

アナログ無線受信機のウェブベースの遠隔制御及び遠隔聴取の研究

入野 仁志[†] 久松 剛[†] 志和木 愛子[†] 杉浦 一徳[‡] 中村 修[†] 村井 純[†]

慶應義塾大学環境情報学部[†] 独立行政法人通信総合研究所[‡]

本研究では、遠隔地にあるアナログ無線受信機のウェブベースの遠隔制御及び、遠隔聴取機構の設計と実装を行った。本機構は無線受信機をインターネットに接続されたPCで制御することにより遠隔地からの無線受信機の制御及び、遠隔地からの無線通信の聴取を実現するものである。利用者はウェブアプリケーション上で周波数、変調方式などの選択を行うことにより、遠隔地に設置された無線受信機の制御及び聴取が可能となる。良好な無線受信状態を作るためには無線受信機の設置場所は電波障害がない場所に限定されるが、本機構の利用により、そこにインターネットへの接続性を確保すれば、あらゆる場所で、特殊なハードウェアやソフトウェアを用いずに良好な受信状態でアナログ無線通信が可能となる。

Research on Web-based Radio Receiver Transport System

Hitoshi Irino[†] Tsuyoshi Hisamatsu[†] Aiko Shiwaki[†]

Kazunori Sugiura[‡] Osamu Nakamura[†] Jun Murai[†]

[†]Faculty of Environmental Information, Keio University

[‡]Communications Research Laboratory

This research describes the design and implementation of a web-based radio (ham) receiver transport system. Radio communications are easily influenced by environments of the location. Under certain circumstances, radios are not usable or causes poor sound quality. As a solution, we set a Internet accesible PC with the radio receiver to control the receiver and distribute sound through the Internet. Users are able to change the parameters, such as frequency and modulation, of the radio receiver remotely and also, users are able to obtain audio. Using this method, we have demonstrated the improvements of the radio communicaions.

1 はじめに

アナログ無線は電波状況によって広範囲で受信が可能のため、今日でも多く利用される通信メディアの一つである。しかし、電波の届く範囲内においてもノイズの少ない状況で受信するには、電波障害の少ない場所を選択し、高性能な無線受信機及びアンテナを設置、調整する必要がある。無線受信設備の設置には、設置場所の選択が重要視される。このため、従来のアナログ無線利用は、無線受信機の設置された場所のみで行われていた。

調整済の無線受信装置の移動には大変な労力を要

するため、複数の地点において無線受信を行うためには、受信したい全ての地点にあらかじめ無線受信装置を設置する必要がある。しかしながら、現実には移動する可能性のある全ての場所に無線受信装置を設置しておくことは困難である。

2 研究概要

2.1 目的

本研究の目的は、利用者がどこにいてもノイズの少ない状態でアナログ無線通信を行える環境の実現である。

2.2 目的達成のための手法

本研究では、目的達成のための手法として、アナログ無線受信機類を設置するアナログ無線の受信場所と聴取者のいる聴取場所の分離を提案する。

[†]Keio University Shonan Fujisawa Campus
5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa 252, Japan
E-Mail: {irino, ringo, aiko}@sfc.wide.ad.jp
[‡]4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo, 184-8795 Japan
Members of Murai LAB, those in especially STREAM

分離を行うために、PC から制御可能な市販の無線受信機を利用し、PC でその制御と音声のデジタル化を行い、転送方法にインターネットを用いる。この方法により、インターネット接続性があれば、どこからでも、無線受信機を制御し、聴取することが可能となる。

前述の分離を行うと、アナログ無線受信場所の環境と、聴取場所の環境の様々な組合せが発生する。受信場所における無線受信機種と、聴取場所におけるクライアントの計算機環境に依存が少ない無線受信機の遠隔制御、及び遠隔聴取機構の構築を本研究の目的達成のための手法の目標とした。

3 設計

3.1 設計目標

本研究の目的達成のための手法として挙げた機構の実現のために以下の4つを設計目標とする。

- 本機構利用者が遠隔から、多種の無線受信機が共通に備えている機能である周波数設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定
- 本機構利用者が遠隔で無線受信機で復調された音声を聴取
- 上記2項目を本機構利用者の計算機環境(OS、デバイス)依存性をなくす
- 多種のアナログ無線受信機に対応し機種の違いを隠蔽

