

電波空間データネットワーク伝送のための信号品質指標の検討

石川 晃久[†] 川喜田 佑介[‡] 市川 晴久[‡] 狐崎 直文[†] 戸辺 義人[†][†]青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科[‡]電気通信大学大学院情報理工学研究科総合情報学専攻

1 はじめに

周波数にばらつきのある無線信号を含む電波空間データを IP ネットワーク伝送し、ソフトウェア受信機により柔軟な受信を実現させる研究がある。しかし IP ネットワーク伝送により電波空間データは劣化するがその影響を評価する手法検討されていない。

本稿では、電波空間データを IP ネットワーク伝送する際に発生するパケットロスの影響を評価する指標を理論式で示し、電波空間データの劣化を評価するモデルを提案する。またその提案評価モデルが、パケットロスによる影響を無線信号の SN 比による劣化として換算できることを示す実験評価結果を報告する。

2 ADUN

自立給電型の RF タグが今後多く開発されることが見込まれている。自立給電動作させるための代償として RF タグの送信周波数がばらつき、動的にも変動する。このような信号をソフトウェア無線機により柔軟に受信することを目指し、市川ら¹⁾はアプライアンス主導型ユビキタスネットワーク (Appliance Defined Ubiquitous Network : ADUN) を提案している。ADUNでは、並列に並べた A/D コンバータで電波空間を広帯域にサンプリング、クライアント側が要求した周波数帯域を RTP (Real-time Transport Protocol) パケットにカプセリングし、リアルタイムでストリーミング配信する。クライアント側は受け取った電波空間データから所望する無線信号を各方式のソフトウェア受信機で処理する。これにより無線規格によらず周波数のばらつきにも対応した無線送受信機を実現するものである。

3 研究課題

一般的な無線信号品質評価モデルでは無線信号の変調方式²⁾、通信路符号化方式、パケットフォーマットが定まることにより、SN 比に対するパケット

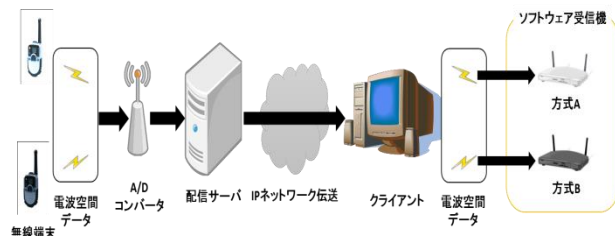


図 1 ADUN 概要図

エラー率として評価する。これは、無線信号のパケットエラー率が同じであれば、その電波空間は同じ SN 比を有することを意味している。電波空間データをパケットロスがある IP ネットワークで伝送すると、ソフトウェア受信機において無線信号のパケットロス率は悪化する。すなわち、電波空間データが表す電波空間の品質が劣化しているとみなすことができる。ADUN では、電波空間データ伝送に際し、伝送後の用途に十分な品質を有するように電波空間データを伝送することが要請される。この制御を実現するため、本稿では、IP ネットワーク伝送による影響と伝送後の電波空間に含まれる無線信号の品質との関係を求めることを研究課題とする。

4 提案手法

4.1 提案評価モデル

IP ネットワーク伝送した電波空間データの品質は、一般的な無線信号品質評価モデルから求められる無線信号パケットエラー率に、IP ネットワーク伝送時のパケットロスによる無線信号パケットエラー率を掛け合わせることで求められる最終的なエラー率により評価できる。

このことから、IP ネットワーク伝送した電波空間データに含まれる無線信号の品質評価を行う評価モデルとして、一般的な無線信号品質評価モデルにパケットロスによる無線信号パケットエラー率という評価指標を拡張したものを提案する。提案した評価モデルを図 2 に表す。

4.2 パケットロスの影響を受けた無線信号の受信成功率の定式化

電波空間データをカプセリングした RTP パケットがパケットロスし、ロスしたパケットに電波空間データ内の無線信号が含まれる場合、ソフトウェア受信機で無線パケットを受信できなくなる。この確率を求めるため、無線プロトコルである ALOHA 方式の

Analysis on Signal Quality of Radio Space for Network Transmission

†Akihisa ISHIKAWA, Naofumi KITSUNEZAKI, Yoshito TOBE

†Department of Integrated Information Technology, College of Science and Technology, Aoyama Gakuin University

‡Yuusuke KAWAKITA, Haruhisa ICHIKAWA

‡Department of Informatics, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

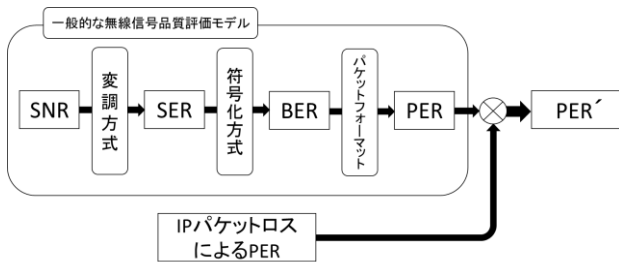


図 2 提案評価モデル

Pure-ALOHA におけるスループット計算を参考にした³⁾。それに伴い本研究では IP ネットワーク伝送時のパケットロスがポアソン分布に従ってランダムに生起するものとして定式化を行った。

