

2005 年 2 月提出

学籍番号 3603U147-0

専門分野		高度計算機構	氏 名	矢島 伸吾	指 導 教 員	上田 和紀	印
研究指導		並列知識情報処理研究					
研 究 題 目	小規模制御系向け LMNtal 処理系の設計と実装						

## 1. 研究の目的と背景

LMNtal は膜, アトム, リンクからなる階層グラフ構造をルールによって書き換えることで計算を行う言語モデルである. 現在 Java による処理系が公開されており, 膜で計算ノードを表し, ルールで通信を記述することによる分散処理の実行にも対応している. このように LMNtal の大規模計算への応用は研究されているが, LMNtal が真にスケラブルな言語モデルであるためには, 組み込み分野などの小規模な計算環境へも応用可能であることを言う必要がある.

組み込み機器の制御プログラムの特徴としては

- 利用可能なメモリが少ない
- 制御対象がある
- (優先度に基づくスケジューリングのために) 一連の処理 (タスク) を優先実行することができる

があげられるが, これらの問題と LMNtal の関係はわかっていない. 本研究では, 小規模な制御系上で動作する LMNtal 処理系 eLMNtal の設計, 実装を通して, これらの問題の解決方法を模索, 提案する.

小規模な制御系として, ロボット制御用組み込みシステム eyebot を用いた. eyebot には, 組み込み機器にしては大容量なメモリ (1MB), 様々な入出力インターフェース, C++ 開発環境と豊富なライブラリなどが用意され, 処理系など複雑なプログラムの開発に適している.

## 2. 設計と実装

Java 版処理系ではデータ構造は膜, アトム, リンクオブジェクトの相互参照により構築されており, これは空間量的には効率の悪い設計である. eLMNtal では 1 word より小さい bit 単位でデータを表現することで, アトムとリンクを arity+1 word で表現することに成功した. また, pooled allocation (一定量のアトム領域の事前確保) によって, 頻出するアトムの生成, 消去時のメモリ割り当ての時間, 空間効率を改善した.

eLMNtal では, 並列タスクを扱うために, 「膜 (タスク膜) を 1 個以上定義し, その中にタスクの制御内容を書く」という形式の LMNtal プログラムを書く. 各タスク膜のルール適用を平等に行うことで擬似的に並列タスクを実現している.

LMNtal 上で制御を扱うために, 「事前に定義されたアトム (システムアトム) が生成された時に特別な処理を行う」という方式をとった. 例えば `analog1(get)` や `analog1(timer(50))` のようにタスク膜内にアトムを生成することによってセンサ入力を即時, または周期的に行うことができる. `get`, `timer` などをコマンド型システムアトムと呼び, 生成時に捕捉し, すぐに値取得などの処理を行う. `analog1` などは生成型システムアトムと呼ばれ, タイマや `get` などにより生成され, 後述のスタック機構に積まれて優先実行される.

eLMNtal にはシステムアトムの優先実行機能があり, 生成された `analog1` などの生成型システムアトムはタスクの持つスタックに積まれ, 通常のルール適用に優先して実行される. 各タスクは, ルール優先適用を行うアトムが積まれる実行スタックと, 他タスクやタイマなどからのアトムの生成要求を受けとる生成待ちスタックの 2 種類のスタックを持つ. タスクは通常のルール適用前に, 生成待ちスタックが空でなければ生成を行い実行アトムスタックに積み, それから実行アトムスタックが空になるまでルール適用を繰り返す. また, 通常のルールは左辺解釈時であれば, 優先度の高い処理のために中断終了させることが可能である. この機構によって, タイマなどのイベント発生後ただちに生成されたアトムに対するルール適用を行うことができる.

## 2. まとめと今後の課題

LMNtal によって周期タスクや制御処理を記述し, eyebot を動作させることが可能な処理系 eLMNtal の設計, 実装を行った. 必要なメモリ容量は下表のように削減することができた.

	a(0) の表現にかかるメモリ	静的プログラムサイズ
eLMNtal	8 byte	54KB
Java 版	620 byte	300KB

今後は, システムアトムのユーザ定義による複雑な処理の優先実行や, より細かな優先度の指定, タスクのデッドラインの指定やスケジューリング機構の実装などを通して, LMNtal とリアルタイム性との関係について考えていきたい.