

IEEE 802.11g 音声・ビデオ伝送に Bluetooth 干渉が及ぼす影響

大倉 浩嗣^{†(a)} (正員) 伊藤 清繁[†] (正員)
田坂 修二^{††} (正員: フェロー)

Effect of Bluetooth Interference on Audio-Video Transmission over IEEE 802.11g

Hirotsugu OKURA^{†(a)}, Kiyosige ITO[†], Members,
and Shuji TASAKA^{††}, Fellow

[†] 三洋電機株式会社デジタルシステム研究所, 岐阜県

Digital Systems Research Center, SANYO Electric CO., Ltd., 180 Ohmori, Anpachi-cho, Anpachi-gun, Gifu-ken 503-0195 Japan

^{††} 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻, 名古屋市

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, 466-8555 Japan

a) E-mail: ookura@gf.hm.rd.sanyo.co.jp

あらまし 本論文では, IEEE 802.11g による音声・ビデオ伝送時に, Bluetooth 干渉がメディア同期品質に及ぼす影響を実験により評価している。実験では, Bluetooth による送信が IEEE 802.11g のアクセスポイント及びメディア受信端末に干渉可能な擬似電波搬送環境を構築する。そして, アクセスポイント及びメディア受信端末における Bluetooth 干渉電波の受信電力を可変減衰器で変化させた場合, 音声・ビデオのメディア同期品質にどのような影響を及ぼすかを測定する。その結果, Bluetooth 干渉が大きいほど再送パケットや CRC 誤りパケットが増加することにより, メディア同期品質が低下することを示す。また, メディア同期制御を適用することにより, メディア同期品質を改善できる。

キーワード IEEE802.11g, Bluetooth, 干渉, メディア同期制御

1. ま え が き

高速無線アクセス網として, IEEE 802.11b [1] 無線 LAN が急速に普及し, より高速の通信が可能な IEEE 802.11a [2] や IEEE 802.11g [3] 無線 LAN の利用も増加している。これに伴い, 無線 LAN を用いたマルチメディア伝送への要望も高まっている。

しかし, IEEE 802.11g が使用する ISM 帯 (Industrial, Scientific and Medical Band) は, 免許不要の通信周波数帯であるため, IEEE 802.11b 以外にも Bluetooth 機器や電子レンジ等から干渉を受ける可能性がある。特に, Bluetooth は, 周波数ホッピング方式を採用しておりキャリアセンスを行わないため, IEEE 802.11g の通信に大きな影響を及ぼすおそれが

ある。IEEE 802.11g による音声・ビデオなどの連続メディアの伝送時に, Bluetooth から干渉を受けた場合, ビット誤りやパケットの再送が発生し, これが連続メディアの時間的構造 (メディア同期 [4]) を乱すおそれがある。

そこで, これまでに筆者らは, Bluetooth の干渉が IEEE 802.11b による音声・ビデオ伝送時に及ぼす影響を実験により評価してきた [5], [6]。

更に, IEEE 802.11g による音声・ビデオ伝送時に, Bluetooth の干渉がメディア同期品質に及ぼす影響についても評価してきた [7]。その結果, 受信側における Bluetooth 干渉により, 伝送速度として低速のものが選択されるとともに, ビット誤りが増加しメディア同期品質が低下するということが分かった。しかし, 文献 [7] では, 送信側における Bluetooth 干渉がメディア同期品質に及ぼす影響も含めた IEEE 802.11g の総合的なメディア同期品質評価はなされていない。また, メディア同期制御を適用した場合の評価も行われていない。

そこで本論文では, IEEE 802.11g による音声・ビデオ伝送時に, 受信側及び送信側における Bluetooth の干渉がメディア同期品質に及ぼす影響を実験により総合的に評価する。また, メディア同期制御を適用する場合と適用しない場合とを比較することにより, その有効性を確認する。なお, 問題の簡単化のために, Bluetooth v1.2 より採用されている AFH (Adaptive Frequency Hopping) を考慮しないものとする。