3.2 設計概要

無線受信場所において、無線受信機をPCと接続する。以下このPCをラジオサーバと呼ぶ。本設計では聴取場所での無線受信機の制御と聴取場所への無線受信機の音声の転送にサーバクライアントモデルを用いる。

図1に本システムのシステム設計図を示す。

動作手順は以下の通りになる

1. クライアントからラジオサーバへ、インターネットを介し、無線受信機の制御の要求(図1中(1))
2. ラジオサーバから無線受信機へ、クライアントからの制御の要求を元に制御信号の送信(図1中(2))
3. 無線受信機の音声出力端子からラジオサーバの音声入力端子へ、音声信号の送信(図1中(3))
4. ラジオサーバからクライアントへ、インターネットを介し、音声信号の転送(図1中(4))
5. クライアントで受信した音声信号の再生(図1中(5))

設計の要件として以下の項目が挙げられる。

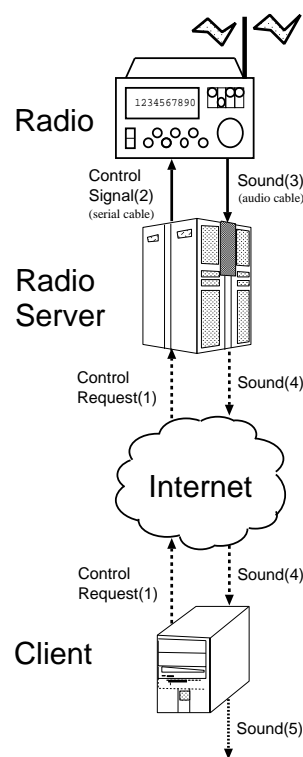


図1: システム設計図

- 制御
 - ラジオサーバから無線受信機への制御信号送信
 - クライアントからラジオサーバへの制御要求送信
- 音声
 - ラジオサーバからのクライアントへの音声送信
 - クライアントでの音声の受信及び再生

本機構の無線受信機制御系統と無線受信機から出力される音声の転送系統は独立している。1台の無線受信機に対してその制御は排他的になるが、ラジオサーバから転送される音声は利用者全員が共有できる。

3.3 制御

本機構の設計目標である、クライアントの計算機環境に依存が少ない遠隔制御機構には以下の理由からHTTPを利用する。

HTTP上の情報のやりとりはウェブブラウザの利用で行える。ウェブブラウザは、広く普及しているため、ユーザーへの初期投資を最小限に押えることが出来る。また、様々なOS、様々なデバイスで動作する。これらの理由よりHTTPの利用は、クライアントの環境に依存が少なく、本機構の設計目標に合致する。

本研究の制御部分において、同一のウェブインターフェースから多種の無線受信機を扱う必要がある。手法としていくつかの方法が考えられる。

1. 各無線受信機を直接操作する、同一のウェブインターフェースを持ったサーバサイドスクリプトを複数作成する。
2. 各無線受信機に対して、制御のためのコマンドをそれぞれ作成し、それをサーバサイドスクリプト上で隠蔽し、同一のウェブインターフェースとして提供する。
3. 複数の無線受信機を透過的に扱う単一のコマンドを作成し、そのフロントエンドにサーバサイドスクリプトを用いる。

1に比べ、2,3は無線受信機制御部分とサーバサイドスクリプト部分が独立している。さらに2に比べ3は複数の無線受信機を透過的に扱うことが可能なので、サーバサイドスクリプト部分の開発量が減る。そのためサーバサイドスクリプト部分における言語の移植性が高くなる。本機構の制御部分は3の手法を用い、アナログ無線受信機の制御コマンド部分とそのユーザインターフェースとなるサーバサイドスクリプト部分に分離する。

3.3.1 制御コマンド

ラジオサーバから無線受信機への制御信号送信の機能を受け持ち、複数のアナログ無線受信機を透過的に扱うことのできる単一のコマンドを、制御コマンドと呼ぶ。本機構において、制御コマンドは後述するサーバサイドスクリプトから操作される。機種の違いを隠蔽化するため、サーバサイドスクリプトからはどのアナログ無線受信機も同一の手法で扱える。制御コマンドは対象とする無線受信機、周波数、変調方式、スケルチレベルを引数として渡すことにより、それぞれのアナログ無線受信機の仕様に従い個別の制御信号を生成し、アナログ無線受信機に送信する。

