

Wireless Multimedia 端末の QoS に関する考察

岡村耕二 1) 中川晋一 2)

1) 神戸大学 総合情報処理センター 2) 国立がんセンター研究所がん情報研究部

小型で軽量な計算機と無線ネットワークを組み合わせることによって、地理的な制約がない状態で計算機を利用することが可能になる。このような計算機ネットワーク環境を、遠隔授業や遠隔医療における連続メディアの通信に効果的に利用することが期待できる。本稿では、無線ネットワークを利用した端末で連続メディア通信の途切れの発生を回避するために、アプリケーションとオペレーティングシステムが支援する方法を提案し、その実現方法を説明する。また、無線機器を利用した測定実験に基づいて考察する。

Studies on QoS of Continuous Media under Wireless Multimedia Computers and Networks

Koji OKAMURA 1) Shin-ichi Nakagawa 2)

1) Information Processing Center, Kobe University

2) Cancer Information and Epidemiology Division,
National Cancer Center Research Institute

It is feasible to use computers without the geographical constrain by small and right computers and wireless networks. These computers and networks can be used effectively for the communication of continuous media which supports remote class and medical care. In this paper, the method to prevent the breaks of the continuous media communication on wireless networks is proposed. The method is supported by the applications and operating systems. Then, its implementation is explained. Finally we study on our suggestions based on the result of examination by the real wireless networks and computers.

1 はじめに

小型で軽量な計算機と無線ネットワークを組み合わせることによって、地理的な制約がない状態で計算機を利用することが可能になる。さらに最近の計算機では動画や音声といった連続メディアの送受信を容易に行うことができる。これらの小型で可搬性に富んだ計算機は、計算機設備を常設していない、例えば博物館と小学校の間の遠隔授業や、病院内での看護婦と患者のコミュニケーションに利用することが期待できる。無線端末を利用した連続メディア通信の応用では、送信する対象を入力する時の地理的な制約が緩やかになる反面、無線を利用した端末は電波が届かない所では通信ができなくなるため、連続メディアの途切れが発生しやすいという問題がある。

この問題に対して、無線機器を冗長に配置することは一つの解決方法である。しかし、連続メディアを利用している端末では連続メディアを通じて利用者の意識が端末に向いていることが多いため、端末が電波が届かなくなりそうな時に利用者適切な警告を出して電波の届く範囲から出ることを回避することも一つの解決方法と考えることができる。また、同時に電波の届く境界で通信が不安定な時に連続メディアの途切れをオペレーティングシステムやアプリケーションの支援によって回避することができればより効果的である。

本稿では、無線を利用した端末で連続メディア通信の途切れの発生を回避するために、アプリケーションとオペレーティングシステムが支援する方法を提案し、その実現方法を説明する。また、無線機器を利用した測定実験に基づいて考察する。

2 無線端末を利用した連続メディア応用

2章では無線端末上での連続メディア通信を利用した応用を説明し、その問題点を述べる。

2.1 無線端末の応用例

近年のハードウェア技術の向上によって、ノート型パーソナルコンピュータといった軽量で蓄電池も有する計算機上で動画や音声の処理が可能になってきた。これらの計算機をインターネットに接続すれば、インターネットを利用して、動画像や音声の送受信が可能となる。最近ではネットワークの一時的な敷設は比較的容易に行えるので、既存の計算機の設備のない場所間での動画や音

声の送受信が、このような小型の計算機を利用することで可能となる。例えば、ネットワークおよび計算機の設備の全くない博物館と小学校の間に臨時のISDN回線を引き、小型の計算機を利用して遠隔授業の実験を行った経験では、従来の卓上型の計算機を利用した場合と比較して、機材の調達面でも、授業中のカメラワークの面でも格段に効率の良い授業を行うことができた[1]。また、遠隔授業と同様に、病院内での看護婦と患者間のコミュニケーションのために持ち運びが容易なこれらの小型の計算機の利用も検討されている[2][3]。しかし、遠隔授業の実験では計算機が有線で接続されていたため、人間の動く範囲がネットワークのケーブルに支配されてしまうという問題があった。この問題は教室よりももっと動く範囲の広い病院での応用ではより深刻である。

