

無線LANモジュールと主プロセッサの協調動作によるモバイル機器の省電力化技術

Power-Saving Technology for Mobile Devices through Cooperative Operation between Wireless LAN Module and Main Processor

西本 寛 大山 裕一郎 石原 丈士

■ NISHIMOTO Hiroshi

■ OYAMA Yuichiro

■ ISHIHARA Takeshi

近年、スマートフォンやタブレットなどのモバイル機器の普及が進み、無線LANを用いた通信が頻繁に利用されている。これらの機器はバッテリー動作が前提であるため、無線LAN利用時の消費電力量削減が課題になっている。

この課題に対し東芝は、モバイル機器の主プロセッサと無線LANモジュールが協調して通信処理を実行する方式を開発した。Webページ閲覧時に必要とされるHTML (Hypertext Markup Language) ファイルの解析や埋込みファイルの取得など、通信処理の一部を無線LANモジュール上で実行する。これにより、モバイル機器に搭載される無線LANモジュール以外の主プロセッサやメモリなどの構成部品をより長く省電力状態にとどまらせることが可能になる。プロトタイプを試作し評価した結果、Webページの閲覧動作において約10～30%の消費電力量削減効果が得られることがわかった。

With the broad dissemination of mobile devices such as smartphones and tablets, wireless LAN communication has come into widespread use in various situations. Since large amounts of power are consumed by these devices due to increases in communication speeds and the expanding volume of contents, the reduction of power consumption while using wireless LAN is an important issue.

As a solution to this issue, Toshiba has developed a power-saving technology that allows communication tasks to be performed by means of cooperative operation between a device's wireless LAN module and main processor. In this technology, the wireless LAN module performs part of the communication tasks, including the processing of retrieved Hypertext Markup Language (HTML) files and fetching of Web objects, on behalf of the main processor. As a result, components other than the wireless LAN module such as the main processor, memory, and so on are maintained in power-saving mode. Experiments on a prototype system have verified that this technology reduces the power consumption by approximately 10 to 30% while browsing a Web page.

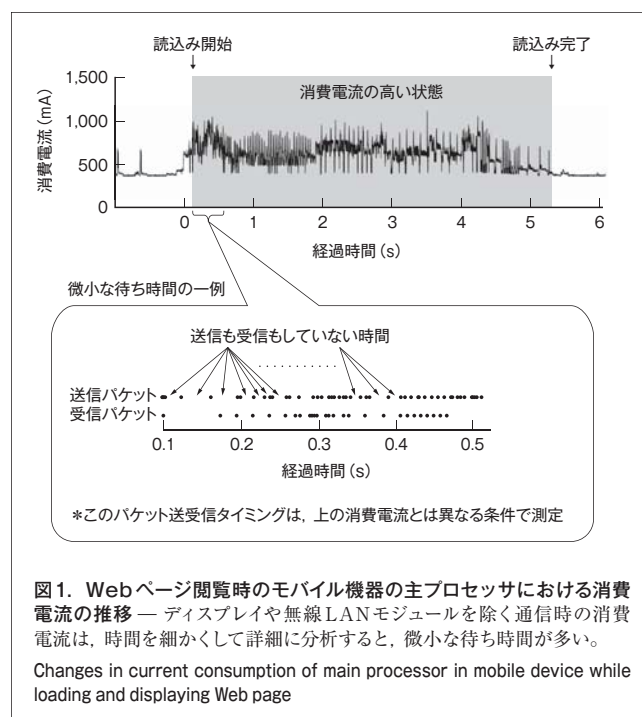
1 まえがき

近年、普及するスマートフォンやタブレットなどのモバイル機器に対し、通信機能を前提とした様々なサービスが提供されている。これらのサービスを利用するにあたり、携帯電話網の負荷低減という観点と、ユーザーにとっては通信費削減という観点から、携帯電話網ではなく、無線LANを使った通信が注目されている。しかし、無線LANの通信速度の高速化とコンテンツの大容量化により消費電力は増加傾向にあり、バッテリーで動作することを前提としているモバイル機器にとっては省電力化が課題となる。

一般に、モバイル機器の省電力化の対応として、機器が処理をしない間は省電力状態に遷移させる方法を採用する。ディスプレイの電源がオフになるのもその一例である。しかし、通信処理の場合は、送受信処理が断続的に行われることから、省電力状態へ遷移させることが難しい。

