

## 6G-2

## 並列処理用OS・SKY-1の

## スレッド制御用ライブラリ

齊藤 雅彦 上脇 正 山口伸一郎

日立製作所 日立研究所

## 1. はじめに

我々は並列処理OS・SKY-1 (System Kernel for You-1)の開発を行っている。SKY-1では同一仮想空間上で並列に実行されるスレッドという概念を導入した<sup>1)</sup>。スレッドを使用して高いスループットを実現する<sup>2)</sup>とともに、スレッドを使用し易い環境を整えるため、新メモリ管理方式<sup>3)</sup>とスレッド制御用ライブラリを実現している。本稿では、スレッド制御用SKY-1ライブラリの特徴について報告する。

## 2. SKY-1のユーザインタフェース

SKY-1ではスレッドを導入して、計算機のスループットを向上させている。しかし、従来ではプロセスという概念のみを考えればよかったユーザに対して、新たな概念であるスレッドをそのまま提供しても、速度向上という利点だけで、ユーザがスレッドを使用するようになるとは考えられない。このため、我々はSKY-1のそれぞれのユーザに対して、異なったレベルのユーザインタフェースを提供する。

0)スレッドのデータを従来のプロセスと同程度に保護するメモリ管理方式<sup>3)</sup>

1)システムプログラマ：スレッド制御用システムコール

2)アプリケーションプログラマ：スレッド制御用ライブラリ

3)エンドユーザ：スレッドを意識せず、コンパイラがプログラムの並列性を検出して、スレッドに割り当てる。

現在完成している部分は0)ないし2)のみである。

SKY-1において、スレッド制御用に追加したシステムコールは44個、ライブラリの数は68個である。SKY-1のスレッド制御用システムコールとライブラリの内訳を表1および表2に示しておく。

## 3. SKY-1スレッド制御用ライブラリ

## 3.1. スレッド制御用ライブラリの構成

SKY-1スレッド制御用ライブラリでは、「スレッドを初めて使用する場合でも容易にプログラミング可能であること」と、「スレッドを用いてきめ細かい制御を可能とすること」を目的としている。このため、以下の3項目を実現するようにライブラリを構成した。

- 1)ライブラリ関数の引数をできる限り少なくし(ライブラリの数もできる限り少なくしたいところだが)、わかり易くすること。
- 2)スレッドのグループ化を可能として、複数個のスレッドをまとめて制御できるようにする。
- 3)ユーザがスレッドの同期、スケジューリングを明示的に指定可能とすること。

	単一スレッド制御	複数スレッド制御 (グループ制御)	合計
生成/起動/終了	6	3	9
スケジューリング	6	2	8
グループ化	-	5	5
プロセス管理	7	-	7
シグナル	7	1	8
その他	5	2	7
合計	31	13	44

表1 SKY-1スレッド制御用システムコール

	単一スレッド制御	複数スレッド制御 (グループ制御)	合計
生成/起動/終了	5 thd_fork(func, args) thd_exec(tid) thd_exit(status) etc.	4 grp_fork(key, num, func, args) grp_exec(gid) etc.	9
スケジューリング	5 thd_join(tid) thd_suspend(tid) thd_resume(tid) etc.	9 grp_join(gid) grp_join_all(gid) grp_suspend(gid) etc.	14
グループ化	-	7 grp_alloc(key) grp_add(gid, tid) etc.	7
排他制御(モニタ)	13 mtx_lock(mld) cnd_wait(cld) etc.	4 cnd_broadcast_grp(gid, cld) etc.	17
メッセージ	3 msg_send(tid, buf, size) msg_receive(tid, buf, size) etc.	3 msg_send_grp(gid, buf, size) etc.	6
シグナル	7 thd_signal(type, func) thd_kill(tid, type) etc.	0	7
その他	6 gettid() thd_errno() etc.	2 thd_list_grp(gid, tlist, size) etc.	8
合計	39	29	68

表2 SKY-1スレッド制御用ライブラリ

SKY-1スレッド制御用ライブラリの特徴は「スレッドグループ」の概念を導入したことである。図1にスレッドグループの考え方を示した。スレッドグループを用いると、プロセスとは独立にスレッドをまとめて制御することが可能である。1つのスレッドは同時に2つ以上のグループに存在することはできない。

スレッドグループの実現手法としてはOS側で用意されたグループ化の機能を使用する。SKY-1ではマルチプロセッサのキャッシュを効率的に使用するために、共有データを多く有するスレッドをグループ化して、同一プロセッサに優先的に割り当てる機能がある<sup>2)</sup>。このとき、グループとプロセッサとの結合度を指定する。ライブラリでは結合度を0に設定して、グループをキャッシュの状態とは無関係に実現している。

Multiprocessor Operating System:SKY-1 -Thread Library-

Masahiko SAITOH, Tadashi KAMIWAKI, Shin'ichiro YAMAGUCHI

Hitachi Research Lab., Hitachi, Ltd.