3.3.2 サーバサイドスクリプト

サーバサイドスクリプトは、クライアントからラジオサーバへの制御要求送信の機能を受け持ち、本機構のユーザーに対し、制御のためのユーザインターフェースを提供するために用いられる。このサーバサイドスクリプト部分で、ユーザーから送信されたHTTPリクエストを基に、制御コマンドの適切な引数を生成して、制御コマンドを動作させる。

3.4 音声

無線受信機の音声出力からラジオサーバPCの音声入力へ音声は常時転送される。その音声はラジオサーバからクライアントへインターネットを介して転送される。音声の特性上、情報の完全性よりも、リアルタイム性のほうが重要であるため、UDPを用いる。本機構の利用者にとって、制御の要求を送信してから音声が出て来るまでのタイムラグが大きいと制御に支障を来すため、小さい方が好ましい。従って、ラジオサーバでのバッファリングなどは行わずにリアルタイムでクライアントへ音声を転送する。

3.4.1 音声送信プログラム

ラジオサーバからのクライアントへの音声送信の機能を受け持つのが、音声送信プログラムである。無線受信機の音声出力端子から、ラジオサーバのサウンドカードの音声入力端子にアナログで送信された音声をサンプリングしてデジタル化し、UDPパケット化してクライアントへ送信する。

3.4.2 音声受信プログラム

クライアントでの音声の受信及び再生を受け持つのが、音声受信プログラムである。音声受信プログラムはマルチプラットフォームで使えることに加え、ウェブブラウザ上で実現出来ることからJAVAを使用する。

本プログラムは利用時に動的にダウンロードされる。そしてクライアントの環境依存を少なくするためにウェブブラウザ上で動作し、ラジオサーバから送信された音声データのUDPパケットを受信し、再生する。

4 実装

無線受信機とラジオサーバPCの間はシリアルケーブルで接続し、RS-232C経由で無線受信機の制御を行う。

図2に本システムのシステム実装概略図を示す。

本実装は2台の無線受信機を使用して行った。

図3に本機構の実装環境を示す。

図4に本機構の想定利用者計算機環境を示す。

4.1 制御

利用者のWebブラウザからの要求をservletで処理する。その処理結果を無線受信機制御プログラムに渡す。このプログラムが無線受信機種毎に対応した命令を無線受信機に送信する。

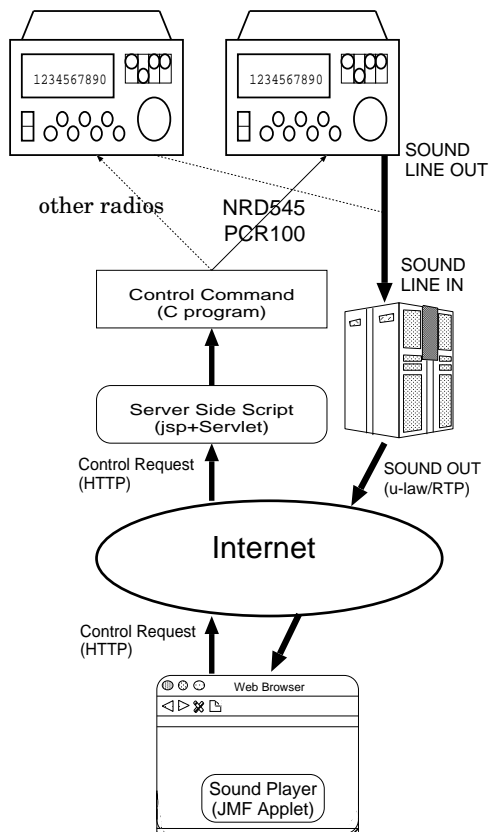


図 2: システム実装概略図

4.1.1 制御コマンド

無線受信機器制御部分はサーバサイドスクリプト部分と独立にし、かつ複数の無線受信機を透過的に扱える単一のコマンドとして、C 言語で実装を行った。複数の無線受信機をサポートするために、また未対応の無線受信機器に簡単に対応をするために、機種依存する部分としない部分を分離し、機種依存する部分を隠蔽している。

図 5 に本システムの無線受信機設定用ヘッダファイルを示す。この設定用ヘッダファイルにおいて、RADIOCNF 構造体には各機種固有の情報として、識別のための機種の名前、接続シリアルポート名、状態を保持するためのファイルの名前、シリアルポートとの接続スピードを保持する。FUNC 構造体には、制御のための関数のポインタを格納する。個々で格納する関数ポインタ群はどの無線受信機も持つ機能である、周波数の設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定の機能と制御のための初期化、終了処理、PC との接続方式の設定を提供する関数のポインタである。