以下, 2. で IEEE 802.11g の概要を述べ, 3. ではメディア同期制御を簡単に説明する。そして, 4. で実験システムを説明し, 5. で実験結果の考察を行う。最後に, 6. で本論文のまとめと今後の課題を述べる。

2. IEEE 802.11g

IEEE 802.11g は, IEEE 802.11a で採用されている OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調方式と IEEE 802.11b との互換性をもつ DSSS/CCK 変調方式を必須とする。IEEE 802.11g では, OFDM 変調方式を用いることにより, 最大 54 Mbit/s の通信が可能となる。

表 1 に, IEEE 802.11g において OFDM 変調方式を用いた場合の伝送速度とそれに対応するサブキャリアの変調方式及び符号化率の組合せを示す。

3. メディア同期制御

ビデオや音声などの時間構造をもつメディアをネットワークを介して伝送する場合, パケットの遅延播

表 1 OFDM を用いた場合の伝送速度
Table 1 Transmission rate for OFDM.

伝送速度	サブキャリアの変調方式	符号化率
6 Mbit/s	BPSK	1/2
9 Mbit/s	BPSK	3/4
12 Mbit/s	QPSK	1/2
18 Mbit/s	QPSK	3/4
24 Mbit/s	16 QAM	1/2
36 Mbit/s	16 QAM	3/4
48 Mbit/s	64 QAM	2/3
54 Mbit/s	64 QAM	3/4

らぎや欠落が発生する可能性がある。これにより、メディア出力先において、その時間構造が乱れるおそれがある。したがって、メディアの時間関係を維持するために、メディア同期制御を行う必要がある。メディア同期制御は、メディア内同期制御とメディア間同期制御に分類される。

本論文では、各メディアはそのメディア同期制御の処理単位であるメディアユニット (MU) から構成されているものと仮定する。例えば、ビデオでは、1 ビデオフレームが 1 MU に相当する。メディア内同期制御は、メディア発生源で発生した MU の時間間隔を、メディア出力先においても維持することである。また、メディア間同期制御は、複数メディア間の相互の MU 発生タイミングを、メディア出力先において維持することである。また、複数メディア間には、重要度の高いメディア (マスタメディア) とそれ以外のメディア (スレーブメディア) という関係が存在する。マスタメディアはメディア内同期を優先する。また、スレーブメディアは、対応するマスタメディアに同期させることでメディア間同期制御を行う。

本論文では、メディア同期アルゴリズムとして、VTR (Virtual Time Rendering) メディア同期アルゴリズム [8] を採用する。

4. 実験システム

4.1 実験システム構成及び実験方法

実験システム構成を図 1 に示す。

本実験システムは、無線 LAN 上で音声及びビデオの伝送が行われているときに、その近傍で Bluetooth による通信が行われ、それが無線 LAN に干渉を与えている状態を想定している。本実験では、特に、音声及びビデオの送信側 (無線 LAN アクセスポイント) と受信側 (メディアクライアント側) の双方に Bluetooth からの干渉がある状態を対象としている。

IEEE 802.11g 及び Bluetooth の各端末は、擬似電

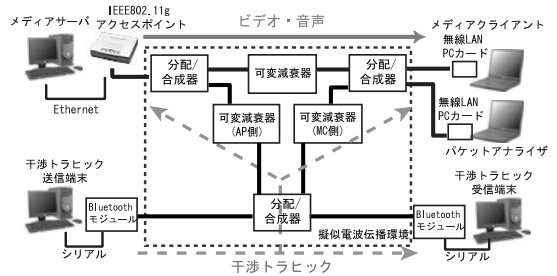


図 1 実験システム構成

Fig. 1 Configuration of the experimental system.

表 2 メディアの仕様

Table 2 Specification of the audio and video.

