

## TIPC の組込機器内 CPU 間通信適用及び TCP/IP との性能比較検討

木村 光宏<sup>†</sup>株式会社 東芝 コアテクノロジーセンター<sup>†</sup>

## 1 背景と目的

情報家電製品など、多機能を求められる組込機器においては、既存の構成に新たに SoC を追加することにより、新規機能の付加がなされることがある。この時 SoC 間の通信には、バス接続の他に多様な SoC が共通に持つ Ethernet の利用が考えられる。Ethernet 通信に用いられるプロトコルとしては TCP/IP が一般的だが、用いるプロトコルによって通信にかかる時間やプロセッサの負荷が変わる為、プロトコルの性能評価を行い適切なプロトコルを選択することは重要である。

本論文では、計算機クラスタで用いられる TIPC(参考文献[1])を組込機器に適用し、TCP/IP と TIPC について性能比較を行った。組込機器で用いられるプロセッサは PC の CPU ほど高性能でない為、PC などで使われる高性能な CPU を用いた一般的な評価(参考文献[2])とは異なり、データ転送のスループットだけでなく転送時のプロセッサ負荷にも着目して評価を行った。

## 2 TIPC

TIPC はクラスタ環境を想定して設計されたプロトコルで、各ノードはネットワーク上の物理的な位置にとらわれず論理アドレスによって通信を行うという特徴を持つ。

TIPC は socket インタフェースを提供しており、socket インタフェースを利用した TCP/IP 通信プログラムからの変更は容易である。TIPC の socket は 4 種類あるが、本論文では TCP/IP と同等となる SOCK\_STREAM の socket を対象とした。

## 3 環境

本論文では以下に示す環境を用いて TCP/IP と TIPC の性能評価を行った。具体的な評価方法については後述する。

- 評価ボード: MIPS32@24K@533MHz 内蔵 SoC×2
- 100Mbps の Ethernet で接続
- Linux Kernel 2.6.20.19
- TIPC Version 1.7.7-rc1

## 4 評価方法

次に示す 3 つの方法で TCP/IP, TIPC の転送速度とプロセッサ負荷の評価を行った。

- A) データを連続して一方向に転送。
- B) データを交互に転送。
- C) 一定レートでデータを転送。

A にかかった時間と転送したデータ総量から、スループットを求めることができる。また転送中のプロセッサ負荷についても測定した。B にかかった時間からは 1 回の送受信のレイテンシを知ることができる。A, B は、一回に転送するメッセージサイズを変えて測定した。C は実際に TCP/IP や TIPC を組込機器内で利用するケースの 1 つとしてストリーミングデータの転送を想定したもので、転送中のプロセッサの負荷を測定した。プロセッサ負荷は各プロセスのコンテキストスイッチやソフトウェア割り込みの時間からタスク毎のプロセッサ使用率を計算し求めた。

## 5 評価結果

- A) データを連続して一方向に転送

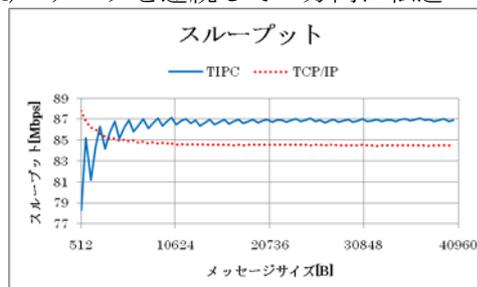


図 1 送信側、受信側のスループットの平均値

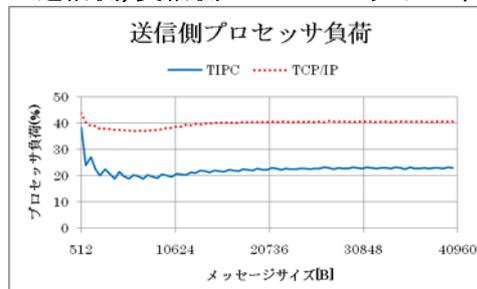


図 2 送信側のプロセッサ負荷

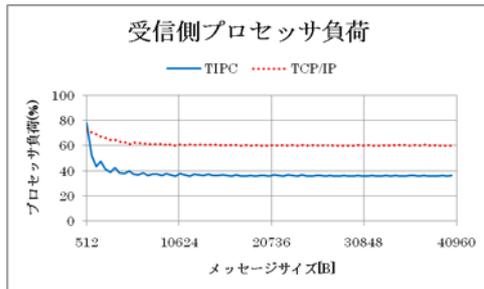


図 3 受信側のプロセッサ負荷

A の結果から、メッセージサイズが一定以上の時、TIPC が TCP/IP より低負荷でスループットが大きいことがわかる。この境界部分を細かく測定すると次のようになった。

