

SCTP を用いた 無線 LAN における TCP データ転送の省電力化に関する一検討

Study on Exploiting SCTP to Save Energy of TCP Data Transfer over a Wireless LAN

橋本 匡史¹
Masafumi Hashimoto

長谷川 剛²
Go Hasegawa

村田 正幸¹
Masayuki Murata

大阪大学 大学院情報科学研究科¹
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

大阪大学 サイバーメディアセンター²
Cybermedia Center, Osaka University

1 はじめに

IEEE 802.11 無線 LAN の通信機能を有した無線端末の普及により、様々な場所において無線 LAN 環境を介したインターネットアクセスが利用可能となった。無線端末は通常バッテリー駆動であることから、駆動時間の長期化のために省電力化は重要な課題である。

無線端末上において複数のネットワークアプリケーションが並行動作しているとき、各アプリケーションはそれぞれ独立して TCP データ転送を行う。このような状況においては、無線端末が無線ネットワークインタフェース (WNI) を適切なタイミングでスリープさせるのは困難である。また、このときスリープを行うとアクティブ状態とスリープ状態間の遷移が頻繁に発生し、スリープによる省電力効果が低減する原因となる。

我々は [1] において TCP データ転送の省電力化のために Stream Control Transport Protocol (SCTP) トンネリングを提案してきた。本稿では、SCTP トンネリングの実装について検討する。

2 SCTP トンネリング

SCTP トンネリングにおいては、SCTP マルチストリーミング [2] を利用することで複数の TCP フローを 1 つの SCTP アソシエーションに集約する。そして、集約された TCP フローのパケットをバースト転送することにより、1 回あたりのアイドル時間を長くする。そのアイドル時間においてスリープすることで省電力化する。

2.1 TCP フローの集約

SCTP は、TCP と同様に、コネクション型のトランスポート層プロトコルである。SCTP においては、アプリケーションから生成されたユーザメッセージは 1 つの SCTP-DATA チャンクに格納される。どのアプリケーションから生成されたものかに関係なく、1 つの SCTP パケットは複数の SCTP-DATA チャンクから構成される。これにより、単一の SCTP アソシエーション上に複数のアプリケーションからのユーザメッセージを多重化して転送することができる (マルチストリーミング)。また、SCTP は TCP と同一の輻輳制御機構を利用する。ただし、TCP とは異なり、SCTP においては Selective ACK (SACK) の利用が必須である。

SCTP トンネリングでは、図 1 のように無線端末とアクセスポイントの間に単一の SCTP アソシエーションを確立する。全ての TCP フローのパケットは SCTP トンネリングを通して転送される。このとき、SCTP アソシエーション上では、個々の TCP フローは別々のストリームとして識別される。無線端末上で TCP パケットが 1

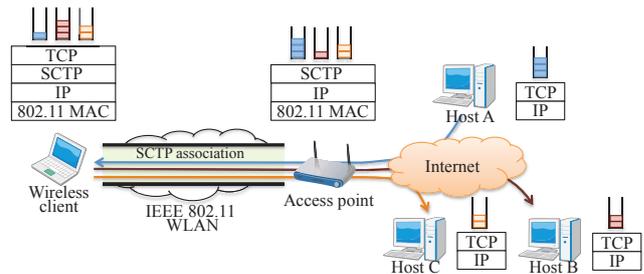
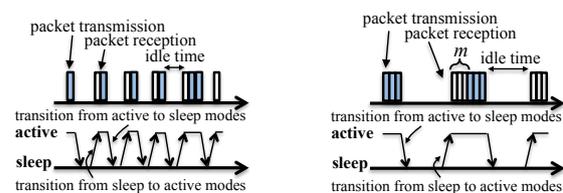


図 1 SCTP トンネリング



(a) バースト転送を利用しない場合 (b) バースト転送を利用した場合

図 2 SCTP トンネリングにおけるパケット送受信の時系列

つ生成されると、TCP パケットは SCTP-DATA チャンクに格納され、SCTP アソシエーションの送信キューに入れられる。SCTP パケットが送信可能となると、送信キューから SCTP-DATA チャンクが取り出され、SCTP パケットに詰められる。そして、アクセスポイントに向って送出される。アクセスポイントがその SCTP パケットを受信すると、その中から TCP パケットが取り出され、本来の宛先へ転送される。このとき、アクセスポイントにおいては受信した SCTP-DATA チャンクに対して SCTP-SACK チャンクが生成される。SCTP-SACK チャンクは、アクセスポイントから無線端末に送信される SCTP-DATA チャンクにピギーバックされる。アクセスポイントから無線端末に TCP パケットが送信される場合も同様な流れで行われる。

上述のように、複数の TCP フローを集約することによって、TCP パケットの送受信タイミングを制御可能にする。

2.2 バースト転送

SCTP トンネリングにおいては、delayed ACK [3] を利用して SCTP パケットのバースト転送を行う。無線端末側のパケット送受信の時系列を図 2 に示す。

バースト転送される SCTP パケットの数を m とすると、delayed ACK のパラメータを m に設定することで m 個の SCTP パケットがバースト転送される。具体的には、