新規に別の無線受信機に対応をする際は、機種固

制御プログラム	使用 OS 使用言語 無線受信機	FreeBSD 4.5 C 言語 (gcc 2.95.3) 日本無線 NRD545, ICOM PCR100
サーバサイドスクリプト	servlet	jakarta-tomcat 3.2.4
音声	音声送信フォーマット 音声送信プロトコル	μ -law RTP/UDP
音声送信プログラム	使用 OS 使用言語	FreeBSD 4.5 C 言語 (gcc 2.95.3)
音声受信プログラム	使用 OS 使用言語	Windows 2000 Java 2 Standard Edition 1.3.1 Java Media Framework 2.1.1

図 3: 実装環境

必要ハードウェア	サウンドカード
必要ソフトウェア	JAVA 2 Standard Edition Runtime Enviroment JAVA applet 対応ブラウザ Java Media Framework

図 4: 想定利用者計算機環境

有の情報を RADIOCNF 構造体配列に、機種依存をするコードを含む関数群のポインタを新たにこの FUNC 構造体配列に追加するだけで良い。

4.1.2 サーバサイドスクリプト

JAVA beans + JSP + Servlet を組み合わせて、MVC¹モデルに基づく実装を行った。制御コマンドは JAVA beans から呼ばれる。ソースコード内において表示部分と制御部分との分離が行われているので、デザインの変更が容易である。

¹Model View Controller の略。この場合 Model=JAVA beans, View=JSP, Controller=Servlet となる。表示部分と制御部分を分けるプログラミング手法

```

FUNC radio_f, radio_f_arr[] = {
    {&nrd545_init, &nrd545_open_serial,
      &nrd545_get, &nrd545_set,
      &nrd545_freq_get, &nrd545_freq_set,
      &nrd545_mode_get, &nrd545_mode_set,
      &nrd545_afgain_set,
      &nrd545_sq_level_set, &nrd545_end},
    {&pcr100_init, &pcr100_open_serial,
      &pcr100_get, &pcr100_set,
      &pcr100_freq_get, &pcr100_freq_set,
      &pcr100_mode_get, &pcr100_mode_set,
      &pcr100_afgain_set,
      &pcr100_sq_level_set, &pcr100_end},
};

RADIOCONF radio_c, radio_c_arr[] = {
    {'nrd545', '/dev/cuaa0',
      'nrd545com1', 4800, 'JRC NRD545'},
    {'pcr100', '/dev/cuaa1',
      'pcr100com2', 9600, 'ICOM PCR100'}
};

```

図 5: 無線受信機設定用ヘッダファイル

4.2 音声

本機構では、ペイロードタイプなどの情報を持つことで、様々な主要なフォーマットの音声データの転送に向くプロトコルである RTP²を用いる。

音声データの転送に用いるプロトコルを RTP プロトコルに統一する。ラジオサーバ側で動作する音声送信プログラムとクライアント側で動作する音声受信プログラムは完全に独立となる。RTP に対応した既存ソフトウェアは多数存在するので、ラジオサーバ、クライアント共にそれぞれ既存ソフトウェアで代替可能である。

4.2.1 音声送信プログラム

音声送信プログラムは音声受信プログラムから送られる接続要求を受信すると音声受信プログラムに対してユニキャスト通信を開始する。音声はサウンドデバイスファイルを読み込み、8KHz、8bit、モノ

ラルの μ -law 形式でサンプリングする。サンプリングしたデータの先頭部分に RTP ヘッダを追加して UDP で送信する。これによりデータがクライアントに到達する際の実時間性を高めている。

4.2.2 音声受信プログラム

本実装では、マルチプラットフォーム性の特徴を持つ JAVA に加え、マルチメディアデータを扱うことが容易である理由から Java Media Framework(以下 JMF)を使用した。JMF は JAVA の拡張 API で、pure JAVA³での実装がなされているので、マルチプラットフォーム性は失われない。

アプレットはネットワークセキュリティの観点からダウンロードしたホストとの TCP の接続しか標準では許可されていない。本機構では、ユーザーがポリシーファイルを持つことでこのネットワークセキュリティの制約を回避し、RTP/UDP のデータを受信可能にした。図 6 に本機構で利用したポリシーファイルを示す。

```

grant{
    permission java.net.SocketPermission
        '*','connect,accept,listen';
};

