

M-005

ミリ波を用いた高速ファイルダウンロードシステム High-Speed File Download System Using Millimeter Wave

大庭信之 高野光司 中野大樹 甲田泰照 片山泰尚
Nobuyuki Ohba Kohji Takano Daiju Nakano Yasuteru Kohda Yasunao Katayama

1. まえがき

モバイル通信の急速な普及と拡大から、無線通信の高速化、多機能化が進んでいる。本論文では、ミリ波を使うことで大容量コンテンツをアクセスポイントから携帯端末へ高速ダウンロードするシステムについて述べ、実際に構築したプロトタイプと評価結果を示す。

2. システム概要

近年、スマートフォンに代表されるモバイル端末が注目されている。モバイル端末であっても、高性能 CPU、グラフィックエンジン、大容量メモリを搭載しており、今後、モバイル端末を使った動画や電子書籍配信サービスの拡大が期待される。大容量データを扱うため、コンテンツダウンロードに要する時間がサービスの質をはかる重要なポイントとなる。

ファイルダウンロードサービスでは、アクセスポイントからモバイル端末向きのデータ転送量が圧倒的に多い。そこでアクセスポイントから端末へ向かう片方向ミリ波リンクを搭載することで高速、低コスト、低消費電力なファイルダウンロードシステムを目指す(図 1)。アクセスポイント探索、認証、コンテンツサーチ、ミリ波のビームステアリング制御、ミリ波パケットの再送制御などは、既存の 802.11 を使い、コンテンツデータ転送にミリ波を用いる。

3. プロトタイプ

図 2 は今回製作したプロトタイプのハードウェア構成図である。アクセスポイントは PC とミリ波送信機から成り、両者は PCI Express で接続される。モバイル端末側は端末自体とミリ波受信機から構成され、それらは SD インターフェイスで接続される。ベースバンドと PCI Express 及び SD インターフェイスは FPGA を使って実装している。

ミリ波 RF の最大シンボルレートは 1.76GHz である。ベースバンドは IEEE-802.15.3c 準拠の SC-PHY で $\pi/2$ -BPSK と $\pi/2$ -QPSK をサポートしており、 $\pi/2$ -QPSK 使用時、データレートは 3.52Gbps である。

図 3 にモバイル端末側のミリ波アドオンモジュールの構成を示す。ミリ波のバンド幅を生かすため、受信されたデータはモバイル端末を介さず、直接 DRAM に格納される。将来的には FLASH メモリも考慮しているが、現在は書き込み速度が遅いため、DRAM を用いている。DRAM に格納されたデータはモバイル端末から SD インターフェイスを通してファイルとして見える。

ミリ波は単方向リンクであるため、パケットロス、再送の制御は 802.11 を介して行う。802.11 は PC 及びモバ

イル端末に標準搭載されているものを使った。

ロス検出、再送は、以下の手順で行う。アクセスポイントはデータパケットをミリ波リンクで N 個送るたびに (N: パースト長)、チェックパケットを 802.11 リンクでモバイル端末へ送る。チェックパケットにはミリ波で送ったパケットの ID が記入されており、モバイル端末側は、当該パケットが受信されているかどうかを確認し、ロスを検出した場合は、そのロスしたパケットの ID をアクセスポイントに知らせ、再送を要求する。

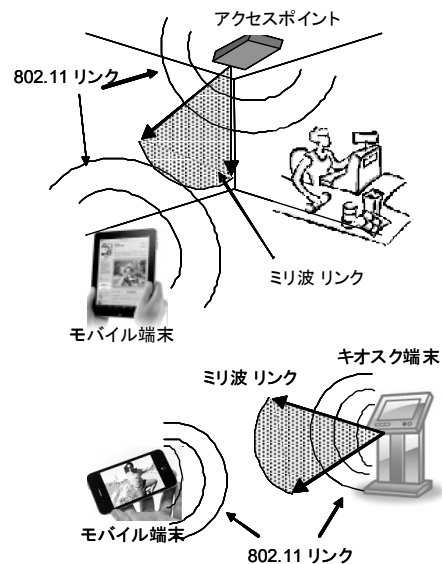


図 1 ファイルダウンロードサービス

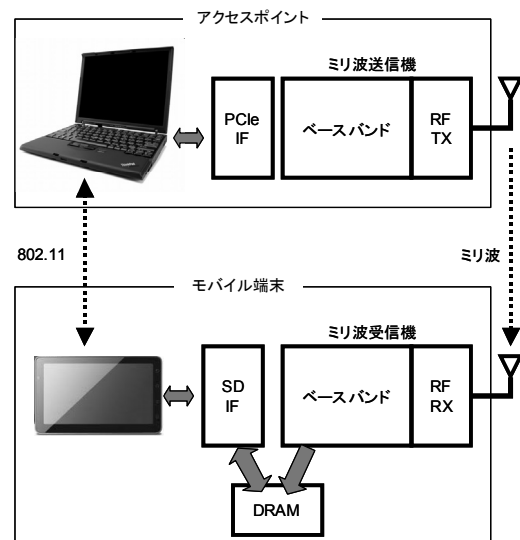


図 2 ハードウェア構成

ミリ波制御レジスタは、アプリケーションからSDインターフェイスを経由してファイルとして読み書きする。OS標準のファイルアクセスAPIを使えるため、機種ごとにデバイスドライバを用意する必要がないという利点がある。ただし、ファイルデータはキャッシュされることがあり、同じファイルを続けて読んでも、SDIFへアクセスが発生しないことがある。その場合は同一のミリ波制御レジスタに対し、n個のファイルを予め割り当てておき、順次切り替えながら読み込む。一巡したときは、ボリュームのマウント・アンマウントを行い、キャッシュをクリアする。