次のようにバースト転送は実現される。Delayed ACK パラメータが m であるとき、 m 個の SCTP パケットが受信されると、SCTP-SACK チャンクが 1 つ生成される。その SCTP-SACK チャンクを含んだ SCTP パケットを受信すると、 m 個の SCTP パケットが同時に送信可能となる。SCTP トンネリングでは、SCTP-SACK チャンクは m 個送信される SCTP パケットのうち、最後の SCTP パケットにピギーバックされるものとする。なお、delayed ACK タイマーが切れた場合は、SCTP-SACK チャンクはピギーバックされずに、SCTP パケットに格納され直ちに送信される。 m の値は、無線端末とアクセスポイントの間に SCTP アソシエーションが確立されるときに、無線端末からアクセスポイントに通知する必要がある。

図 2(b) に示すように、バースト転送を行うことによって、1 回あたりのアイドル時間が長期化する。これにより、アイドル時間にスリープする際に状態遷移の回数が削減されるため、省電力効果が高まることが期待される。

3 実装方針

SCTP トンネリングは無線端末およびアクセスポイントの両方に実装する必要があることから、オープンソースである Linux 上に実装することを考える。

SCTP トンネリングを実装するうえで、以下の点が主な問題として挙げられる。

- SCTP トンネリングがアプリケーションから送信された TCP パケットを取得する方法
- アイドル時間にスリープする方法

後者については、IEEE 802.11 において規定されている Power Saving Mode (PSM) や Automatic Power Save Delivery (APSD) の利用が考えられる。以降では前者について検討する。

アプリケーションから送信される TCP パケットを取得する方法として次の 2 つが挙げられる。1 つは、SCTP トンネリングをプロトコルスタック上に実装し、TCP パケットが WNI の送信キューに転送される際に、SCTP トンネリングに転送するように関連するコードを変更する方法 (方法 1) である。もう 1 つは、仮想ネットワークインタフェースである TUN/TAP ドライバ [4] を利用する方法 (方法 2) である。TUN/TAP ドライバは IP パケットあるいはデータフレームを、ユーザスペースで動作するアプリケーションに転送することができるドライバである。

それぞれの方法に基づいて SCTP トンネリングを実装した場合のプロトコルスタック間の通信を図 3 および図 4 に示す。方法 1 を採用した場合においては、SCTP の変更だけでなく、プロトコルスタック内の関連するコードの変更も必要である。例えば、TCP パケットが WNI の送信キューに転送される際に SCTP トンネリングに転送するように、IP 層の処理に関するコードを変更する必要がある (図 3)。そのため、方法 1 は実装にかかる手間が大きいといえる。ただし、方法 1 では冗長な処理を軽減できるため、SCTP トンネリングの高速な動作が期待できる。一方で、方法 2 を採用した場合には、TUN/TAP ドライバを利用することで、無線端末上のアプリケーションから送信されたすべての TCP パケットを容易に

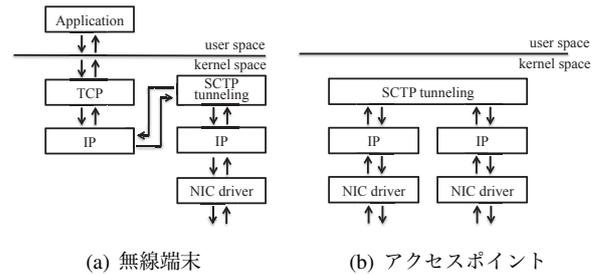


図 3 方法 1 を採用した場合のプロトコルスタック間の通信

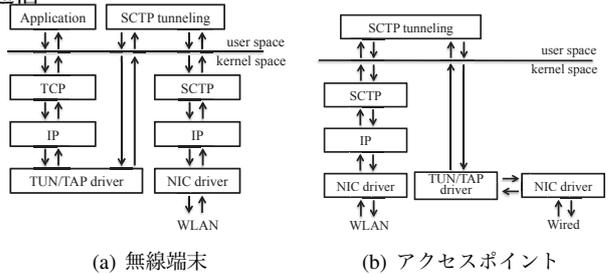


図 4 方法 2 を採用した場合のプロトコルスタック間の通信

アプリケーションが取得可能である。そのため、Linux カーネルのプロトコルスタックのコードを変更する必要なく、SCTP トンネリングをアプリケーションとして実装するだけで実現可能である。しかし、方法 2 は実装にかかる手間は小さいものの、方法 1 と比べて低速になる場合がある。

SCTP トンネリングを試作するという観点からは実装の手間が小さい方が良いと考えられるため、方法 2 に基づいて実装したいと考えている。

4 おわりに

本稿では、無線 LAN における TCP データ転送の省電力化を行う SCTP トンネリングの実装について検討した。今後は、上述の実装方針に基づいて SCTP トンネリングの実装を行いたい。

謝辞

本研究の一部は、NICT「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発 (課題ウ)」、および日本学術振興会「特別研究員奨励費 (24-2395)」の支援による。

参考文献

- [1] 橋本 匡史, 長谷川 剛, 村田 正幸, “無線 LAN 環境における TCP データ転送の省電力化のための SCTP トンネリングの提案,” 電子情報通信学会技術研究報告 (IN2012-26), vol. 112, pp. 13–18, June 2012.
- [2] R. Stewart, “Stream control transmission protocol,” *Request for Comments 4960*, Sept. 2007.
- [3] R. Braden, “Requirements for internet hosts – communication layers,” *Request for comments 1122*, Oct. 1989.
- [4] Universal TUN/TAP driver. available at <http://vtun.sourceforge.net/tun/>.