項目	音声	ビデオ
圧縮方式	Linear PCM	MPEG1
表示サイズ [ピクセル]	—	320 × 240
ピクチャパターン	—	IPPPPP
再生時間 [s]	60	
平均 MU レート [MU/s]	8	20
平均 MU 間隔 [ms]	125	50
平均ビットレート [kbit/s]	768	6000

波伝搬環境を介して通信を行う。メディアサーバは、ビデオ及び音声ストリームを、アクセスポイント (AP) 及び擬似電波伝搬環境を介して IEEE 802.11g によりメディアクライアント (MC) に送信する。表 2 に、使用したメディアの仕様を示す。

擬似電波伝搬環境は分配/合成器と可変減衰器で構成される。AP 側、MC 側及び AP と MC の間にある可変減衰器は、Bluetooth が無線 LAN に与える干渉の割合を変化させ、本実験の目的であるメディア同期品質評価のために必要な電波環境を設定する。具体的には、

- MC における無線 LAN 及び Bluetooth の受信電力
- AP における Bluetooth の受信電力

を調整する。したがって、それぞれの可変減衰器の絶対的な値自体には物理的な意味はなく、値を変化させたときの相対的な電力比としての意味しかない。受信電力や CNR, SNR などの値とメディア同期品質との関係に関しては今後の課題とする。

一方、Bluetooth 側では、DM (Data Medium rate) 1 パケットを使用し、送信端末から受信端末へ干渉トラヒックを連続的に送信する。パケットアナライザにおいて、IEEE 802.11g における各伝送速度の割合などの統計情報を測定する。本実験で使用した AP は、

OFDM で規定されている 54, 48, 36, 24, 18 Mbit/s と DSSS/CCK で規定されている 11, 5.5, 2, 1 Mbit/s の 9 種類の伝送速度のうち一つが選択される仕様となっている。

実験では、AP 側の可変減衰器の値 (A_{AP}) を、 $A_{AP} = 0 \text{ dB}, 5 \text{ dB}, 10 \text{ dB}$ とすることで、AP が受信する Bluetooth の電力を 3 段階に変化させた。そして、それぞれの場合において、MC 側の可変減衰器の値 (A_{MC}) を 0 dB から 10 dB まで変化させることで、MC が受信する Bluetooth の電力を変化させ、その影響を測定した。また AP と MP の間の可変減衰器は 22 dB 固定とした。

メディア同期制御については、VTR メディア同期アルゴリズムを適用する場合と適用しない場合とを比較した。VTR メディア同期アルゴリズムのパラメータの設定値は、初期バッファリング時間 J_{\max} を 100 ms とした。本論文では、蓄積メディアを対象としているため、最大許容遅延 Δ_{al} を無限大とした。

本実験の目的であるメディア同期品質評価を、本実験システムで行う場合、その結果は、AP におけるパケット伝送速度の選択アルゴリズムに大きく影響されることが予想される。したがって、本論文においてそのアルゴリズムを提示することが望ましい。しかし、現状においてメーカーによりアルゴリズムが公開されていないため、実験条件における伝送速度の選択率を実験により調査し、実験結果に併せて提示する。

4.2 評価尺度

本論文では、無線回線品質を示す尺度としては、パケットアナライザで測定可能な以下のものを用いる。

IEEE 802.11g の伝送速度の割合： 伝送速度の割合は、受信側での総受信パケット数に対する受信したパケットが使用した伝送速度の割合である。

CRC 誤りパケット率： CRC 誤りパケット率は、受信側での総受信パケット数に対する CRC 誤りパケット数の割合と定義する。

再送パケット率： 再送パケット率は、受信側での総受信パケット数に対する再送パケット数の割合である。ここで、再送パケットとは、802.11 MAC フレームにおける Retry ビットが 1 であるものを指す。

メディア同期品質を示す尺度として、以下の二つを用いる。

MU の出力間隔の変動係数： 出力間隔の変動係数はメディア内同期品質を表す。これは、MU の出

力間隔の標準偏差を MU の出力間隔の平均で割ったものである。この値が小さいほどメディアが滑らかに出力されていることを表し、メディア内同期品質が高いといえる。

メディア間同期平均二乗誤差： メディア間同期平均二乗誤差は、スレーブメディアの MU の出力時刻とそれに対応するマスタメディアの MU の出力時刻の差から、それぞれの発生時刻の差を引いた値の二乗平均である。したがって、この値が小さいほどメディア間の同期品質が高い。

