼性評価に関する研究
Author(s)	佐藤, 洋一郎
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/1741
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名・(本籍)	さ　　とう　　よう　いち　ろう 佐　　藤　　洋　　一　　郎
学位の種類	工　　学　　博　　士
学位記番号	第　　8　9　7　9　　号
学位授与の日付	平成 2 年 2 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	メタステーブル動作にもとづく非同期式アービタの信頼性 評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 高　　忠雄
	(副査) 教授 都倉 信樹　教授 谷口 健一　教授 橋本 昭洋
	助教授 菊野　　亨

論 文 内 容 の 要 旨

独立した複数の装置が一つの資源を共有するような計算機システムにおいて、非同期的に発生する資源専有要求の競合を処理するために利用される回路のことを非同期式アービタという（以下、アービタという）。アービタにおいては、原理上、メタステーブル（MS）動作の発生を避けることができず、最悪の場合、誤動作が生じ得る。本論文は、この種の誤動作に対するアービタの信頼性をMTBF (Mean Time Between Failure) によって評価した結果をまとめたものである。

1章では、(I)基本形リングアービタの動作を離散時間単純マルコフ連鎖で定式化したうえで、(II)この連鎖で生じ得る各誤動作のMTBFに対する寄与分を状態推移確率と状態持続期間とを用いて書き下し、(III)(II)で書き下したすべての寄与分を一つの無限級数として整理し、さらに、(IV)(III)で整理した結果を有限個の項の代数和に変形するという手順で、MTBFを求めている。また、第2章では、(V)基本形かつ集中制御形のデジチェーンアービタの動作を連続時間単純マルコフ連鎖で定式化したうえで、(VI)この連鎖における状態推移確率密度とそれに対する状態持続期間（時間に関して連続した値）とから、状態推移確率と等価的に離散化した状態持続期間（時間に関する平均値）とを求めたのち、上述した(II)～(IV)の手順にしたがって、MTBFを求めている。さらに、3章では、1、2章の結果を利用して、集中制御形デジチェーンアービタと集中制御形インデペンデントリクエストアービタの各々について、基本形と要求先取り形とのMTBFを算出・比較し、要求先取り機能のMTBFに対する影響を明らかにしている。この結果によれば、集中制御形デジチェーンアービタのMTBFは要求先取り機能の影響をほとんど受けないが、集中制御形インデペンデントリクエストアービタのMTBFは、要求先取り機能を付加することによって、大きく改善される。

1章および2章で得られたMTBF算出式は、それぞれ、既存の大多数のリングアービタおよび集中制御形のデジチェーンアービタにそのまま適用できる。また、これらの算出式の適用できない他の非同期式アービタについても、状態を適宜定義すれば、同様の手順で容易にMTBFを求めることができる。

論文の審査結果の要旨

複数の資源をバスで接続した計算機システムで用いられる非同期式アービタでは、要求信号の近接生起にともなうメタステーブル動作が発生し、既存の技術では避けることのできない誤動作が生起し得る。このため、高い信頼性の要求される計算機システムでは、この種の誤動作に関する評価法が大きな問題となる。しかし、この評価法については、誤動作の発生確率が小さいために、実験あるいはシミュレーションによる手法が適用し難く、これまで全く未検討のままであった。本論文では、上述した誤動作の発生頻度を評価するための基準としてMTBF（平均誤動作間隔）を選び、それを近似的に算出する方法を確立するとともに、要求先取り機能（次に処理すべき要求を先行的に決定する機能）が誤動作発生確率に与える影響も解析している。

ここでは、非同期式アービタの状態推移を離散時間単純マルコフ連鎖および連続時間単純マルコフ連鎖に大別し、それぞれの代表としてリングアービタおよび集中制御形デジチェーンアービタを選んで、MTBFの近似値の算出式を与えている。ここで得られたリングアービタおよび集中制御形デジチェーンアービタのMTBFの算出手順は、状態を適宜再定義することによって、それぞれ、他の形式の離散時間単純マルコフ連鎖形アービタおよび連続時間単純マルコフ連鎖形アービタにも適用できる。また、要求先取り機能を付加することによって、少なくともMTBFが劣化することはない。特に、集中制御形インデペンデントリクエストアービタの場合には、MTBFが大幅に改善されることを明らかにしている。これらの成果を利用すれば、アービタの構成、要求の発生確率、フリップフロップの誤動作確率等を与えることによって、従来全く不可能であった設計段階での非同期式アービタの可用性予測が可能となる。また、これらの成果をマルチプロセッサシステムのスループット、レスポンスタイム、資源の利用効率等に反映させれば、非同期式アービタの可用性をも考慮したシステムの性能評価が可能となる。

以上の通り、本論文の成果は、計算機システムの信頼性評価技術や性能評価技術の発展に寄与するところが大きく、博士論文として価値あるものと認定する。