

## Linux カーネルへの組み込みシステム向けメモリ管理方式の実現

### - プロセスに割り当てる物理メモリの制限 -

#### 1. 背景

近年、電子機器の高性能化と多様化するニーズに伴い、組み込みシステムは携帯電話や携帯端末に見られるように高機能化が進んでいる。また、同様にオーディオ機器やビデオレコーダ、デジタルTVなどの家電製品もインターネットに接続され、音楽データや番組表などの情報の取得、さらには、アプリケーションのダウンロードを行うものも一般的となりつつある。

年々求められ続ける高機能化のため、組み込みソフトウェアの規模は拡大し続け、携帯電話のソフトウェアソースは既に 600 万行を越えており複雑さを増しつつある。組み込み機器は、多様化するニーズに応えながら家電製品の製造コスト内で短期間に製品開発を行う必要がある。ソフトウェア開発者は、開発コストを低減させるためにネットワークのプロトコルスタック、デバイスドライバ、さらには GUI、ライブラリなどの豊富なミドルウェアを利用できる再利用性の高い Linux OS を使用する傾向にある。これらの背景から組み込みシステムでは Linux OS の利用が拡大している。

しかし、Linux は組み込みに適したメモリ管理システムとは言い難い。例えば、Linux では、スワップ機構を前提としているため、物理メモリを安全に確保できない恐れがある。また、ページフレームをユーザプロセスとカーネルで共有しているために、ユーザプロセスが使用するメモリが不足した場合に、システムが不安定な状態となる。例えば、様々なアプリケーションを動的に追加する場合に、追加したアプリケーションにより、全てのメモリが利用される恐れがある。こうした課題は、従来各組み込みベンダーや企業がシステム要求に応じてそれぞれに対処を試みているが、それらを統一的に解決するようなシステムはまだ提起されていない。本プロジェクトでは、このような課題に対して、組み込みシステム向けの実用的なシステムを作成する。

#### 2. 目的

本プロジェクトではLinux上に“組み込みに適したメモリ管理方式”を実装する。現在のLinuxはプロセスに対して仮想メモリの制限を与えることはできるが、任意のプロセス群(以下プロセス)に対する制限を与えることはできない。プロセスに割り当てる物理メモリを制限することにより組み込みシステムの信頼性を向上させることを目的とする。

プロセスに割り当てる物理メモリに制限を加え、さらに、現在動作しているプロセスの物理メモリ使用量の実態を明らかにすることにより、アプリケーション開発者、並びに組み込みシステム開発者に対し、使用メモリの予測可能性を向上させる。

本プロジェクトで実装するLinuxのリソース管理方式は、プロセスに対する資源割り当てを定量的に設定できるものとし、シンプルなAPIを提供することにより管理を容易にする。また、Linuxに依存する部分を最小限にとどめることにより、組み込みシステムにLinuxを採用している開発者が導入しやすい実用的なシステムを目指す。

### 3. 開発の内容

定量的な物理メモリの制限をプロセス毎に制御するため、本システムではメモリ管理の為のアカウントリング機能(図1)を開発した。アカウントリング機能は複数のアプリケーション(プロセス)を一意的グループとして管理し、グループ単位に使用している物理メモリを監視する。アカウントリング機能を有するオブジェクトをアカウントリングオブジェクト(以降 AO)と呼ぶ。