5. 実験結果

本章に実験結果とその考察を示す。なお、本章に示す実験結果のグラフは、横軸がすべて擬似電波伝搬環境における可変減衰器の値となっている。一般的には AP や MC における受信電力や SNR で示すべきものである。しかし、実験装置の制約上、本電波伝搬環境ではそれらの測定が困難であったため、可変減衰器の値を採用した。この問題は今後の課題とする。

5.1 無線回線品質

図 2 から図 4 に、 A_{MC} の値に対する IEEE 802.11g の伝送速度の割合を示す。図 2 から図 4 では、 A_{AP} の値を、それぞれ、0 dB, 5 dB, 10 dB としている。図 2 から図 4 のすべての図において、 A_{MC} の値が小さくなるほど、すなわち、受信側における Bluetooth の干渉が大きくなるほど、IEEE 802.11g の伝送速度に低速のものが選択されていることが分かる。例として、 $A_{AP}=0 \text{ dB}$ の場合を考える。図 2 から、伝送速度の割合は、 A_{MC} の値が 10 dB の場合、54 Mbit/s が 90%、48 Mbit/s が 5%、36 Mbit/s が 1% 程である。 A_{MC} の値が 4 dB になると、低速の伝送速度が選択される可能性が増え、54 Mbit/s が 5%、48 Mbit/s が 35%、36 Mbit/s が 60% 程に変化する。

次に、図 2 から図 4 を比較すると、 A_{AP} の値が小さいほど低速の伝送速度が選択されていることが分かる。例えば、 $A_{AP}=5 \text{ dB}$ の場合、 A_{MC} の値が 5 dB のときに、54 Mbit/s が 75%、48 Mbit/s が 20%、36 Mbit/s が 5% ほどである。 $A_{AP}=0 \text{ dB}$ となると、 A_{MC} の値が 5 dB のときに、54 Mbit/s が 20%、48 Mbit/s が 50%、36 Mbit/s が 30% ほどとなり、 A_{AP} の値が小さいほど低速の伝送速度が選択される確率が高くなっている。

図 5 に、 A_{MC} の値に対する CRC 誤りパケット率を示す。この図では、 A_{AP} の値を 0 dB, 5 dB, 10 dB としている。 A_{MC} の値が 7 dB 以下の場合、すべて

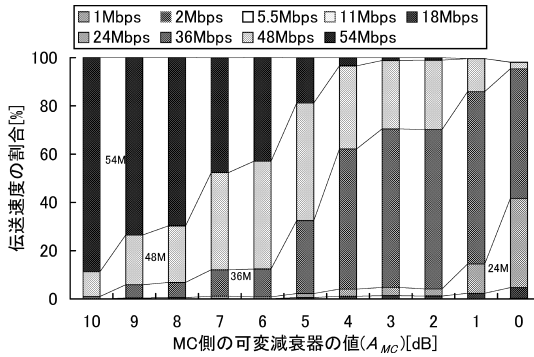


図 2 伝送速度の割合 ($A_{AP}=0$ dB の場合)

Fig. 2 Occupancy ratio of the transmission rate ($A_{AP}=0$ dB).

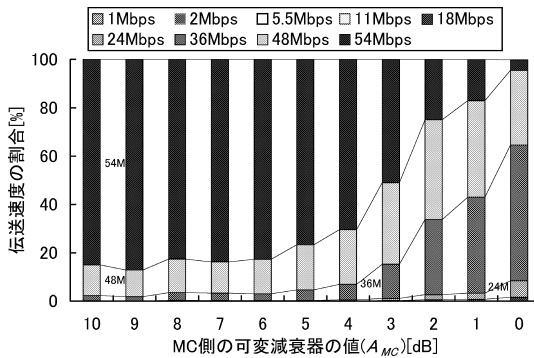


図 3 伝送速度の割合 ($A_{AP}=5$ dB の場合)

Fig. 3 Occupancy ratio of the transmission rate ($A_{AP}=5$ dB).