そこで、東芝はモバイル機器の主要な用途であるWebページの閲覧に注目し、モバイル機器の主プロセッサと無線LANモジュールが協調して通信処理を実行することで、省電力化を実現する方式を開発した。

従来、通信処理中の待ち時間が短すぎて主プロセッサを省電力状態に遷移させるのは非効率であったが、この方式を適



用することで、主プロセッサなど消費電力の大きい構成部品を効率的に省電力状態に遷移させることができる。

2 従来のWebページ取得方式の課題

Webページ閲覧時のモバイル機器の主プロセッサにおける消費電流の測定値を図1に示す。消費電流はWebページの読み込み開始とともに増加し、平均して高い状態を維持していることがわかる。また、時間を細かくして詳細に分析すると、図1に示すように、送信も受信もしていない微小な待ち時間が多々あることがわかる。

Webページ閲覧時の微小な待ち時間は、Webページを構成するファイルをサーバに取得要求してからファイルを受信するまでの待ち時間や、回線の混雑などにより発生するパケット受信から次のパケット受信までの待ち時間などにより発生する。この微小な待ち時間は、モバイル機器とサーバの間に存在するインターネット上の中継器での混雑状況や、電波の混雑や電波の干渉により発生しやすい。

主プロセッサでは、省電力状態への遷移時や省電力状態からの復帰時にそれぞれ時間を要するため、一般に、主プロセッサでの処理がない状態が継続した場合に省電力状態へ遷移する仕組みが活用されている。このことから、Webページ閲覧時のように微小な待ち時間が多々ある状況では省電力状態を有効に活用できない。

Webページ読み込み処理のシーケンスを図2に示す。ユーザー操作をきっかけに、サーバに対して通信接続 (TCP (Transmission Control Protocol) 接続) 処理を行った後、無線LANモジュールを介してHTMLファイルや埋込みファイルの取得処理が行われる。微小な待ち時間が多数あるにもかかわらず、主プロセッサに継続した待ち時間がないため、主プロセッサ

が省電力状態に遷移することは困難である。

3 開発した方式

そこで、モバイル機器において、主プロセッサの微小な受信待ち状態を削減する方法として、主プロセッサと無線LANモジュールが協調動作し、主プロセッサで行う処理の一部を無線LANモジュールで行う方式を開発した。この方式は、無線LANモジュールに主プロセッサより受信待ち状態の電力効率が良いマイコンを搭載し、そのマイコンに通信処理を代行させることで、主プロセッサが省電力状態に遷移できる時間を作り出す。これによりモバイル機器全体として省電力動作が期待できる。

開発した方式では、ユーザーが指定した任意のURL (Uniform Resource Locator) を基に、無線LANモジュールがHTMLファイルとHTMLファイルに関連する埋込みファイルを取得して、一時的に保存する機能を持つ。無線LANモジュールと主プロセッサが協調してWebページを取得するシーケンスを図3に示し、その動作を以下に述べる。

ユーザーがブラウザ上でリンクをクリックするなどしてHTMLファイルを要求すると、HTMLファイル取得の要求が無線LANモジュールに渡される。無線LANモジュールでは、HTMLファイル取得要求を基にWebページの取得を開始する。HTMLファイルや埋込みファイル取得の際に必要なTCP/IP (Internet Protocol) の処理は、無線LANモジュールに搭載したマイコンが行う。受信したHTMLファイルやHTMLファイルに関連する埋込みファイルは無線LANモジュール上のNAND