```

図 6: ポリシーファイル

5 評価

評価は設計目標を元に以下の項目に関して行う。

- 遠隔から無線受信機の、周波数設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定の可否
- 遠隔で無線受信機の音声を聴取の可否
- 利用者の計算機環境への依存度
- 多種のアナログ無線受信機への対応と機種の違いを隠蔽の可否

5.1 遠隔から無線受信機の、周波数設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定の可否

実装に用いた、無線受信機である、日本無線の NRD545 及び ICOM PCR100 を遠隔からウェブブラウザを用いて、周波数設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定を行うことが出来た。

²Real-time Transport Protocol, rfc1889

³JAVA のみで全て実装されたソフトウェアのこと

5.2 遠隔で無線受信機の音声を聴取の可否

無線受信機の音声をアプレットを用いて聞くことが出来た。

5.3 利用者の計算機環境への依存度

図7に本機構のクライアント計算機環境の対応を示す。

	PC			PDA	携帯電話
	Windows	Linux	BSD		
制御	○	○	○	○	○
聴取	○	○	○	×	×

図7: 本機構クライアント計算機環境対応表

制御部分においては、HTTPの利用により、クライアント計算機環境の依存がない実装を行った。本機構により、PC、PDA、携帯電話など、ブラウザを備える計算機ならばどのような環境でも、様々な無線受信機で共通に備えている機能である周波数の設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定の操作が可能である。

音声部分においては、JAVA及びJMFを利用して、利用できるデバイスは現状ではPCに限られる。Windows、Linuxをはじめ、JAVA 2 Standard Edition⁴が動作し、アプレット対応ブラウザが動作するOSならば遠隔聴取が可能である。

前述から、クライアント計算機環境の依存性はない。

5.4 多種のアナログ無線受信機への対応と機種の違いの隠蔽機構

未対応の無線受信機に対応する際、本機構を利用すると、その無線受信機に対して全ての実装を行う必要は無く、機種依存する部分を実装するのみで、実装量を減らすことができる。

機種依存する部分を実装するだけで周波数の設定、変調方式の設定、スケルチレベルの設定の機能が実装できる。さらに、制御プログラムの機種依存しない共通部分とサーバサイドスクリプトにおいては、変更は皆無である。従って本機構の利用により機種依存する部分の実装のみで、ウェブインタフェースを簡単に持つことが出来る。前述から、無線受信機の機種の違いの隠蔽は実現されており、多種の無線受信機への対応は簡単に行える。

⁴JAVA2とはJAVAのVersion 1.2以降を指す。本機構ではJMFの動作のためにJAVA2が必要。

6 おわりに

6.1 まとめ

本研究では利用者がどこにいても、ノイズの少ない良好な状態でアナログ無線通信を行える機構を実現した。さらに汎用的な機構にするためにその設計と実装において、利用者の環境に依存が少ない方法で行った。具体的には、無線受信機の機種の違いの隠蔽及びクライアントのデバイスやOSに依存が少ない設計と実装を行った。利用者は本機構をウェブブラウザのみで利用することが出来る。

6.2 今後の展望

本機構は、制御部分においては、アナログ無線受信機の機種の違いの隠蔽を行い、その対応機種を簡潔に増やすことができるように実装を行った。より実用的に拡張するには、より多くの無線受信機の対応を行うこと、利用者の排他制御機構の実装を行うことなどが挙げられる。また、音声部分において、より実用的に拡張するには、1) 使用帯域の少ないを圧縮技術を用いた方式に対応を行うこと、2) マルチキャストの対応を行うこと、3) 蓄積機構の実装を行うことなどが挙げられる。

また制御プログラムは今回、FreeBSD上の単一のコマンドとして実装を行ったが、より多くのOSへの対応や、抽象度を高めてデバイスドライバとしての実装などを行うことにより、汎用性を確保する。

参考文献

- [1] 入野 仁志, 久松 剛, 杉浦 一徳, 村井純, 中村 修, 「無線受信機の遠隔操作および搬送波転送の研究」, 情報処理学会 第63回全国大会, 2001年9月
- [2] H.Schulzrinne S.Casner R.Frederick V.jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC1889, 1996
- [3] 日本無線株式会社, "MODEL NRD-545 取扱説明書", 1998