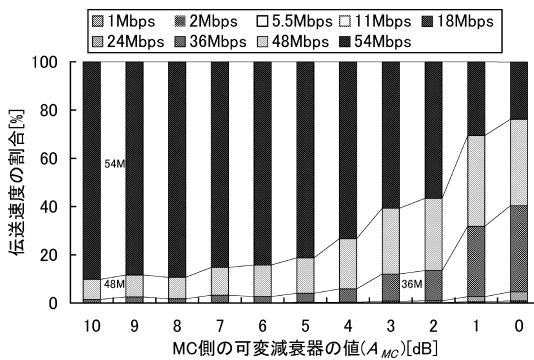


図 4 伝送速度の割合 ($A_{AP}=10$ dB の場合)

Fig. 4 Occupancy ratio of the transmission rate ($A_{AP}=10$ dB).

の A_{AP} の値に対して、 A_{MC} の値が小さくなるほど、CRC 誤りパケット率が増加していることが分かる。これは、受信側での Bluetooth 信号と AP から送信されたパケットが干渉し、パケットにビット誤りが発生し

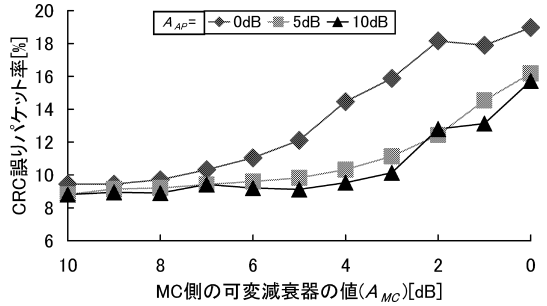


図 5 CRC 誤りパケット率

Fig. 5 CRC error packet ratio.

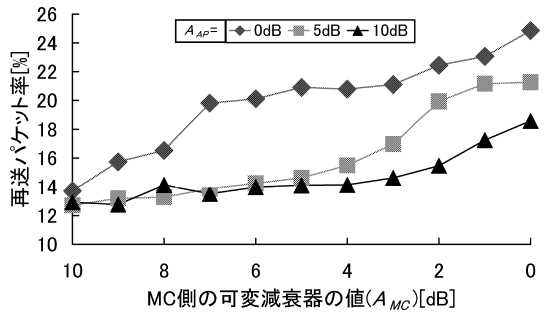


図 6 再送パケット率

Fig. 6 Retransmitted packet ratio.

ためである。

また、この図から、 A_{AP} の値が小さいほど、CRC 誤りパケット率が増加することが分かる。図 2 から図 4 に示すように、 A_{AP} の値が小さいほど伝送速度に低速のものが選択されている。表 1 より、サブキャリアの変調方式は伝送速度が低速になるほど誤り耐性が強く、符号化率も小さくなる。しかし、伝送速度が低速になるほどパケット長が長くなるため、Bluetooth と音声・ビデオパケットが干渉する可能性が高くなる。このことから、伝送速度に低速なものが選択されるほど CRC 誤りパケット率が増加するのは、誤り耐性が強くなることよりも、Bluetooth と干渉し誤りが発生する可能性が高くなることの影響が強いためだと考えられる。特に、 $A_{AP}=0$ dB の場合は、 A_{AP} の値が 5 dB、10 dB の場合と比較して、低速のものが選択される割合が大きい。そのため、 $A_{AP}=0$ dB の CRC 誤りパケット率は、 A_{AP} の値が 5 dB、10 dB のそれと比較して高くなっている。

図 6 に、 A_{MC} の値に対する再送パケット率を示す。この図では、 A_{AP} の値を 0 dB、5 dB、10 dB としている。まず、 $A_{AP}=0$ dB、5 dB、10 dB の三つの