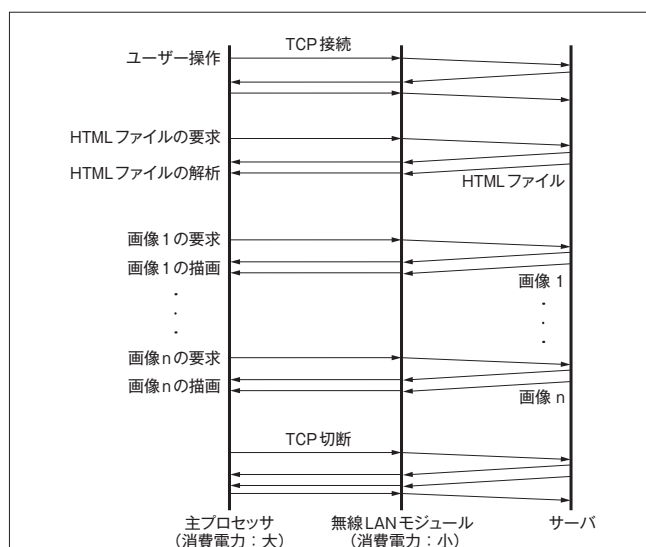


図2. 従来方式のWebページ取得シーケンス — Webページ読み込み時に消費電力の大きい主プロセッサが断続的に動作する必要があり、省電力状態を活用できない。

Conventional sequence for fetching Web objects via network

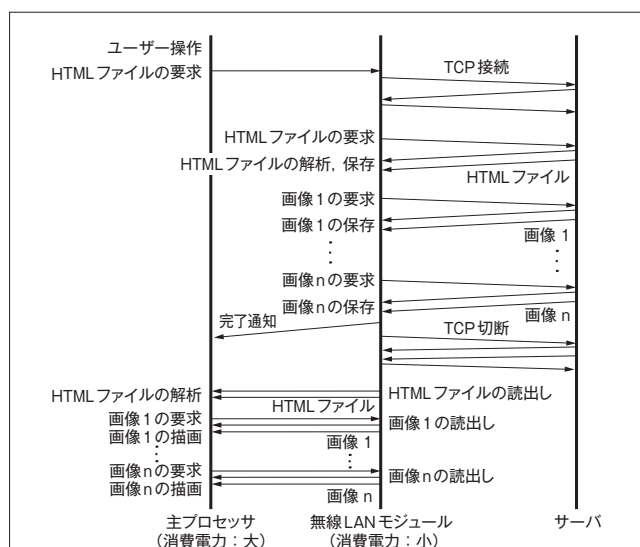


図3. 開発した方式のWebページ取得シーケンス — 無線LANモジュールがWebページの取得と一時保存を行うことで、主プロセッサが省電力状態を有効に活用できる。

Newly developed sequence for fetching Web objects via network

型フラッシュメモリ上に一時保存する。

HTMLファイルと埋込みファイルの取得が完了した後、無線LANモジュールは主プロセッサに完了を通知する。主プロセッサは無線LANモジュール上のNAND型フラッシュメモリに一時保存されているHTMLファイルや埋込みファイルを解析し画面にWebページを描画する。

このように、無線LANモジュール上でWebページの取得処理を実行するため、Webページの読み込み中に主プロセッサは省電力状態に遷移することが可能になる。これにより主プロセッサの消費電力量が削減されるが、処理が増加する無線LANモジュールの消費電力量は増加する。しかし、無線LANモジュールが搭載するマイコンはモバイル機器に搭載される主プロセッサよりも十分に低消費電力であるため、システム全体としては消費電力量の削減が見込める。

一方、一部の有線LANモジュールでは従来技術として、関連する複数のパケットをまとめる処理を有線LANモジュールで行い、主プロセッサにパケット受信通知をすることで、主プロセッサの処理を削減する方式がある⁽¹⁾。このような従来方式では、主プロセッサの処理は削減できるものの、継続して主プロセッサの処理がない時間を作ることが困難であり、主プロセッサの省電力状態を有効活用することはできない。