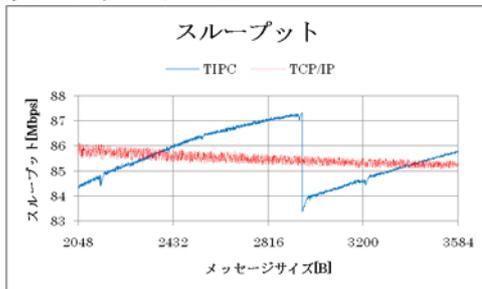


図 4 送信側, 受信側のスループットの平均値

メッセージサイズが 2952B と 2953B の間で TIPC のスループットが一段落ち込んでいるが、TIPC のヘッダサイズ=24B, MTU=1500B,  $(1500-24) \times 2 = 2952$  であることから、転送するパケット数が 2 から 3 へ増えるタイミングであることがわかる。TCP/IP でこうした段差が出ないのは、適応的なパケット統合/分割がされている為である。メッセージサイズが小さい時に TCP/IP の性能が高いのは、複数のメッセージをまとめてパケットとして送るからだと考えられる。これに対し TIPC では、それぞれのメッセージにヘッダを付加してパケットとし別々に送信する為、メッセージサイズが小さい時は TIPC の転送効率の方が悪い。(参考文献[2] P.7)

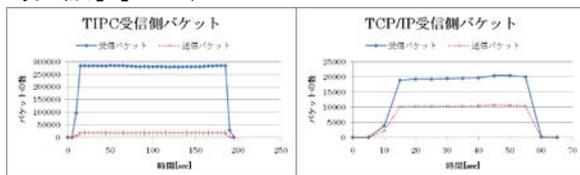


図 5 16B を 10,000,000 回転送時のパケット量

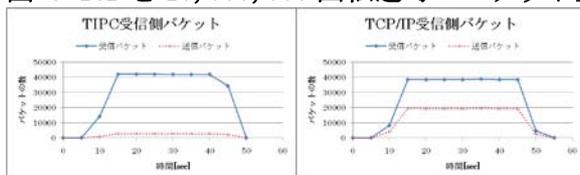


図 6 4096B を 100,000 回転送時のパケット量

16B のメッセージを 10,000,000 回転送する際に、単位時間当たりに転送されるパケットの数

(図 5)を見ると、TIPC では 5 秒間で約 280,000 のパケットを転送しているのに対し、TCP/IP では約 20,000 個であった。メッセージサイズが 4096B の時(図 6)は TIPC, TCP/IP とともに 5 秒間で約 40,000 パケットであったことから、TCP/IP では複数の小さいメッセージをまとめてパケットにしていることがわかる。また、TCP/IP ではデータ受信側の送信パケット、データ送信側の受信パケットの量が多く、TCP/IP では受信側は受け取ったパケットのほぼ半分の数のパケットを ACK として送信側へ送っていると考えられる。

B) データを交互に転送

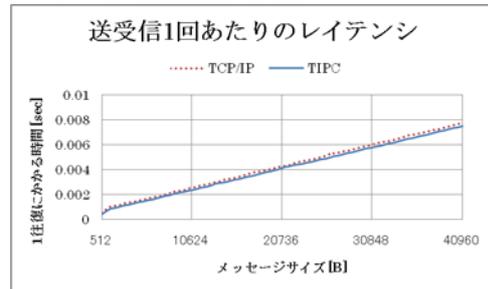


図 7 両ノードのレイテンシの平均値

C) 25Mbps で転送 (80msec 間隔で 256KB ずつ送信)した時のプロセッサ負荷。

表 1 転送中のプロセッサ負荷[%]

	TCP/IP	TIPC
受信側	19.25	10.25
送信側	9.16	5.18

B の結果からは、TCP/IP と TIPC のレイテンシに大きな差は無いことが確認できた。C のようなケースでも TIPC は TCP/IP より低負荷であることが確認できた。

## 6 結論

組込機器向けのプロセッサを用いた場合、メッセージサイズがある程度大きい時には、TIPC が TCP/IP より高速かつ低負荷であることが確認できた。メッセージサイズが小さい時に TCP/IP よりも性能が悪化する点については、小さいデータをまとめる工夫により改善できると思われる。

### ● 参考文献

- [1] “TIPC Home Page”, <http://tipc.sourceforge.net/>
- [2] Florian Westphal, 2007, “TIPC Analysis and Optimization”, <http://webuser.hs-furtwangen.de/~reich/AdvancedMiddlewareWorkshop.SS07>