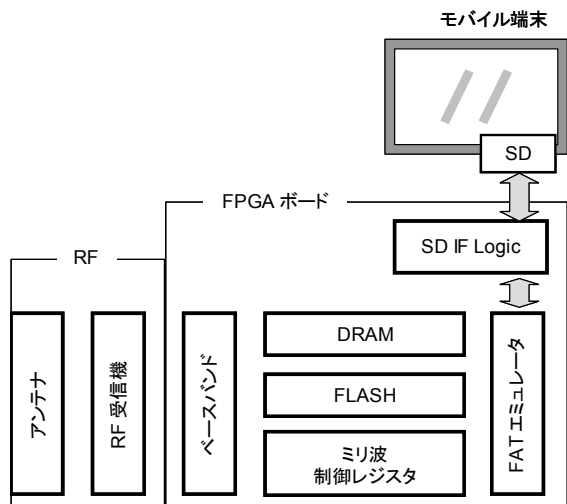


図3 ミリ波受信機の構成

4. 評価

プロトタイプを使って、実際にファイルのダウンロードを行い、測定評価を行った。図4はパケット長と変調方式を変えながら、ミリ波リンクのみのパケットエラー率と実効転送速度を測定した結果である。今回の実験ではQPSK変調パケット長16,380バイトでもっとも転送速度が高くなっているが、これは動作環境によって変化する値である。パケットエラー率が低ければ、長いパケットが有効であり、逆に高ければ、転送速度が低いエラー率が低くなるPSKを使うことも考えられる。

図5は、802.11制御を含んだ、バースト長Nと実効転送速度の関係を示したものである。バースト長が大きいほど、802.11リンクを使ったチェックパケットのやりとりが少なくなるので、実効転送速度は高くなる。すなわち、パケットエラー率の低い動作環境ではバースト長が大きいほど、実効転送速度が高い。しかしながら、パケットエラー率が高い、または、ミリ波が遮蔽されてパケット全部が届かなかった場合には、届かなかったことを検出するまでの時間も長くなる。ビーム方向、パケットサイズ、変調方式などを動作環境に応じてパラメータをこまめに変更する場合には、バースト長は短いほうが有利である。

5. まとめ

本論文では、ミリ波を使った高速ファイルダウンロードシステムについて述べた。プロトタイプを構築し、そ

の性能について評価検討した。片方向リンクを使うことで、高速かつ低コストなシステムが構築できると考える。今後は動作環境に応じたパケット長、バースト長の最適化、実際のサービスを考慮した、使いやすいユーザーインターフェイスの検討などを行う予定である。

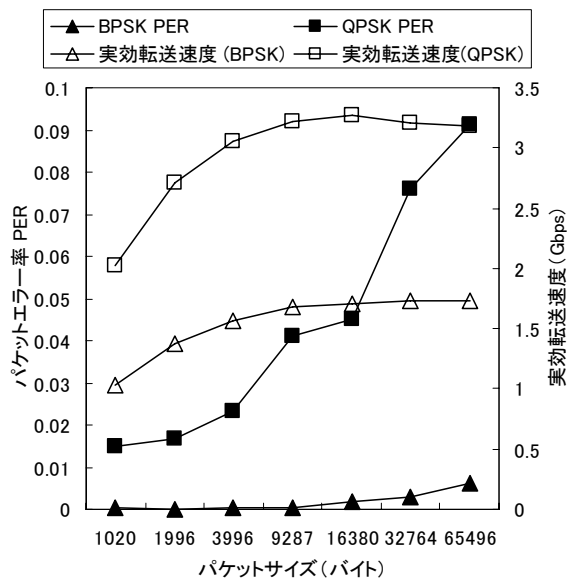


図4 パケットエラー率と実効転送速度

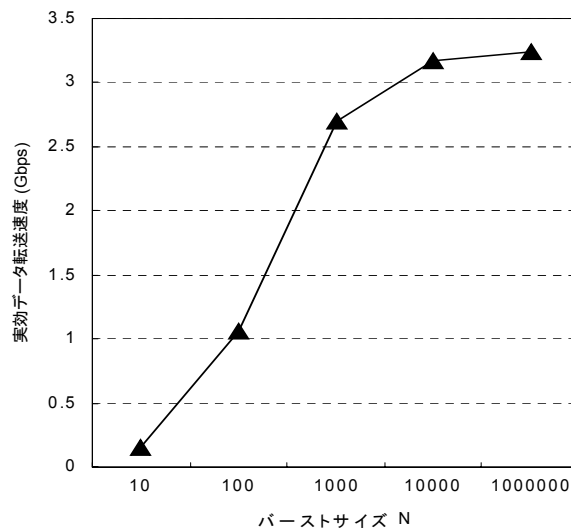


図5 バーストサイズNと実効転送速度

参考文献

[1] 大庭、甲田、高野、中野、山根、片山、“超高速無線通信用ベースバンドシステム開発プラットフォーム”、FIT2009、RM-007。
 [2] 大庭、甲田、片山、“超高速無線通信ベースバンドシステム用クロック生成器”、FIT2010、M-018。
 [3] Y. Katayama et al., "MULTI-Gbps WIRELESS SYSTEMS OVER 60-GHz SiGe RADIO LINK WITH BW-EFFICIENT NONCOHERENT DETECTIONS" in Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2008, pp.513-516, Hanover, Jun. 2008.