4 消費電力量削減効果の検証

4.1 検証用プロトタイプ

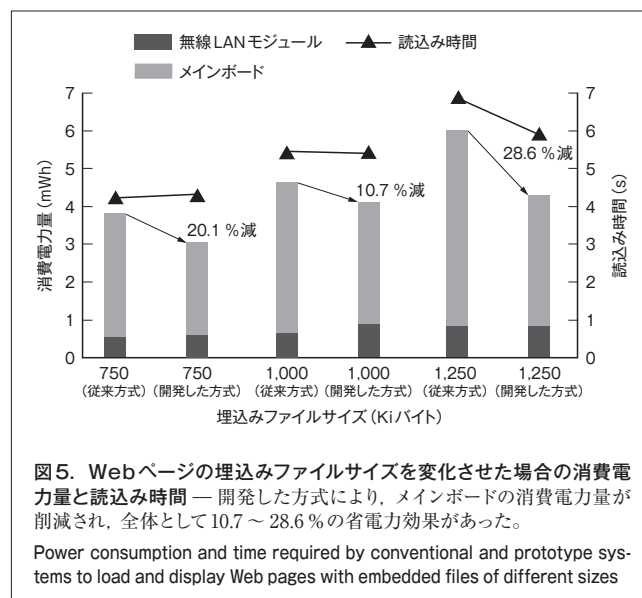
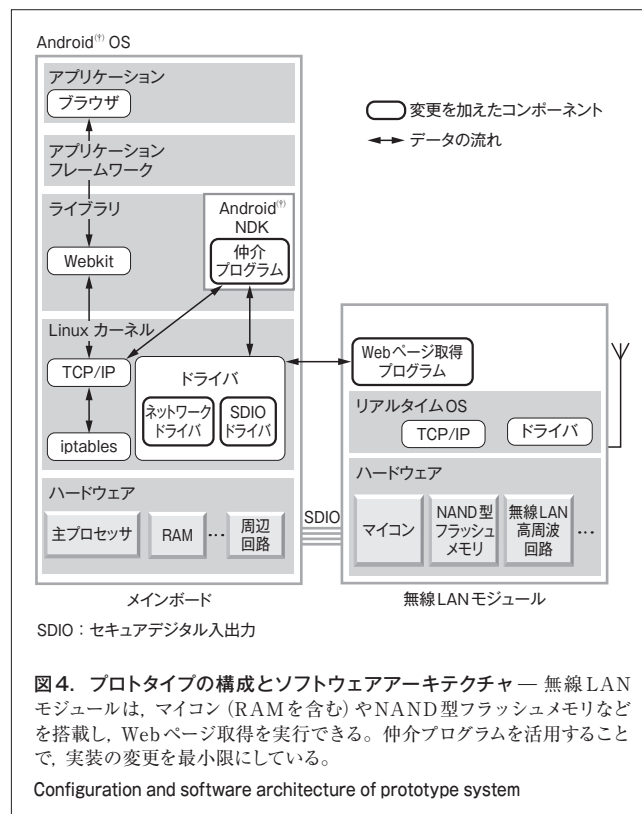
開発した方式による消費電力量の削減効果を検証するためプロトタイプを作成した。その構成を図4に示す。ハードウェアは、モバイル機器と同等の主プロセッサを搭載するメインボードと、試作した無線LANモジュールから成る。今回試作した無線LANモジュールは、マイコン (RAMを含む) やNAND型フラッシュメモリなどを搭載している。

既存のOS (基本ソフトウェア) やブラウザアプリケーションなどのソフトウェアを変更することなく評価するため、メインボードではAndroid[®] OSを用い、この無線LANモジュール専用のデバイスドライバと既存ソフトウェアの処理を仲介する専用プログラムを開発した。この仲介プログラムを用いることで、Webページの取得要求を無線LANモジュールに通知できる。この仲介プログラムはAndroid[®] Native Development Kit (Android[®] NDK) を使用して実装し、パケットの流れを制御するiptablesを活用することで透過プロキシとしてふるまう。

4.2 消費電力量削減効果の測定

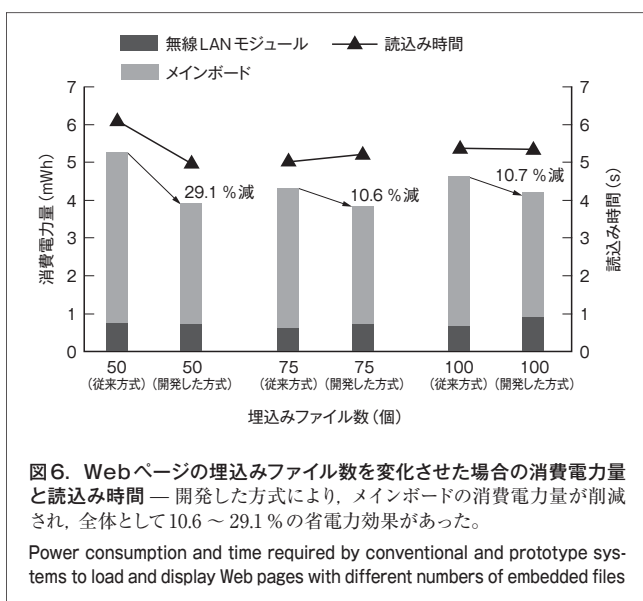
このプロトタイプを用いて、Webページを読み込む際の消費電力量と読み込み時間の測定を行った。