この問題は小型の計算機で無線ネットワークインタフェースカードを利用することで解決することが期待できる。これらの製品の中には、特別な免許を必要とせず同一フロア内程度では無線の端末を自由に持ち運んで利用できる製品も出現している。さらに、利用できる帯域も2Mbps程度あり、連続メディア通信に利用することも期待できる。また、データリンク層でイーサネットを利用するネットワークインタフェースカードを用いれば、従来、有線で利用していたアプリケーションをそのまま継承して利用することが可能である。

2.2 問題点

以上説明した無線ネットワークを利用することによって、地理的な制約が緩やかになる反面、無線端末が電波が届かない所に移動する可能性があるという欠点がある。電波が届かない場所では通信が途絶えてしまうため、連続メディアに途切れが発生するという問題がある。特に、連続メディアを利用している遠隔授業などの応用において、授業の途中で発生する連続メディアの途切れは応用上の致命的な障害である。

無線を用いた応用で電波が届かなくなるのを回避することは、無線の階層で解決するならば基地局を冗長に設置することで可能である。しかし、遠隔授業の実験などで一時的にネットワークを敷設する場合に準備できる機器が十分でない場合は、より上位の階層で解決する必要がある。そこで本稿では、無線を用いたネットワーク上での途切れのない連続メディア通信の支援をネットワーク層およびトランスポート層で行う方法について説明する。また、本稿で提案する方法を利用した場合の連続メディア通信の品質についても考察する。

3 品質が変化するネットワーク上で の連続メディア通信

3章では、無線ネットワーク上で端末が移動することによって、品質が変化するネットワークの上で連続メディアの通信を支援するモデルを示し、そのモデルの実現方法を説明する。

3.1 支援モデル

無線ネットワークを用いた通信は、電波が届かない場合には通信に障害が発生する。これを回避するために本稿では、無線ネットワークインタフェースカードを有する端末が移動によって基地局からの電波が途切れる境界に近付いた時に、アプリケーションがユーザに知らせることによって連続メディアの途切れを回避する方法および、電波が届かなくなる付近での不安定な通信状態の時にアプリケーションやオペレーティングシステムが連続メディアの途切れを回避するための支援方法を提案する。3.1章では、オペレーティングシステムとアプリケーションで連続メディアの途切れを回避するための支援を行うモデルを示す。

なお、本稿ではインターネット上の連続メディアの通信には、RTP (Real Time Transport Protocol) [4] をUDP/IP上で利用することを前提とする。インターネット上で連続メディアの通信を行う時にRTPを用いるのは最も標準的な方法である。

アプリケーションからの警告

本稿では、ユーザが電波の届かない所に近付いていることをアプリケーションがユーザに知らせるために、通信に用いている連続メディアの品質を落すことで警告する。このモデルを図1に示す。連続メディアの品質を落すことは、動画であれば解像度やフレームレートを低くすることで実現できる。連続メディアの品質を落すことによるアプリケーションからの警告はアプリケーションおよび、オペレーティングシステムでの支援の方法と一貫性がとれている。この詳細は4.3章で述べる。

アプリケーションでの支援

アプリケーションでは、連続メディアの入出力処理および、連続メディアをRTPで通信するためのトランスポート層の処理が行われる。トランスポート層のプロトコルであるRTPの処理はアプリケーションによって行われる。連続メディアの

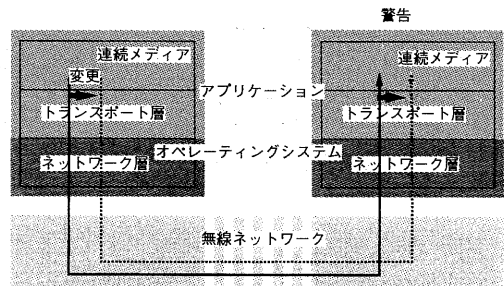


図1: アプリケーションからの警告

をRTPで通信するための一般的な方法および、特定の符号化形式をRTPで通信するための方法はそれぞれRFCで定義されている[5][6][7][8][9]。RTPでは、ヘッダに通信している符号化形式の情報が含まれている。これはペイロードタイプと呼ばれる。

アプリケーションでの支援では、トランスポート層で冗長性を持たせる。このモデルを図2に示す。この時、例えば動画の送信でH.261という符号化形式で通信を行っていた場合は、ペイロードタイプを冗長化された連続メディアという別のタイプに変更する必要がある。そのため、その新たなペイロードタイプを使用できるアプリケーション間では相互接続性を保つことができる。

