

ネットワークカメラの無線LAN技術

Wireless LAN Technology for Network Camera

吉 貝 規 * 大 井 健 治 **
Tadashi Yoshikai Kenji Ooi

ネットワークカメラの通信方式として IEEE802.11n/g/b 準拠の無線LANが一般化している。この方式は広く普及しているため、同じ周波数帯に複数の無線機器が存在することによる輻輳（ふくそう）の発生や、障害物の影響など無線特有の課題がある。劣悪な環境下でも安定した通信を得るべく、ダイバーシティアンテナ特性改善と無線QoS技術開発を実現して、通信品質を改善した。

It has become general practice to implement IEEE802.11n/g/b wireless LAN as the communication method for network cameras. This method has become popular but it has problems such as unstable conditions caused by obstacles or interference from other pieces of wireless LAN equipment in the same radio channel. We therefore improved the antenna characteristics with a diversity antenna, developed wireless QoS technology specialized for network cameras, and enhanced the communication quality to realize stable communication even under difficult conditions.

1. 無線対応ネットワークカメラの課題

ネットワークカメラの通信方式では、通常、有線ネットワークを使用するが、家庭用やSOHO（Small Office/Home Office）用途のホーム市場では、無線ネットワークが一般的であり、この市場では無線対応ネットワークカメラが全体の3分の2の販売を占めている。無線方式としては、IEEE802.11n/g/b準拠の無線LANを使用する。しかしながらこの方式の場合、同じ周波数帯に複数の無線機器が存在し輻輳が発生する。また、アクセスポイントとの距離や障害物の影響などの無線特有の課題により通信品質が不安定となる。このため、IP（Internet Protocol）パケットの損失や遅延が発生し、伝送した映像の途切れやノイズ（いわゆるブロックノイズ）が発生することがある。この課題を解決し、不安定な通信品質でも低遅延で安定した映像転送を実現するために、以下の方法に取り組んだ。

- アンテナ特性の改善
- 通信品質が不安定でも映像途切れや遅延を発生しにくくする技術（無線QoS技術）

2. アンテナ特性の改善

前記課題の解決方法について、まずアンテナ特性改善について述べる。

2.1 アンテナ特性シミュレーションの実施

アンテナは2本のアンテナのうち最適なほうを選択するダイバーシティアンテナを採用する。一方で先に述べたネットワークカメラの家庭用途やSOHO用途の市場では、製品の小型化が要求される。小型化した筐体（きょうたい）に2本のアンテナを搭載するうえで、最適なアンテナ形態、配置を求める必要がある。今回の開発ではアンテナシミュレーションを導入し以下のパラメータを最適化した。

- (1) アンテナ形態
ダイポール、モノポール、ループなど
- (2) 2本のアンテナの配置方法
金属やプリント基板のパターン影響を最小化

筐体内に配置する2本のアンテナそれぞれについて、「リターンロス：-10 dB以下」を目標とする。一般的にこれを満たすと十分な送信効率を実現できることがわかっている。

検討の結果、製品内部の金属とアンテナの位置関係やアンテナパターン形状を最適化でき、シミュレーションにおいても、試作機による実測においても-15 dB以下のリターンロス特性を実現し、小型化した筐体内に、良好な特性のアンテナを2本搭載することができた。

2.2 ダイバーシティアンテナ性能評価

無線対応ネットワークカメラの設置環境のなかで、金

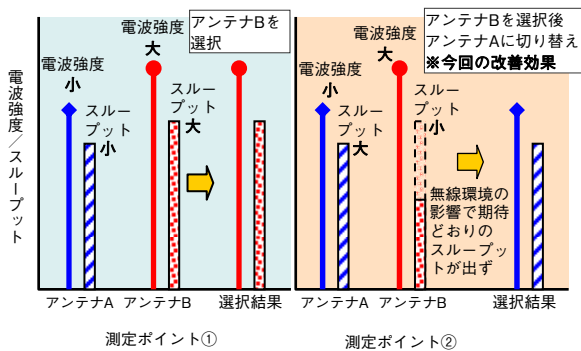
* パナソニック システムネットワークス（株）
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.

** パナソニック システムネットワークス（株）
先行技術開発センター
Advanced Technology Development Center,
Panasonic System Networks Co., Ltd.

属など電波を反射する物体が多い場所では多重伝播（でんぱ）（マルチパス）が発生し、その相互干渉や位相シフト（フェージング）によって、スループットが劣化する。このスループット劣化を緩和するためダイバーシティアンテナを採用する。アンテナ切り替えのパラメータとして、電波強度とスループットを採用する。

ダイバーシティアンテナの切り替え方式を第1図を用いて説明する。

- まず、2本のアンテナの電波強度を測定し、電波強度の大きい側のアンテナに切り替える
- 次に通信のスループットを測定する。ネットワークカメラ内部には電波強度に応じたスループットの期待値テーブルをもっており、測定したスループットがその期待値以上であれば選択したアンテナに決定する（第1図：測定ポイント①）
- 測定したスループットが期待値に満たない場合は、もう1つのアンテナに切り替える（第1図：測定ポイント②）



第1図 ダイバーシティアンテナ効果
Fig. 1 Effect of diversity antenna

目標は障害物の多い劣悪なテスト環境（例えば、金属性ロッカーが多数並べられた広大なロッカールーム）内の測定ポイントのうち90%を超えるポイントにて通信可能であることとした。これを満足すれば一般的な設置環境における通信接続性が十分実用的であると言える。

実験の結果、障害物が多いテスト環境下で全13箇所の測定ポイントのうち、通信可能な測定ポイントを69%から92%に改善することができ、全13の測定ポイントのうち、従来技術で通信不能であった3つの測定ポイントで通信が可能となった。

