修士論文　　2011年度（平成23年度）

TVリモコン操作情報を用いた細粒度視聴動向収集・分析システム

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

江村 桂吾

修士論文要旨　　2011 年度（平成 23 年度）

TV リモコン操作情報を用いた細粒度視聴動向収集・分析システム

論文要旨

我々の日常生活のなかで、我々の振舞いに伴って生成される赤外線リモコン信号を広域から自動的に収集し、これを有意な情報として取り扱う仕組みを考案した。この仕組みは、写真、日記、文章など、デジタル情報として蓄積された個人の情報を、情報発信者（ユーザ）個人の活動履歴と見做して利用する「ライフログ」の考えをさらに推し進め、ロギングを前提として情報を取得する pull 型の情報インフラである。ここで得られたデータは適宜、タイムスタンプなど、ユーザとの関係を表すメタデータを付加され、「ライフログ」の一部を形成する。この仕組みを実現するため、赤外線リモコン信号を通信方式や符号化の方法に関わらず収集するためのハードウエア、ソフトウエアを設計し、実装を行った。また、取得したリモコン信号をセンサネットワークを通じて保存、分析するための機構を構築し、収集されたデータが有意に弁別可能であることを示した。特にこのなかで用いるリモコン信号データフォーマットについて、リモコン信号データの再利用性と、ネットワークに対する付加を考慮し、ローカルでのデコードは行わず、元波形に一意に対応したパルス幅シーケンスデータを用いる。この際、高解像度かつデータの軽量化を実現する手法を提案した。

キーワード

1. ライフログ，2. 情報共有，3. 赤外線リモコン，4. TV，
5. 視聴率，6. センサネットワーク

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

江村 桂吾

Abstract of Master's Thesis

Academic Year 2011

A Micro audience trend rating system based on operation of TV remote controllers.

Summary:

In our daily lives to gather the infrared remote control signal is generated with our behavior, consider how to treat it as meaningful information. This mechanism is Photos, diaries and texts, the personal information stored as digital information, the caller information (users) and use of history and activities of individuals considered "life log" ideas even further, assuming the logging information proposed model as an infrastructure to get the pull-type information. The data obtained here is appropriate, such as time stamps, metadata is added to represent the relationship between the user and "life log" that forms part of.

To realize this mechanism, the hardware tapping the infrared remote control signals, make the implementation of the software. Also, save acquired through remote control signal sensor networks, and establishing mechanisms for analysis, showing that it is possible to significantly discriminate the data collected.

For remote control signal format used in this data, especially the reusability of data and remote control signals, considering the load on the network, the local decoding is performed, using a pulse width corresponding to the unique data sequence to the original waveform. In this case, we propose a method to achieve high resolution and lighter data.

Keywords:

1. Life log, 2. information sharing, 3. infrared remote control, 4. TV, 5. audience trend rating, 6. sensor network

Keio University, Faculty of Policy Management

keigo EMURA

目次

第 1 章　序論 8
1.1　ライフログ 8
1.2　家電製品の持つ情報 8
1.3　個人情報シェアリング 9
1.4　目的 9
1.5　論文の構成 10

第 2 章　背景 11
2.1　家電製品の状態情報 11
2.2　TV 視聴率調査 11
2.3　関連研究 12
2.3.1　著者のこれまでの研究 12
2.3.2　関連研究 13

第 3 章　アプローチ 15
3.1　予備実験 15
3.1.1　リモコンデータから知り得る事 15
3.1.2　日本国内で一般的に利用される赤外線リモコンフォーマット 15
3.1.3　赤外線リモコンフォーマットの実際についての検証実験 17
3.1.4　リモコン信号のキャリア周波数に対する、受光モジュールの汎用性 18
3.1.5　複数のキャリア周波数に対するサンプリングレートの検討 21
3.2　赤外線リモコン信号伝送フォーマットの検討 24
3.3　パターンマッチ 24

第 4 章　設計、及び実装 25
4.1　システム設計概要 25
4.2　動作概要 25

4.3 システム構成要素 27
4.3.1 赤外線モジュール（Arduino duemilanove , 赤外線リモコン受信モジュール） 27
4.3.2 EndDevice（RACOW センサーボード） 29
4.3.3 SINK（ConnectPort X4） 29
4.3.4 RACOW Gateway（Alix） 29
4.4 パターンマッチ 30

第 5 章 評価：本機構の実現した機能 31
5.1 IR パルス幅シーケンスデータによるリモコン信号判定実証 31

第 6 章 結論 34

付録 A 日本国内で一般的に使用される赤外線リモコンフォーマット 37
A.1 NEC フォーマット 37
A.2 家製協 フォーマット 38
A.3 エンコードの極性 38

