

O-3 キャンパスネットワークにおける VoIP 通信の音声品質評価の一検討

A Study on the Voice Quality of VoIP communication in the Campus Network

若原俊彦*1 姚 萌*2 松本充司*2 吉村和彦*3
Toshihiko WAKAHARA, Meng YAO, Mitsuji MATSUMOTO, Kazuhiko YOSHIMURA

1. まえがき

近年、インターネットの普及とともに、インターネット電話 (IP 電話) が増加しており、総務省も新たに 050 の番号を付与して通常の加入電話からインターネット電話がかけられるようになった。しかし、インターネット電話は TCP/IP プロトコルによるベストエフォート型サービスであるので、伝送系の特性により通話品質の低下は避けられず、音声通話品質の規定が重要課題となっている。音声通話の評価法として、主観評価による方法と客観評価による方法があり、前者は ITU-T の P. 800 勧告に規定 [1] されている MOS (Mean Opinion Score) を用いた 5 段階評価が一般的であり、人間が直接評価するので実際的である。しかし、評価者によって結果が異なることや測定にも多くの被験者や多大な労力がかかるので望ましくない。一方、後者の客観評価には、PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement) [2] や PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality), R (Rating) 値 [3] などの他、音声読上げソフトと音声認識ソフトを用いて誤認識率による簡易な評価法 [4] も検討されている。

本報告は、キャンパスネットワークによりインターネット電話として VoIP (Voice over IP) 通信を実現し、ネットワークの遅延やパケット損失などのネットワークの特性が客観評価である PSQM に及ぼす影響を実験的に検討し、その結果について述べるものである。

2. 音声通話の客観品質評価手法

まえがきにも述べたように、音声通話の客観品質評価値として R 値, PSQM 等があるが、総務省は ETSI や TIA など欧米の動向を考慮して前者の R 値を IP 電話の品質評価基準として推奨している [5]。ただし、R 値は交換機や電話網の設計ツールとして開発されたものであり、18 個のパラメータで算出しなければならず複雑で時間を要する。一方、後者の PSQM は参照信号との直接比較により音声品質を評価する。PSQM は、もともと音声 CODEC の評価のために策定されたものであり、符号化 (圧縮) / 復号 (伸長) によって発生した音声のひずみを測定し、そのひずみを人間がどのように知覚するかを点数化した手法で、0 から 6.5 までの値で評価する (0 が最も正確に聞き取れる)。したがって、PSQM は IP 電話のようにパケット伝送を行った場合、パケットロスや遅延特性などに対する配慮が必要である。基本的に PSQM は客観的に通話品質として評価可能であり、ネットワークの特性によってどの程度の影響が出るのかを検討し、PSQM の適用性を

の適用性を検討することが重要である。

VoIP の PSQM の特性測定例を図 1 に示す。PSQM の測定には基準となる参照信号が必要であり、近端測定が可能な場合には 1 台で、遠端測定が可能な場合には 2 台の測定装置を用いて装置間で同期をとる必要がある。

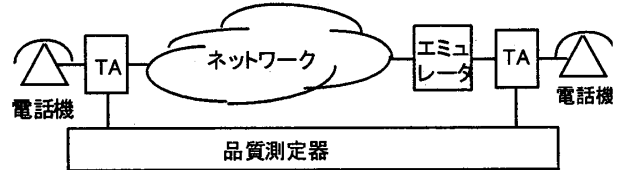


図1 VoIPのPSQM測定法の例

なお、図1で大規模のキャンパスネットワークへの適用を考慮して、任意のパケットロス率や遅延特性を発生可能なエミュレータ (PacketSphere : Empirix 社製) を導入し、品質評価装置には Hammer (Empirix 社製) を用いる。

3. 実験結果と考察

3.1 実験系

早稲田大学キャンパス内の主要なビルに 100Mbps のサブネットワークを構成し、これを 60GHz ミリ波キャンパスネットワークに接続して無線キャンパスネットワークを構築 [6] し、これを用いてインターネット電話による VoIP 通信を行っている。図2にシステム構成図を示す。

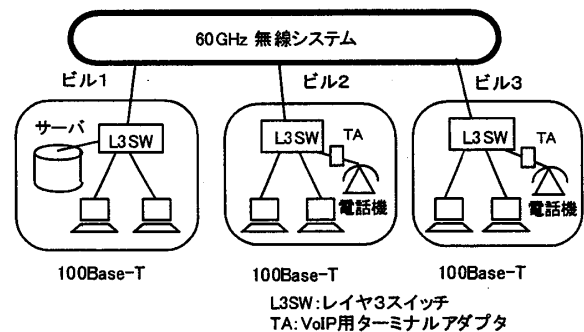


図2 無線キャンパスネットワークの構成

3.2 VoIP 通信

VoIP 通信としては、表 1 の仕様に示すように通常の電話機をターミナルアダプタ (沖電気製 VoIP-TA) を用いてキャンパスネットワークに接続する。音声信号としては G.711 の μ -law の符号化方式によることとし、パケット送出間隔を 10ms、ペイロード長は 80 バイト、伝送速度は 96kbps に設定する。また、ネットワークエミュレータ (Empirix 社製 PacketSphere) により強制的にパケットロ