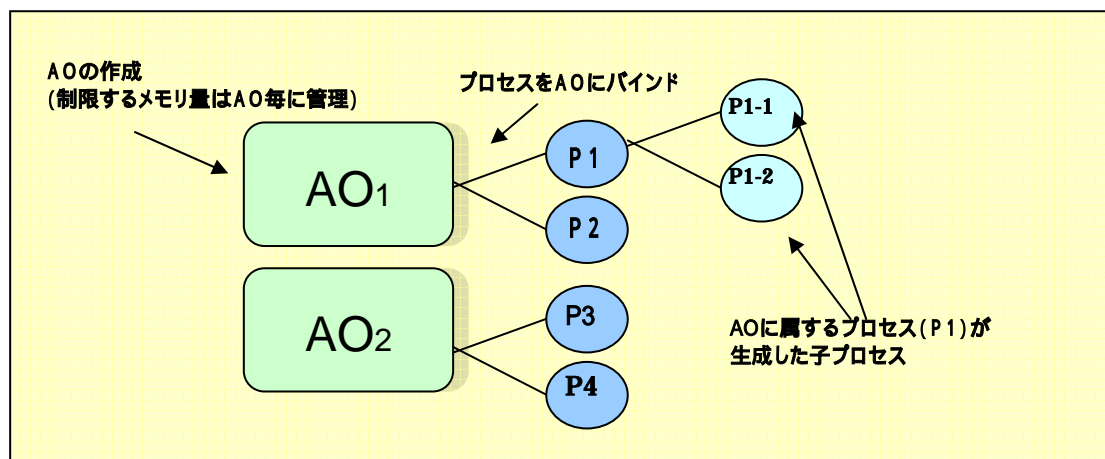


図 1: アカウントリング機能

プロセスのバインディング機能については 2004 年度の IPA-OSS で開発された CABI (CPU Accounting and Blocking Interfaces) のフレームワークに沿って機能を開発した。メモリの管理方式は CPU リソースの管理とは異なるが、フレームワークを共有することで、より実用性の高い資源管理システムとして提供できるようにする。そのため、AO を作成、削除、バインドする機能は CABI と同じ形式とした。

本プロジェクトでは以下の機能を開発した。

- (1) アカウントリング機能
- (2) プロセスバインディング機能
- (3) メモリ管理機能
- (4) ページキャッシュ管理機能
- (5) カーネル I/F 機能
- (6) イベント管理機能
- (7) procfs 機能