図目次

2.1 Racow プロジェクトにおける TV 視聴動向調査結果 13
2.2 BUFFALO Remote Station 14

3.1 リモコン操作情報取得シーケンス 16
3.2 リモコン操作情報の解析例 16
3.3 「プリアンブル長」「極性」「単位パルス幅」「パルス幅比」「リモコンのボタンを押下し続けた際の複数コマンドの送信間隔」の測定に用いた回路 18
3.4 「搬送波周波数」の測定に用いた回路 18
3.5 実験機材（手前左側がオシロスコープ、右側が定電圧電源。中央のブレッドボードで回路を構成している。） 19
3.6 「SONY3」赤外線リモコン受信モジュール出力 19
3.7 「HITACHI」赤外線リモコン受信モジュール出力 20
3.8 「PANASONIC」赤外線リモコン受信モジュール出力 20
3.9 予備実験に使用したリモコン機器 21
3.10 キャリア周波数：27kHz 22
3.11 キャリア周波数：37kHz 22
3.12 キャリア周波数：52kHz 23

4.1 システム全体図 26
4.2 システム動作シーケンス 27
4.3 赤外線モジュール 28
4.4 Gateway + SINK 30

5.1 リモコン信号判定実験のフロー 31
5.2 リモコン信号の誤差分散 32
5.3 リモコン信号の平均誤差 33

A.1 NEC フォーマット 37
A.2 NEC フォーマット 38
A.3 家製協 フォーマット 38
A.4 家製協 フォーマット 39
A.5 エンコードの極性概念図 39

表目次

3.1 赤外線リモコンの送信波測定結果 18

5.1 実験で使用した赤外線リモコン装置とボタン 32

第 1 章

序論

我々の活動は、それに伴う環境の変化を発生させる。この変化は、他者、もしくはセンサによって記録されない限り情報として蓄積、または活用されることはない。本研究では、このような我々の活動に伴う変化のうち、家電製品の赤外線リモコンが送信する信号に着目する。この理由を以下に述べる。

1.1 ライフログ

blog, Micro-Blog (ex. Twitter), 写真共有サービス (ex. Flickr), 動画共有サービス (YouTube) などのサービスによって、個人の情報がデジタル情報として蓄積されている。これらの情報を、情報発信者（ユーザ）個人の活動履歴と見做して利用するのが、「ライフログ」である。上に例示したサービスにおける情報は、ユーザがその都度意識的に提供した、いわば push 型の情報である。これに対して、ロギングを前提として情報を取得する pull 型のモデルが提案されている [1][2]。この pull 型のモデルにおいては, 静止画、動画、位置情報、加速度情報など、様々なセンサを用いたデータを、サービス側から定期的に取得する。得られたデータは適宜、タイムスタンプなど、ユーザとの関係を表すメタデータを付加され、「ライフログ」の一部を形成する。

1.2 家電製品の持つ情報

我々の生活を取り囲む家電製品は、衣服や言語と同様に、我々の身体性に拡張をもたらすメディアである。この、拡張された身体たるメディアの状態は、我々のふるまいを写像している。これら家電製品の持つ状態についてモニタすることで、我々のふるまいの記録を得る事が可能である。

一方、リモコンの搬送波である赤外線は、非常に強い指向性を有する。そのため、リモコンの操作にあたっては、一般的に「見通し操作」が求められる。見通し操作とは、操作の対象となる

機器とリモコン装置の間に障害物が無く、直線で見通せる状態での操作を言う。すなわち、リモコン使用者は、操作対象である機器にリモコンを向ける動作を求められる。この動作は、使用者の意識が機器に向けられることを必要とする。このことから、リモコン信号の解析結果が使用者の行動と因果関係を持つと考えられる。

1.3 個人情報シェアリング

前節に挙げたような振舞いの履歴は、一般に有用な情報として省みられる事が少ない。センサなどを用いてデータ化された場合においても個人情報として扱われ、ローカルな利用に制限される傾向にある。しかしこれら振舞いの履歴は、個人の行動履歴というにとどまらず、我々の社会的との関わりを測る指標ともなりうる。そして各個人の指標を持ち寄り、これをマクロな視点から分析する事により、社会の動向や各要素の関係性を抽出することも可能である。

このことから、振舞いの履歴は、個人の権利を侵害しない範囲内で社会に共有される事が望ましい。ただしこの場合の共有は、恣意的、選択的「共有」ではなく、常時かつ広く提供される事が望ましい。加えて、社会的指標としてのデータには、個人を特定できる要素は不要であり、その点において、振舞いの履歴の提供には危険や損失が伴う可能性は考えにくい。