3. 無線QoS技術

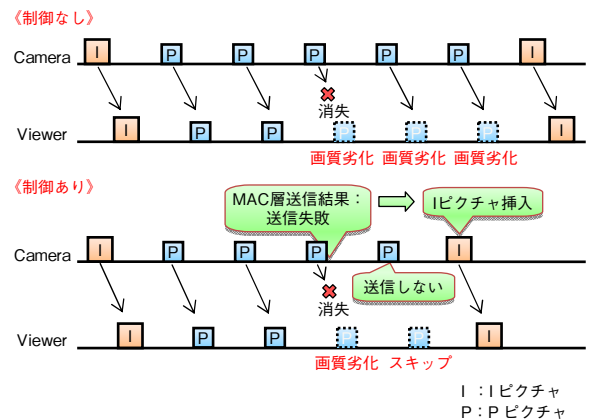
次に、無線対応ネットワークカメラの課題の第2の解決方法の無線QoS技術について述べる。輻輳やノイズによ

りIPパケットの損失や遅延が発生する無線LAN環境において、低遅延で安定した映像伝送を実現するための無線QoS技術を開発した。ARQ（Automatic repeat-request：自動再送要求）やFEC（Forward Error Correction：前方誤り訂正）などの既存技術は受信側の対応が必要なため、既存システムとの互換性が失われる。そこで、本技術はネットワークカメラ側のみで実現することで既存システムとの互換性を維持した。無線QoS技術の主な機能として、映像の乱れを抑制する損失制御や映像の遅延を抑制する遅延制御などがある。本技術開発では、低遅延で安定した映像伝送として、ピクチャの再生率が80%以上、最大遅延時間が500ms未満を目標とした。

3.1 損失制御

無線LANのMAC（Media Access Control）は、ACK（Acknowledgement：肯定応答）フレームを受信することで無線LAN区間の送信が成功したことを確認する方法が用いられ、送信が成功するまで一定回数の再送が行われる。しかし、上位のIP層では、無線LAN区間の送信の結果を受け取らず、次のIPパケットを送信する。

また、H.264などの動画圧縮規格では、1つのピクチャデータだけで再生可能な「Iピクチャ（Intra-coded picture）」とピクチャ間の差分を活用してデータ圧縮する「Pピクチャ（Predictive-coded picture）」に分類される。そのため、IPパケットが失われると、失われたIPパケットのピクチャだけでなく、それ以降に送信されたPピクチャも再生できなくなり、映像の画質が大きく劣化する。IP層もしくは、さらに上位の層で失われたパケットを再送する方式があるが、標準の通信手順から外れて相互接続性が低下したり、伝送遅延が増大して映像品質を損なったりする（第2図《制御なし》の場合）。



第2図 損失制御
Fig. 2 Control of packet loss

そこで、MAC層の送信結果を取得し、その結果に基づいて映像エンコーダおよびIPパケットの送信を制御することで、映像品質の劣化を軽減する。MAC層の送信結果が送信失敗の場合、送信を停止し、映像エンコーダに対してIピクチャの生成を指示する。また、送信待ちのIPパケットを破棄し、次のIピクチャから送信を再開する。これにより映像デコーダで再生のできないPピクチャのIPパケットの送信を削減することで無線LANの輻輳を抑制する。さらに、早期に再生可能なIピクチャを送信することで映像品質の劣化を軽減する（第2図《制御あり》の場合）。ただし、Iピクチャ数の増加による輻輳の発生を抑制するために、Iピクチャの間隔を最適化する。

3.2 遅延制御

無線LANのMAC層では、DCF（Distributed Coordination Function：自律分散制御）と呼ばれるIPパケットの衝突回避のアクセス制御方式が用いられている。DCFは、他の無線端末が送信していないことを確認してから送信するため、複数の無線端末が送信している場合は、IPパケットの送信待ちが発生する。そこで、DCFによる送信待ちや再送によって、IPパケットの遅延がしきい値を超えた場合に、他のピクチャに影響のないピクチャデータを破棄することで、遅延を軽減する。

3.3 無線QoS技術の評価

無線区間の可用帯域が変化した場合の本技術の効果について評価した。同一周波数の他の無線端末の伝送量を増加させることで、ネットワークの輻輳を発生させた。ネットワークカメラに本技術を搭載して、従来の非搭載の場合と比較したところ、ピクチャの再生率は73%から85.5%に改善、遅延時間は最大827msから490msに減少し、目標を達成した。その結果、従来技術では画質の劣化や映像が停止するような無線環境下でより滑らかな映像再生が可能となった。

4. 今後の展望

ネットワークカメラに適したアンテナ特性の改善を行い、無線QoS技術を新規開発をした。その結果、無線通信の最大の弱点である、フェージングや輻輳による通信品質の劣化を低減し、映像伝送可能な範囲を広げ、より滑らかな映像再生が可能となった。

次世代の無線LAN規格であるIEEE802.11acでは周波数帯域を増加することで1Gbit/s以上の伝送に対応し、フルHD（High Definition）や4Kなどのより高画質な映像伝送が可能になる。一方、スマートフォンやタブレットの普

及に伴い、無線LANの利用者が急増する。よって、無線端末1台あたりの伝送量が増加するだけでなく、無線端末も増加するため、帯域が飽和して、現在よりも輻輳が多発する。今後は、さらに効率よく輻輳を回避する技術が必要になると考えられる。

このような技術を無線対応ネットワークカメラに導入することにより、良好な通信品質を実現でき、安定した映像伝送を行うことができる。