場合を比較する．この図によると， A_{MC} の値が 4 dB から 0 dB までの範囲において，再送パケット率は， $A_{AP}=0$ dB の場合が最も大きく，以下 5 dB，10 dB の順に小さくなっている．すなわち，送信側における Bluetooth の干渉が大きいほど，再送パケット率が高くなっている．これは，後に考察するように，送信側での Bluetooth の干渉によるパケットの品質劣化により受信誤りが生じやすくなったためである．更に，受信側から返信された ACK と Bluetooth が干渉し，ACK にビット誤りが発生したことも原因となっている．また， A_{MC} の値が 4 dB から 0 dB の場合，すべての A_{AP} の値に対して， A_{MC} の値が小さいほど再送パケット率が増加していることが分かる．これは，図 5 に示すように，受信側における Bluetooth の干渉により CRC 誤りパケット率が増加し，受信側において再送を要求する回数が多くなったためである．

A_{MC} の値が 7 dB から 5 dB の場合， $A_{AP}=5$ dB と $A_{AP}=10$ dB の再送パケット率がほぼ等しくなるのに対し， $A_{AP}=0$ dB のそれは高くなっている． $A_{AP}=0$ dB の場合， $A_{AP}=5$ dB 及び 10 dB 比較して送信側における Bluetooth 干渉は大きい．図 2 から図 4 より， A_{MC} の値が 7 dB から 5 dB の場合に， $A_{AP}=5$ dB 及び 10 dB では約 80% 以上のパケットが伝送速度 54 Mbit/s で転送されているのに対して， $A_{AP}=0$ dB では 40% から 50% が伝送速度 48 Mbit/s，10% から 30% が伝送速度 36 Mbit/s で転送されている．このとき，CRC 誤りパケット率の場合と同様に， $A_{AP}=0$ dB の場合には，低速の伝送速度を選択し誤り耐性の強い変調方式を用いることよりも Bluetooth と干渉する可能性が高くなることの影響が強くなると考えられる．したがって， $A_{AP}=0$ dB では音声・ビデオパケットや ACK にビット誤りが発生する確率が高くなる．そのため， $A_{AP}=5$ dB と $A_{AP}=10$ dB の各々の場合と比較して， $A_{AP}=0$ dB の場合には，再送パケット率が高くなる．

5.2 メディア同期品質

図 7 に， A_{MC} の値に対するビデオの出力間隔の変動係数を示す．この図では， A_{AP} の値を 0 dB，5 dB，10 dB としている．また，図中の (NC) はメディア同期制御を適用していない場合，(VTR) は VTR メディア同期アルゴリズムを適用した場合である．

図 7 によれば， A_{AP} の値が 10 dB，5 dB，0 dB のすべての場合において， A_{MC} の値が 4 dB から 0 dB の範囲で NC の変動係数は大きいことが分かる．これは，図 5 に示すように，この範囲において， A_{MC}

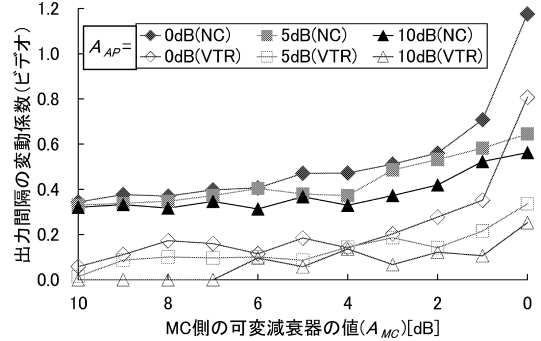


図 7 出力間隔の変動係数 (ビデオ)

Fig. 7 Coefficient of variation of output interval for video.