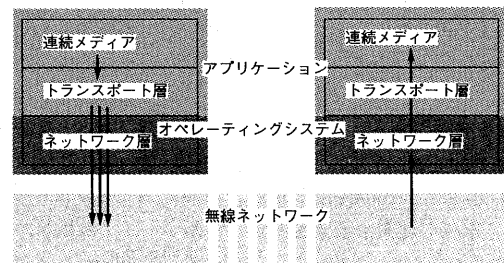


図2: アプリケーションでの支援

オペレーティングシステムでの支援

オペレーティングシステムでは、アプリケーションから送られてきたパケットをUDP/IPで通信する。オペレーティングシステムでの支援では、ネットワーク層で冗長性を持たせる。このモデルを図

3に示す。この時、従来ネットワークプロトコルとして用いていたインターネットプロトコルを、冗長性を持たせた別のネットワークプロトコルに変える必要があるため、新たなネットワークプロトコルを処理できるオペレーティングシステム間では相互接続性が保たれる。

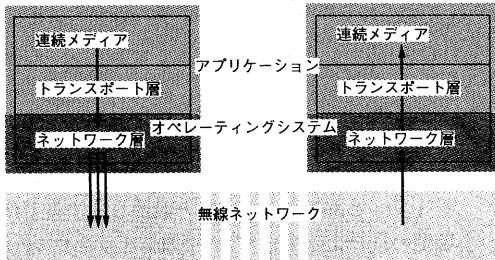


図 3: オペレーティングシステムでの支援

3.2 実現方法に関する考察

3.1 章で示した支援モデルを実現する方法について説明する。

移動端末が電波が届かない場所に近付いているかどうかは、無線ネットワークインタフェースカードから電波の強度に関する情報から判断することで可能である。つまり、電波の強度がある閾値よりも小さくなるか、強度を時間で積分して閾値よりも小さくなりそうになると、電波が届かなくなりそうだと判断する。無線端末は、電波の届く境界に近付いた時に送信側のアプリケーションやオペレーティングシステムに働きかけて、連続メディアの品質を落させたり、パケットに冗長性を持たせる必要がある。トランスポート層およびネットワーク層で、パケットに冗長性を持たせるのは、例えば、FEC (Forward Error Correction) を利用することができる。

本稿で提案する支援モデルに基づいて、無線端末上での連続メディアの途切れの回避をアプリケーションおよびオペレーティングシステムで実現するために必要なものとして以下のものが挙げられる。

支援プロトコル

支援プロトコルとは、電波の強弱に合わせて無線端末が、送信側のアプリケーションとオペレーティングシステムに連続メディアの品質の変更要求およびパケットの冗長度を変えようとするためのプロトコルである。電波の強弱はアプリケーション

で検知されるため、支援プロトコルはアプリケーション間でやりとりされることとする。

冗長連続メディア符号化形式

RTP 上で FEC を利用する方式は、J. Rosenberg らによって提案されており [10]、その方式を利用できる。

冗長ネットワークプロトコル

ネットワーク層で FEC などを利用してパケットの冗長性を持たせるには、オペレーティングシステムの機能拡張が必要である。

4 無線端末を利用した連続メディアの測定実験

4 章では電波の強度に対するパケット受信率を測定し、その結果を示す。さらにその結果に基づいて、本稿で提案しているアプリケーションおよびオペレーティングシステムでの支援方法と無線端末上での連続メディアの品質について考察する。

4.1 測定内容

図 4 に測定環境を示す。図 4 に示すように、測定には 2 台のパーソナルコンピュータを用いた。1 台は卓上型の計算機で有線のイーサネットに接続し、もう 1 台はノート型の計算機で無線イーサネットワークカードで測定用のセグメントに接続した。図 4 の無線ブリッジは日立製作所製の WavePOINT、無線イーサネットワークカードは同じく日立製作所製の WaveLAN を利用した。WaveLAN は PCMCIA 規格のカードである。また、両パーソナルコンピュータのオペレーティングシステムとして、Linux (2.0.30) を使った。Linux の WaveLAN 用のデバイスドライバには WaveLAN の電波の強度の値を利用者に提示する機能があるため、電波の強度の測定にはこの値を用いた。