まず、埋込みファイルサイズを変化させた場合の結果を図5に示す。測定した埋込みファイルサイズ750 Ki (キビ: 2¹⁰) バイト、1,000 Kiバイト、及び1,250 Kiバイトいずれの条件でも、



開発した方式は従来方式に比べて、Webページ取得に要する消費電力量が削減されていることがわかる。ここで、無線LANモジュールの消費電力量は、わずかながら従来と比べて増加している。これは、無線LANモジュール上でWebページを取得する処理が追加されたためであるが、システム全体の消費電力量と比較すると小さな値と言える。

次に、埋込みファイル数を変化させた場合の結果を図6に示す。測定した埋込みファイル数50個、75個、及び100個い



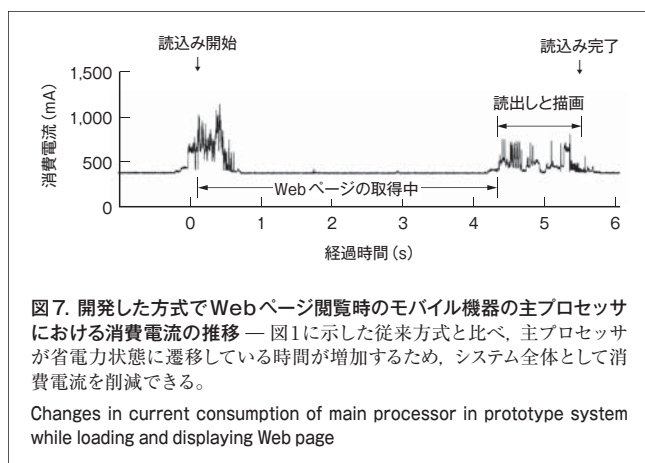
ずれの条件でも、開発した方式は従来方式に比べて、Webページ読み込みに要する消費電力量が削減されていることがわかる。埋込みファイル数を増やした場合には、無線LANモジュールでの解析処理が増加するため、無線LANモジュールの消費電力量はわずかながら増加している。しかし、システム全体の消費電力量と比較すると小さな値と言える。

これらの測定の結果から、開発した方式を用いることで、Webページ取得時の消費電力量を約10～30%削減できることがわかった。

4.3 主プロセッサの省電力状態活用の検証

このプロトタイプを用いて、Webページ閲覧時のモバイル機器の主プロセッサにおける消費電流を測定し、省電力状態が活用されているかを確認した。

開発した方式の消費電流を、図1の従来方式で測定したのと同条件で測定した結果を図7に示す。図7から、Webページ取得中に主プロセッサが省電力状態に遷移し、その状態に長く滞在していることがわかる。ここで、Webページ読み込み完



了までの時間が図1と比べてやや増加しているが、これは開発した方式では描画をまとめて行っているのに対し、従来方式では微小な待ち時間を利用して随時画面の描画を行っていることによる差である。

5 あとがき

モバイル機器の主プロセッサと無線LANモジュールが協働して通信処理を実行する方式を開発し、従来に比べモバイル機器の消費電力量を約10～30%削減できることを示した。

開発した方式は、今回効果を検証した静的なコンテンツのWebページだけでなく、Webページ上の動画再生などにも適用できるものと考えている。Webページ閲覧を中心に、様々なモバイルアプリケーションへの適用可能性を検証していく。

文 献

- (1) Intel. "Interrupt Moderation, Intel® GbE Controllers: Application Note". Intel Homepage. 2007-04. <<http://www.intel.com/content/www/us/en/ethernet-controllers/gbe-controllers-interrupt-moderation-app-note.html>>, (accessed 2015-08-11).

• Androidは、Google Inc.の商標又は登録商標。



西本 寛 NISHIMOTO Hiroshi

研究開発統括部 研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー。ネットワークシステムの低消費電力化に関する研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。
Network System Lab.



大山 裕一郎 OYAMA Yuichiro

研究開発統括部 研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー。ネットワークシステムの低消費電力化に関する研究・開発に従事。
Network System Lab.



石原 丈士 ISHIHARA Takeshi

研究開発統括部 研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー主任研究員。ネットワークシステムの低消費電力化に関する研究・開発に従事。情報処理学会会員。
Network System Lab.