の値が大きいほど CRC 誤りパケット率が増加し，パケットの再送による伝送遅延の揺らぎが大きくなったためである．また，図 2 から図 4 に示すように，伝送速度として低速なものが選択される可能性が高く，伝送遅延の揺らぎが大きくなることも，変動係数が大きくなる原因である．特に， A_{AP} の値が 0 dB で， $A_{MC}=0$ dB 及び 1 dB の場合では，MU の欠落率が，それぞれ，約 20% 及び 5% と高くなり，メディア内同期品質が大きく劣化している．

次に，図 7 の NC においては， A_{MC} の値が 6 dB の場合を除き， A_{AP} の値が小さいほど，変動係数が大きくなることが分かる．これは，送信側での干渉が大きくなると，MC から返信された ACK と Bluetooth が干渉し，パケットの再送が増加したためである．また，送信側での Bluetooth の干渉に起因するパケットの品質劣化により受信誤りが生じやすくなったことも変動係数が大きくなる原因である．

更に，NC と VTR を比較すると，すべての場合で VTR の変動係数は低く抑えられていることが分かる．これにより，VTR アルゴリズムは有効であるといえる．ただし， $A_{MC}=0$ dB， $A_{AP}=0$ dB の場合，MU の欠落率が約 20% と高い値となる．VTR アルゴリズムでは，再送により欠落した MU を回復するという機能はない．そのため，出力間隔の変動係数は大きな値となり，メディア内同期品質を良好に維持することはできない．

図 8 に， A_{MC} の値に対する音声の出力間隔の変動係数を示す．この図でも， A_{AP} の値を 0 dB，5 dB，10 dB としている．図 7 と図 8 を比較すると，ビデオに比べ音声の変動係数は非常に小さいことが分かる．ビデオのビットレートは 6 Mbit/s であり，MU ごと

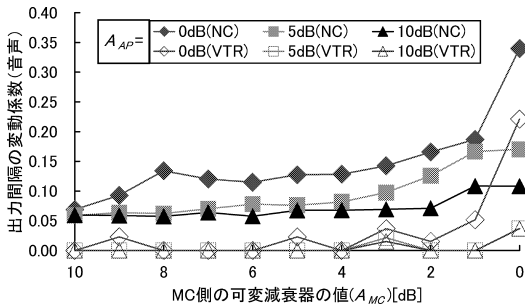


図 8 出力間隔の変動係数 (音声)

Fig. 8 Coefficient of variation of output interval for audio.

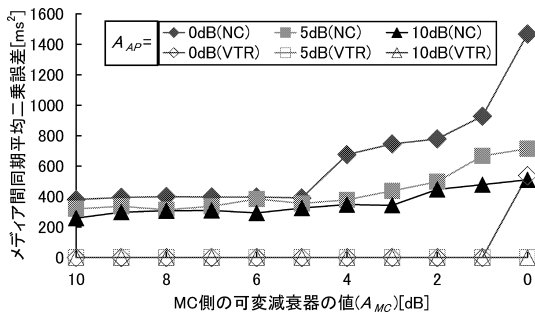


図 9 メディア間同期平均二乗誤差

Fig. 9 Mean square error of inter-stream synchronization.

にピクチャサイズは異なる．一方、音声のビットレートは 756 kbit/s と小さく、すべての MU サイズは等しい．したがって、ビデオと比較して音声では伝送遅延の揺らぎが小さくなり、変動係数は小さくなる．

図 9 に、 A_{MC} の値に対するメディア間同期平均二乗誤差を示す．この図でも、 A_{AP} の値を 0 dB, 5 dB, 10 dB としている．この図から、 A_{MC} の値が 4 dB から 0 dB の範囲において、 A_{MC} の値が小さいほど、また、 A_{AP} の値が小さいほど、メディア間同期平均二乗誤差が大きくなるのが分かる．これは、変動係数の場合と同様に、CRC 誤りパケットや再送パケットの増加により伝送遅延やその揺らぎが大きくなったためである．VTR の場合、 $A_{MC}=A_{AP}=0$ dB の場合を除き値が 0 となっており、音声・ビデオ間の時間関係が完全に維持されていることが分かる．文献 [9] では、音声・ビデオのメディア間同期平均二乗誤差が $(80 \text{ ms})^2=6400 \text{ ms}^2$ 以下であればメディア間同期品質は高いとしている．そのため、NC の場合でもメディア間同期品質は高いと判断でき、実際に主観的にも双方の差は感じられなかった．