測定は、RTP で連続メディアの送信を行っていることを想定し、1500 バイトのパケットを 1 秒間に 16 パケットずつ、パーソナルコンピュータ A から B に送信し、パーソナルコンピュータ B を無線ブリッジから遠ざけたり近付けたりしながら、1 秒間あたりの電波の強度とパケット受信率の平均値を測定した。具体的には、無線ブリッジを 3 階建の神戸大学総合情報処理センターの 3 階に設置し、パーソナルコンピュータ B を携帯して、建物内を 3 階、2 階、1 階と移動して測定した。なお、

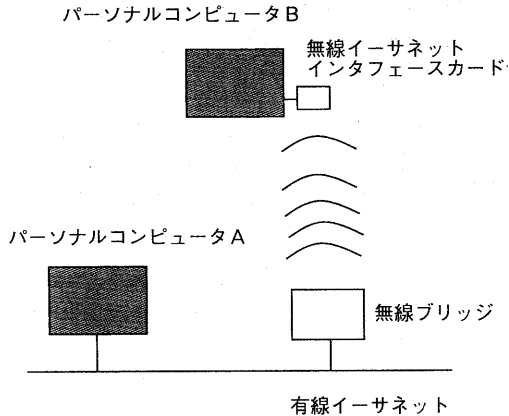


図 4: 測定環境

測定に用いた通信量は H.261 の符号化形式で 320x240 の解像度の動画を 2 ~ 3 fps で送信している時にはほぼ等しい。

4.2 測定結果

図 5 に測定結果を示す。図 5 の横軸は電波の強度を表し、縦軸はパケットの受信率を表している。図 5 から、電波の強度が 10 以下になると急にパケットロスが増え、通信している連続メディアの品質は極端に低下することが予想される。

4.3 測定結果に基づいた考察

図 5 から電波の強度に閾値を決め、その閾値を越えないようにすれば、電波が届かないことによるパケットロスを回避できることがわかる。例えば、本稿の実験環境では、その閾値の値は 10 である。パケットロスを回避するためには、電波の値が常に閾値以下にならないようにユーザを導く必要がある。そのため、電波の強度値が閾値に近付いた時点でアプリケーションからの警告を出し、さらに警告は電波の値に比例させて連続メディアの品質を変化させる。次に、図 5 で、アプリケーションやオペレーティングシステムでの支援の効果が期待できるのは、電波の強度が閾値を下回った直後だけであることがわかる。その後は通信が不能となる。そこで、アプリケーションやオペレーティングシステムでの支援は、電波の強度が閾値になった時点で始めるのではなく、閾値に近付いた時点で始める。

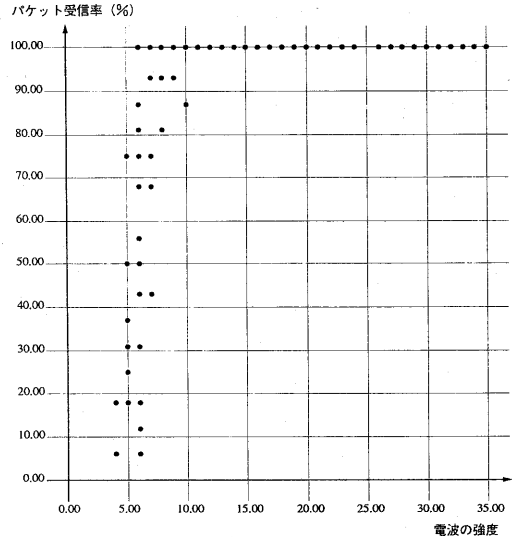


図 5: 電波の強度とパケット受信率

本稿のモデルを用いた場合と、何も処理を施さなかった場合の電波の強さに対する連続メディアの品質を図 6 に示す。図 6 の横軸は電波の強さを表し、縦軸は連続メディアの論理的な品質値を表している。

図の実線は、何も処理を施さない場合を表しており、端末の電波の強度が閾値を越えると連続メディアの品質は急激に悪化する。これに対して破線で表している本稿の提案するモデルでは、まず、閾値に近付くと徐々に連続メディアの品質を落してゆき、閾値付近ではパケットを冗長にすることによって、パケットロスによる連続メ

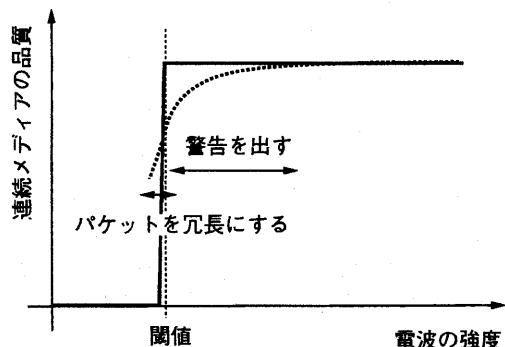


図 6: 電波の強度と連続メディアの品質

ディアの途切れを回避する。この時連続メディアの品質はすでに本来の品質よりも落ちているため情報量が少なくなっており、パケットを冗長にすることが有効に働くことが期待できる。