*1 早稲田大学 国際情報通信研究センター

*2 早稲田大学 大学院国際情報通信研究科

*3 岩崎通信機 (株) 計測事業部

表1 VoIP 音声評価システムの主要諸元

項目	諸元	
VoIP 通信	ターミナルアダプタ	VoIP-TA(沖社製)
	音符号化	G.711, G.723.1, G.729A
	音声リアルタイム伝送方式	RTP/RTCPプロトコル UDP/IPプロトコル
	呼制御方式	H.323手順
	受話音量	-16dB~0dB
	インタフェース	一般アナログ電話回線(RJ11) PB, DP(20pps, 10pps)
	品質測定	PSQM, PSQM+, MOS(Hammer)
品質測定	遅延時間	Latency
	伝送速度	100Mbps (Fast Ethernet)
	エミュレータ	PacketSphere(Empirix) パケットロス、遅延およびジッタ

スおよび遅延を発生させ、これによる PSQM 等の評価値を求める。

3.3 実験結果

(1) 遅延時間特性

エミュレータを用いて 10ms, 20ms, 30ms, 40ms, 60ms, 80ms, 100ms, 150ms, 200ms の遅延時間を付加した時の PSQM 値を測定した。なお、IP パケット化するターミナルアダプタ (VoIP-TA) では G.711 (μ -law) の符号化およびパケット化し 10ms 毎にペイロードサイズ 80 バイトの RTP/UDP パケット送信を行っており、受信側の逆処理と併せて約 40ms の遅延時間を要している。付加した遅延時間を変化させ得られた PSQM 値をを図3に示す。同図から明らかのように、PSQM 値は少年の音声 10 回の平均値●約 1.5 および最大約 2.0 および最小約 1.1 で遅延時間の変動に対してほとんど変化しない良好な PSQM 値が得られた。この結果、上記 TA の受信再生処理が正常に動作しており、遅延時間が増加しただけでは音声波形はほとんど変化せず PSQM 値としては変わらないことがわかった。

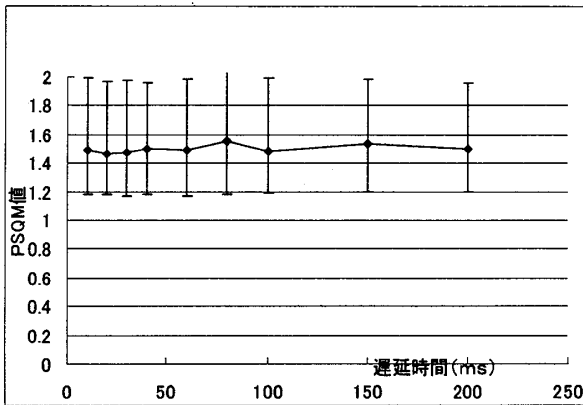


図3 付加遅延時間の変化に対する PSQM 特性

(2) パケットロス特性

エミュレータを用いてパケットロス率を 10^{-3} , 10^{-2} , 2×10^{-2} , 5×10^{-2} , 10^{-1} と変化させ、このときの PSQM 値を同様に測定した。得られた PSQM 値をを図4に示す。パケットロス率が増加するにつれ、PSQM の値は大きくな

り品質として劣化するが、2.5 以下 (受聴 MOS への単純換算で3以上) であった。ただし、パケットロス率が 5% の時のデータは、正常に受信したものの値であり、この時は頻繁に接続断が発生した。

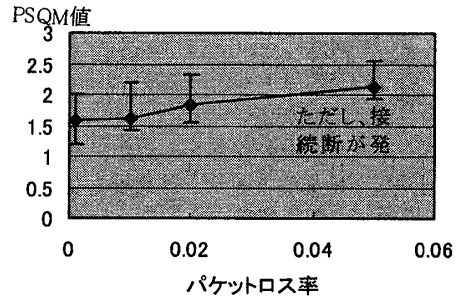


図4 パケットロスによる PSQM 値特性

パケットロスが発生しても TA では特にパケット補間はしていないようであり、音声波形はレベルが0となって PSQM 値は低下することが明らかになった。

4. まとめ

以上、音声通話の客観評価法として PSQM を対象に、遅延時間やパケットロスが発生した場合の VoIP 通信の客観評価値を測定した。ネットワークの伝播遅延によっては受信した音声波形はひずみがないので PSQM 値としてはほとんど変化がないが、パケットロスに対しては音声波形のレベルが断となりひずむので、PSQM 値に影響を及ぼすことが明らかになった。VoIP 通信の音声通話の客観評価としては、伝播遅延によるエコーなどの影響を含んだ R 値による客観評価も重要である。

今後も引き続き、他の符号化 (G.723 や G.729 など) の影響やパケット長を変え送信間隔を変化させた場合の品質評価などの検討を行う予定である。

参考文献

- [1] ITU-T Recommendation P.800 "Methods for subjective determination of transmission quality"
- [2] ITU-T Recommendation P.861 "Methods for objective and subjective assessment of quality"
- [3] 閑歳孝子, "IP 電話の音質評価: 測定方法による精度の差は? 新顔「R 値」は簡単に使えるか", 日経コミュニケーションズ, pp.96-102 (2002年5月)
- [4] 清水隆雄, 姚 萌, 中谷信樹, 若原俊彦, 松本充司; "60GHz 高速キャンパスネットワーク上の PHS over IP 通信の一検討", 信学技報 OIS2002-9, pp.13-18 (2002年5月)
- [5] IP 電話の品質: 総務省資料 http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011226_3_e.html
- [6] 若原俊彦, 大和哲二, カザウラカムギシヤ, 松本充司, 清水隆雄, "高速無線キャンパスネットワークの構成法に関する検討", 信学技報 OFS2001-18 pp.45-50 (2001年7月)