以上の結果に関しては、実験装置に依存する可能性があるが、その最も大きな要素は、AP における伝送速度選択アルゴリズムである．本実験で用いた AP においては、干渉が増加すると、エラー耐性の大きい伝送速度が選択されるアルゴリズムになっている．しかし、そのようなアルゴリズムであっても、伝送速度切換の条件やその条件でどの変調方式を使用するかというパラメータによって、本論文の実験結果は変化することが予想される．本実験を更に進展させて、AP をコンピュータで構成し伝送速度選択アルゴリズムを直接変更できるような環境を構築して同様の実験を行うことが考えられる．また逆にいえば、この方法によりメディア同期品質を考慮した伝送速度選択アルゴリズムの設計問題を解決できる．

6. むすび

本論文では、IEEE 802.11g による音声・ビデオ伝送時に、受信側及び送信側における Bluetooth の干渉がメディア同期品質に及ぼす影響を実験により評価した．送信側における Bluetooth の干渉が大きいほど、それによるパケットの品質劣化と受信誤りが生じやすくなる．更に、受信側から返信された ACK との衝突により再送パケット率が増加する．また、受信側における Bluetooth の干渉が大きいほど、ビット誤りの発生によりパケットの再送が増加する．受信側及び送信側における Bluetooth 干渉が大きいほど伝送速度として低速のものが選択される．これらの結果、伝送遅延やその揺らぎが増加し、メディア同期品質が低下するということが分かった．また、メディア同期制御の適用により、メディア同期品質が改善するという事も示した．

今後の課題として、主観評価実験を行いユーザレベル QoS を測定することや、アプリケーションレベル QoS (メディア同期品質) とリンクレベル QoS など下位レベル QoS との QoS マッピングを行うことなどが考えられる．また、Bluetooth における AFH の影響も検討する必要がある．メディア同期品質を考慮した伝送速度選択アルゴリズムも今後の課題である．

謝辞 本研究の初期の段階で有益な御助言を下された三洋電機テレコムカンパニー加藤正美博士に感謝する．

文 献

- [1] IEEE 802.11 WG, "Part11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, higher-speed physical layer extension in

- the 2.4 GHz band,” IEEE802.11 Std., Sept. 1999.
- [2] IEEE 802.11 WG, “Part11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, high-speed physical layer in the 5 GHz band,” IEEE802.11 Std., 1999.
- [3] IEEE 802.11 WG, “Part11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, amendment 4: Further higher data rate extension in the 2.4 GHz band,” IEEE802.11 Std., June 2003.
- [4] 田坂修二, “ネットワーク環境におけるメディア同期,” 信学誌, vol.84, no.3, pp.177–183, March 2001.
- [5] 伊藤清繁, 加藤正美, 大倉浩嗣, 田坂修二, “Bluetooth 干渉下における IEEE 802.11b 連続メディア伝送評価実験,” 2003 信学ソ大, B-11-12, Sept. 2003.
- [6] M. Kato, H. Okura, K. Ito, and S. Tasaka, “Experimental assessment of media synchronization quality in IEEE 802.11b under Bluetooth interference,” Proc. IEEE PIMRC 2003, Sept. 2003.
- [7] 伊藤清繁, 加藤正美, 大倉浩嗣, 田坂修二, “IEEE 802.11g 連続メディア受信端末における Bluetooth 干渉影響評価実験,” 2004 信学総大, B-11-29, March 2004.
- [8] Y. Ishibashi and S. Tasaka, “A synchronization mechanism for continuous media in multimedia communications,” Proc. IEEE INFOCOM’95, pp.1010–1019, April 1995.
- [9] R. Steinmetz, “Human perception of jitter and media synchronization,” IEEE J. Sel. Areas Commun., vol.14, no.1, pp.61–72, Jan. 1996.
- (平成 19 年 6 月 26 日受付, 10 月 16 日再受付)
-