5 おわりに

本稿では、連続メディアの送受信を行う端末から地理的な制約を取り除く手段として無線ネットワークに着目し、電波の届かない場所での連続メディアの途切れを回避するために、利用者が電波の届かない場所へ近付かせないためのモデルを提案した。本稿で提案するモデルは、電波の強度の情報を利用し、端末が電波の届かない場所へ近付くと警告を出し、さらに電波の強度が弱くなると、パケットに冗長性を持たせて、パケットロスによる連続メディアの途切れを回避できる。

今後は本稿で提案したモデルを実システムに実装して、具的な応用でその効果を検証および評価する。現在、RTP で連続メディアを送受信して遠隔にいる人間のヒューマンコミュニケーションの支援をする Milk [11] の開発を行っており、本稿で提案した無線端末用の機能を Milk に取り込む予定である。

実装で問題となるのは、本モデルを実現するための支援プロトコルの仕様である。電波の強度によって連続メディアの品質やパケットの冗長性の変更を要求する支援プロトコルは 1 対 1 の通信では問題ないが、複数の端末が同時に同じ連続メディアを受信しているマルチキャストでは、その仕様は複雑になる。それは、個々の端末の電波の強度が異なるからである。そのため、例えばアプリケーションからの警告による連続メディアの変化には、単に品質を変更するのではなく、階層化符号化形式を用いて、電波の強度に合わせて再生するメディアの品質を変更する方法が有効であると考えられる。RTP での階層化符号化形式の実現は M. Handley らによって提案されており [12]、これを利用できる。また、アプリケーションとオペレーティングシステムでパケットを冗長にすることによる支援の使い分けも検討してゆく必要がある。

謝辞

WaveLAN の評価に関して御助言を頂いた、京都大学 電子通信工学教室 佐藤亨先生に感謝致します。

参考文献

[1] 岡村耕二、鶴正人、藤木卓、中村千秋、池永全志: イ

ンターネットを利用した遠隔授業の実用化に関する研究, 教育システム情報学会 論文誌, Vol.14 No.3, pp.84-94 (平成 9 年 8 月).

- [2] 中川晋一、石川光一、小山博、山口直人、大野浩之、本庄利守、岡村耕二: 病院内情報システムにおける mobile 端末の通信要求量の推定, 情報処理学会モバイルコンピューティング研究会 (平成 9 年 2 月).
- [3] S. Nakagawa, K. Okamura, T. Honjo, K. Yamaoka, K. Ishikawa, H. Ohno, N Yamaguichi, "Evaluation of the Multimedia-Multicast-Mobile-Terminal for Patient Care at Hospital", The 12th International Conference on Information Networking, (平成 10 年 1 月).
- [4] H. Schulzrinne, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Application", RFC 1889, (Jan. 1996).
- [5] H. Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and Video Conference with Minimal Control", RFC 1889, (Jan. 1996).
- [6] T. Turletti and C. Huitema, "RTP Payload Format for H.261 Video Streams", RFC2032, (Oct. 1996).
- [7] L. Berc, W. Fenner, R. Frederick and S. McCanne, "RTP Payload Format for JPEG-compressed Video", RFC2035, (Oct. 1996).
- [8] M. Speer and D. Hoffman, "RTP Payload Format of Sun's CellB Video Encoding", RFC2029, (Oct. 1996).
- [9] D. Hoffman, G. Fernando and V. Goyal, "RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video", RFC2038, (Oct. 1996).
- [10] J. Rosenberg and H. Schulzrinne, "A A/V Profile Extension for Generic Forward Error Correction in RTP", Internet Draft, (Jul. 1997).
- [11] K. OKAMURA, "Design and Implementation of Selective RTP Translator", The 12th International Conference on Information Networking, (平成 10 年 1 月).
- [12] C. Perkins, I. Kouvelas, O. Hodson, V. Hardman, M. Handley, J. Bolot and S. Fosse-Parisis, "RTP Payload for Redundant Audio Data", Internet Draft (Jul. 1997).