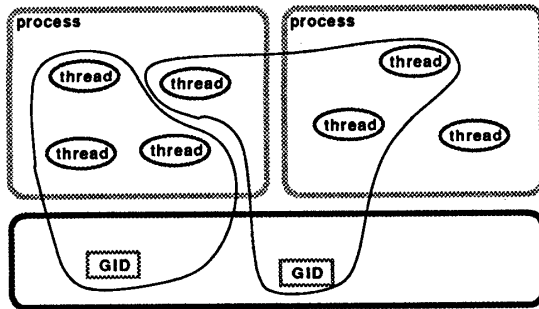


図1 グループ化の概念

### 3. 2. スレッドグループ機能

SKY-1では、複数個のスレッドをまとめて制御する条件は以下の2つであると考え、それぞれに対してライブラリ関数を実現している。

#### 1) 同一または類似の処理を行うスレッド

複数個のスレッドが同一の処理を行う場合、それをまとめて制御すればプログラミングが容易となることが多い。例えば、マルチプロセッサにおいて、負荷の重い処理に複数のプロセッサを割り当てたい場合、その処理を実行するスレッドを複数個生成する。これらをまとめてグループ化し、処理の依頼等は、グループに対して行うようにすればよい。

このようなグループ化の例を図2に示した。ある処理を行うサーバを複数個生成して、サーバグループとする。クライアント側からはグループとのメッセージ通信の形態をとればよい。スレッド制御用ライブラリがサーバグループ中でメッセージ受信待ち状態であるスレッドを捜し、受信待ちスレッドが存在すれば、そこにメッセージが転送される。存在しなければ、グループ内のいずれかのスレッドが受信待ち状態になるまで待つ。図3は図2を実現するプログラムの例である。

#### 2) 同一のデータ、制御対象を扱うスレッド

SKY-1スレッド制御用ライブラリには、同一データ、同一の制御対象(入出力等)を扱うスレッドをまとめてグループ化することによって、排他制御、同期を容易とする機能がある。

- ・グループ内でのロック、条件変数：システムから許可を受けて臨界領域に入る方法。
- ・グループの停止/再開機能：グループのスレッド全体を自スレッドを除いて停止させ、強制的に臨界領域に入る方法。
- ・グループのプロセッサへの固定：グループとプロセッサとの結合度を一時的に最高に設定し、グループ内のスレッドを同一プロセッサでのみ実行させて排他制御を行う方法。

このような3種類の排他制御を使用することによって、ユーザはスレッドの複雑な制御を容易に実現できると考える。

例えば、ある対象に対して、通常のスレッドと特権的なスレッドとを考え、それらを同一のグループとする。このとき、通常のスレッドはグループ内でロックを用いて排他制御を行い、特権的なスレッドはグループ全体を停止させ、その後おもむろに臨界領域に入るといった制御が可能となる。また、上記の第3の排他制御はシングルプロセッサにおける動作環境を実現するものとしても位置づけられ、従来のソフトウェアの活用という点からも利用されるものである。

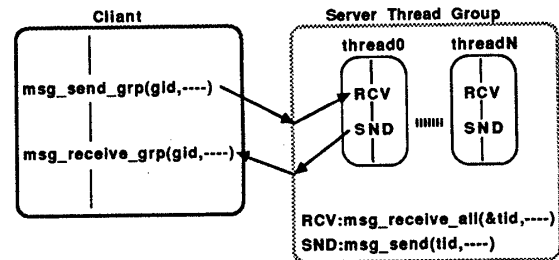


図2 スレッドグループ使用例(動作)

```

#define CLIENT 10
#define SERVER 15
#define MAXBUF 32
int gid; /* Server group ID */

main()
{
  /* Server & Client threads fork */
  grp_exec(gid=grp_fork(0,SERVER,server));
  grp_exec(grp_fork(0,CLIENT,client));
}

server()
{
  char buf[MAXBUF];
  int tld;
  for(;;) { /* Loop forever */
    msg_receive_all(&tld,buf,MAXBUF); /* Receive from any thread */
    .... SERVER WORKS ....
    msg_send(tld,buf,MAXBUF); /* Reply */
  }
}

client()
{
  char buf[MAXBUF];
  .... CLIENT WORKS ....
  msg_send_grp(gid,buf,MAXBUF); /* Message to server group */
  msg_receive_grp(gid,buf,MAXBUF); /* Reply from server group */
  .... CLIENT WORKS ....
}

```

図3 スレッドグループ使用例

### 4. まとめ

本稿では、SKY-1でスレッドのユーザインタフェースを改善するために実現した、スレッド制御用ライブラリについて説明した。本ライブラリ、システムコール、および、SKY-1で導入した新メモリ管理方式の使用によって、ユーザがスレッドを使用しやすい環境が整ったと考える。今後、本ライブラリの使用を通じて、関数の整備を行い、よりコンパクトかつ使用し易いものとしていく予定である。

### 文献

- 1) 山口ほか「並列処理用OS・SKY-1 -開発構想-」  
情報処理学会39回全国大会論文集(1989年10月)
- 2) 上藤ほか「並列処理用OS・SKY-1のスケジューリング方式」  
情報処理学会39回全国大会論文集(1989年10月)
- 3) 齊藤ほか「並列処理用OS・SKY-1のメモリ管理方式」  
情報処理学会39回全国大会論文集(1989年10月)