IP ネットワーク伝送のパケットロスの生起率を λ とすると、間隔時間 τ に k 個の IP ネットワーク伝送パケットロスが発生する確率 $P_k(\tau)$ は、

$$P_k(\tau) = \frac{e^{-\lambda\tau}(\lambda\tau)^k}{k!} \quad (1)$$

と表すことができる。式(1)から、無線信号のパケットが損失しない確率は、間隔時間内に 0 個の IP ネットワーク伝送パケットロスが発生する ($k = 0$) ときであり、その確率 $P_0(\tau)$ は、

$$P_0(\tau) = \frac{e^{-\lambda\tau}(\lambda\tau)^0}{0!} = e^{-\lambda\tau} \quad (2)$$

と表せる。このとき無線信号のパケット長を $X + 1$ とくと、間隔時間 τ は $\tau = X + 1$ となる。 $\tau = X + 1$ を式(2)に代入することにより、IP ネットワーク伝送パケットロスの影響を受けた無線信号の受信成功率 $P_0(X + 1)$ は、

$$P_0(X + 1) = e^{-(X+1)\lambda} \quad (3)$$

と表せる。

式(3)による受信成功率と、SN 比を変えて実験的に求めた無線信号の受信成功率を比較することで、IP ネットワーク伝送パケットロスを SN 比の劣化として定量的に換算することができる。

5 評価

提案評価モデルにより、単方向通信型アクティブ RF タグのパケットロスによる影響を、SN 比による劣化で定量的に換算する評価実験を行った。

5.1 RF タグを用いた SN 比による無線信号の受信成功率測定実験

実験には NTT-AT 社が市販している単方向通信型アクティブ RF タグ Nire2 を用いた。Nire2 の仕様は表 1 に示す。実験を行う上での SN 比は、Nire2 の信号を複数回測定した平均をその環境における Nire2 の SN 比とした。実験の手順として、まず受信成功率が 100% であるときの一定時間における受信成功回数を求めた。その後 Nire2 の信号強度を調節することで SN 比を変化させ、その SN 比においての一定

表 1 Nire2 の仕様

変調方式	OOK (非同期検波)
符号化方式	マンチェスタ符号方式
パケットフォーマット	プリアンプル (24bit) + ペイロード (53bit)

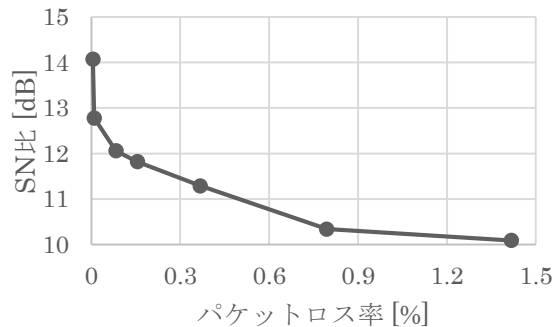


図 3 パケットロス率に対する SN 比の定量換算グラフ

時間における受信成功回数を数えた。求めた受信成功回数を受信成功率 100% のときの受信成功率回数を割ることにより受信成功率算出した。実験により求められた受信成功率と 4.2 で求めた式(3)と照らし合わせた結果が図 3 である。

5.2 考察

図 3 ではパケットロス率に対する SN 比の定量的な換算が見て取れる。この結果から、電波空間データを IP ネットワーク伝送する際のパケットロス率が 0.01% からおよそ 1.5% のとき、SN 比においてのおよそ 14dB から 10dB までの劣化に相当することがわかる。

6 おわりに

本研究では、電波空間データを IP ネットワーク伝送する際の無線信号品質評価モデルを提案した。また提案した評価モデルを用いることで、IP ネットワーク伝送における影響を SN 比として定量的に換算できることを評価実験により確かめられた。

今後の課題として、ネットワーク伝送の際に生じる影響の要素としてパケットロス以外に遅延や帯域不足、ジッタなどがあり、それらの要素も含めた評価モデルの確立が挙げられる。

参考文献

- [1] H. Ichikawa, et al, Ubiquitous Networks with Radio Space Extension over Broadband Networks, IEICE Trans. on Communications Vol. E90-B, No. 12, pp. 3445-3451, 2007
- [2] Q. Tang, et al, BER Performance Analysis of an On-Off Keying based Minimum Energy Coding for Energy Constrained Wireless Sensor Applications, in Proc. IEEE ICC, 2005, vol. 4, pp. 2734-2738, 2005.
- [3] 西園他, “情報通信概論”, オーム社出版, pp. 170-172, 2011.