各機能と構成を(図2)に示す。

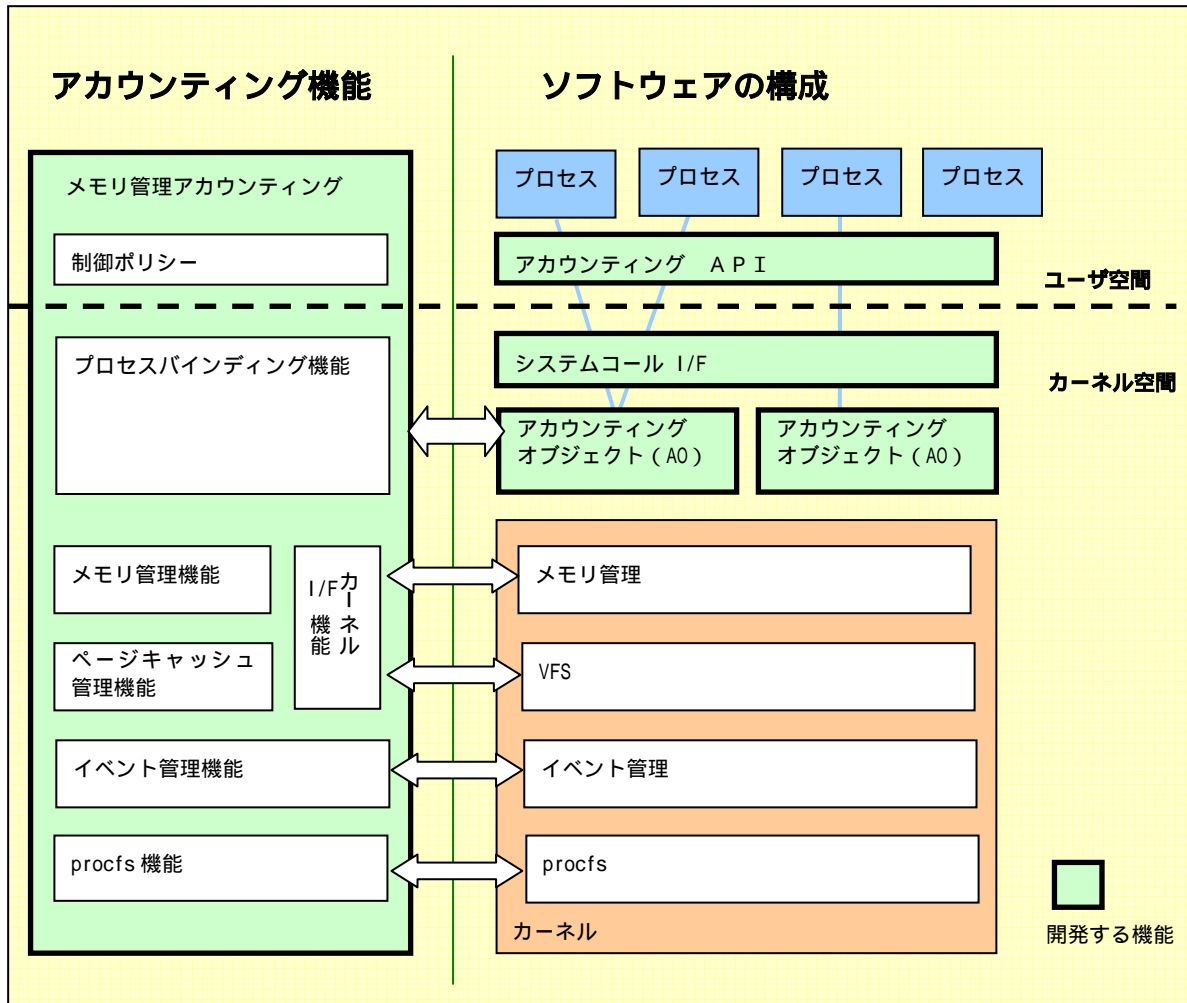


図 2: 機能と構成ブロック

#### 4. 従来の技術(または機能)との相違

getrlimit, setrlimit 関数を用いることでメモリ制限のために、RLIMIT\_RSS、RLIMIT\_AS が指定できる。RLIMIT\_RSS は、プロセスの RAM 上に存在する仮想ページの上限をページ数で制限できる。しかし、この制限は特定のカーネルバージョン(2.4.30)以降、利用できるとは限らないという問題がある。RLIMIT\_AS は、プロセスの仮想メモリ(アドレス空間)の最大サイズを指定できる。しかし、値を取得するような統一的なライブラリ関数がないため、プログラマが独自に関数を起こす必要がある。さらに、プロセスのグルーピングなどの機能が统一的に提供されていないため、利便性が不十分である。本プロジェクトでは、値の取得、設定のためのライブラリ API の提供を行う。利用しやすいグルーピングのインターフェイスを统一的に提供することで、プログラマが容易にメモリの管理操作ができるようなシステムを提供するという優位性がある。

これまでのメモリ制限は仮想メモリに対するリミットの設定であったが、本プロジェク

トでは使用する物理メモリ量を制限できる。制限されるプロセスが使用しているメモリをできるだけ回収し、再利用することを試みるという手法が従来の機能とは異なる。

## 5. 期待される効果

### 1) Linux システム開発者

本システムは、インターネットに接続されアプリケーションをダウンロードする携帯電話、携帯端末などの情報端末に対し、例えば、ダウンロードしたアプリケーションが多くのメモリを使用しシステムが不安定になることを防止するのに有効である。ダウンロードしたプロセスグループに対して使用物理メモリの上限を例えば“10M Bytes”と設定することにより、その実行を制限し重要なアプリケーションを保護する。

### 2) アプリケーション開発者

アプリケーションは広大な仮想空間を使用できるが、実際には今現在使用している空間の一部にしか物理メモリは割り当てられていない。本システムを導入することによりアプリケーション作成者に対して使用メモリの制限を意識した開発を進められる。

## 6. 普及(または活用)の見通し

Sourceforge の CABI プロジェクトへの統合を行い、本プロジェクトの成果を普及している。また、弊社製品に組み込むことも検討する。

## 7. 開発者名(所属)

- \* 春日 崇明 (リネオソリューションズ(株) ソリューション統括部)
- \* 山本 耕一 (リネオソリューションズ(株) ソリューション統括部)
- \* 瀬原田 敬 (リネオソリューションズ(株) ソリューション統括部)
- \* 新井 忠好 (リネオソリューションズ(株) ソリューション統括部)
- \* 水野 秀俊 (リネオソリューションズ(株) ソリューション統括部)
- \* 小林 明 (リネオソリューションズ(株) ソリューション統括部)

(参考)開発者URL

リネオソリューションズ(株)  
<http://www.lineo.co.jp>

---