

Title	電子回路モジュールにおける熱・回路多目的部品配置設計手法に関する研究
Author(s)	林, 真太郎
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48575">https://hdl.handle.net/11094/48575</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	林 真太郎
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21187 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	電子回路モジュールにおける熱・回路多目的部品配置設計手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 藤本 公三 (副査) 教授 荒井 栄司 教授 佐藤 了平

### 論文内容の要旨

近年、電子回路モジュール上に実装されるデバイスの高速化と実装の高密度化により、発熱による問題が深刻化している。熱の問題による設計の大幅な手戻りを防ぐために、電子回路モジュールの設計の初期段階、概略部品配置の段階から、熱解析と評価を用いた設計を行うべきである。しかし、既存の熱を考慮した自動部品配置設計手法は、計算に時間がかかるという問題から電子回路モジュール全体の熱解析は行わず、部品間距離や発熱分布で評価するか、基板温度のみしか評価していない。そのため、デバイスのパッケージ・実装手法や、ヒートスプレッダや他の基板の影響を考慮できていない。本研究では、それらの熱的な影響も考慮した解析・評価モデルを用い、かつ高速な熱と回路の多目的の部品配置設計手法を構築することを目的とする。

最初に、解析・評価のために電子システム全ての構成要素と実装方法を含むモジュールモデルを提案した。熱回路網によってデバイス周辺部を表し、3次元の板としてヒートスプレッダや基板を表す形になっており、高速な熱解析と部品移動の簡便を確保した。また、設計自動化の数理モデルとして、重み係数法に基づく方法でパレート解の導出を行うことにした。そして、熱設計と回路設計の問題に分けて扱うために、逐次的な配置アルゴリズムを採用し、共通のデバイス配置を設計変更可能領域として算出することで分けた設計解の同期を取る方法を提案した。

第2に、自動設計を実現するためには、モデルの解析・評価は極めて高速であることが必要である。本研究では、基板・ヒートスプレッダにおいて線形重ね合わせの原理を用い、重ね合わせる元となるデータ間の熱伝達条件の違いを仮想的な入熱を与えることで補正する手法を考案し、有限要素法と比較して 1/1000 程度の極めて短時間で、デバイス温度上昇の誤差±6%の精度を持つ熱解析を実現した。

第3に、提案した設計モデルにおける熱設計の決定変数は、デバイスの配置と熱抵抗である。これらの値を変更し、解析と評価を繰り返す従来の定式化では、モデルの線形性を活かすことができない。デバイスから基板・ヒートスプレッダへの伝熱量と温度上昇の間の線形関係に着目し、伝熱量を決定変数とする定式化を行うことで、解の探索を効率的に行うことができた。

以上をまとめ、提案する設計手法を自動で行うシステムを構築した。回路設計変更可能領域は、概略配線長の限界距離で制限される領域とし、熱設計変更可能領域に対する制限として扱い、探索を効率化した。設計例題においては、部品温度合計と概略配線長合計のトレードオフを示す、良好なパレート解集合が得られた。

しかし、デバイスから基板・ヒートスプレッダへの伝熱量をサンプリング的に与える方法では局所解に陥る可能性があった。マルチエージェント理論の一部をデバイスの伝熱量最適化問題に応用することで、探索効率と設計解品質の向上を図った。結果、計算時間を約 1/6 に、パレート解を評価関数値ベースで平均 30%程度改善可能であった。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、電子回路を対象とし、近年問題となっている熱設計を取り扱っている。本論文で提唱された手法が実用化されれば、熱問題を緩和するための電子回路の設計をより短期間で行うことができる可能性が高くなり、産業界に対する貢献度は高いと思われる。

これまでも熱を考慮した設計手法に関する研究は数多くなされているが、主に計算量の問題から限られた熱モデルを用いた設計自動化しかなされておらず、その応用範囲はさほど広くはない。しかし、本研究はより実対象の特徴に即した新しい熱モデルを提案しており、適用可能な電子回路の範囲は大きく広がる。近年、特に開発の短期間化が求められている小型携帯端末も視野に入れており、新規性とより高い汎用性が認められる。

また、モデルの線形性を利用した設計アルゴリズムと部品同士の熱の相互影響をマルチエージェント理論の応用により適正化することにより、複雑な熱モデルを扱うことによる計算量の増加を解決している。設計アルゴリズムはモデルの線形性を利用できるように、設計問題をいくつかの部分問題に分けて扱うように定式化されており、モデルとアルゴリズムの連携によって、これまでにない高速な設計解の導出が達成されている。このような手法は電子回路を対象とした自動設計の分野ではなじみのないものであり、学術的な新規性が認められる。マルチエージェント理論の応用についても、本論文で提案されている問題の解決に利用できることはこれまで知られておらず、新規性があり、これからも発展が期待できる手法である。

以上のように、本論文は学術的な新規性、産業界への貢献度の高さ、既知の手法の異分野における新たな価値の発見が認められ、論文としての完成度も不備はない。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。