言い換えれば、社会の構成員が持つ個人に帰属する情報を、「肝心なところ」はそのまま個人の物とし、これまで情報未満として捨てられてきた部分を共有する事によって、構成員たるユーザそれぞれに対して新たな価値や有意なサービスを提供可能となるのである。

1.4 目的

本研究では、振舞いの履歴の例として家電製品に対するリモコン操作に着目し、広域から、機種、メーカー、方式に関わらずリモコン機器操作情報を収集するハードウエア、ソフトウエアの仕組みを構築することを目的とする。
そのために、複数のフォーマットにわたる赤外線リモコンの信号をサンプリングし、これを現地でデコードすることなく、センサネットワークの生データと見做して転送する。転送、弁別、再利用に再送信フォーマットの最適化について検討を加え、センサネットワークのインフラを利用した収集可能性について考察する。また、収集から分析までのプロセスを実装、評価することで、これらのデータを利用したサービスの可能性について示す。

1.5 論文の構成

本論文は６つの章から構成される。

第二章では、背景として家電製品の状態情報、TV 視聴率調査について述べ、その関連研究を示す。第三章では、前章に述べた背景と関連研究をふまえ、また、予備的に行った実験の成果と合わせ、本研究の取る手法について検討を行う。第四章において、検討した手法を実現するための設計とその実装について述べる。第五章で本システムの実装に対する評価を行い、第六章で本研究のまとめ及び今後の展望を述べる。

第 2 章

背景

本章では、本研究の背景、及び関連する研究について述べる。

2.1 家電製品の状態情報

現在、TV、エアコン、冷蔵庫などの家電品における高機能化に伴って、自己の稼働履歴情報を保持している製品が増え続けている。しかし、これらのデータは（FA、遠隔保守などのメインテナンス）に用途を限定されており、一般ユーザはアクセスすることができないばかりでなく、その存在すら積極的な公開はされていない。このため、自らの生活の記録である家電の稼働履歴などの情報を、ユーザが 2 次的に利用することはできない。

2.2 TV 視聴率調査

TV の稼働状況をサンプリング調査、公表する視聴率調査には、放送局関連機関、及び公的機関によって番組改編期などに行われるものと、私企業による継続的かつ連続的なものが存在するが、一般的に視聴率と言った場合、後者を指す。この視聴率調査は、2011 年現在、株式会社ビデオリサーチによってのみ行われており、一社独占の状態である。この寡占による弊害は様々に考えられるが、少ないサンプル数がゆえに調査家庭の買収なども実際に起こっている。また、視聴率として公表されるものは、地上波に限られ、CATV、衛星放送、外部入力、録画率などは対象外となっている。また、一般に公表される物はランキング上位のごく一部にとどまっており、TV 視聴動向の全体像がこの調査によって捕らえられているとは言い難い。

各家庭、各 TV 機器の 視聴状況データを持ち寄るなど、オープンかつ、より細粒度の視聴／聴取情報を利用できるようにすることが、映像メディアの発展に欠かせない。

2.3 関連研究

2.3.1 著者のこれまでの研究

RACOW project

慶應義塾大学（Auto-ID Lab. Japan ）、電気通信大学、日本無線株式会社、凸版印刷株式会社、株式会社ユナイテッドコミュニケーションサービス、家電電子タグコンソーシアムからなり、機器・デバイスに関わるエネルギーサービス、情報サービスを、誰もが自由に追加し、消費者が選択できる情報システムの構築、WiMAX を利用したデータ収集システムによる環境負荷低減の実証を目標とする産学連携プロジェクト。以下のアプローチを発表している。

- ― 広域に無線の IP ネットワークで同報通信 (マルチキャスト) できる WiMAX と、宅内ネットワークの組みあわせ、ネットワーク（ワイヤレス）通信方式を使いわけ
- ― 低レイヤの通信方式が異なっても動作する「モノの ID をキーとした Web/IP 技術」を基盤とし、様々なサービス・ビジネスを提供 。
- これにより、直接＋間接な環境負荷低減を目指す。
  - ― 直接効果：
    - ・ ネットワークを使って機器を監視・制御することによる直接的環境負荷低減
      - ― メーカや接続方式が異なる機器やセンサーを協調的に制御・監視できる仕組み
  - ― 間接効果：
    - ・ 機器を遠隔保守することによる出張保守の適正化、故障の予防保全

- RACOW project における 視聴動向調査

  当該プロジェクトの一環として、TV の視聴動向調査を行った。この調査の結果を一部 fig. 2.1 に示す。

  この調査は、一般的な視聴率調査では扱われないローカルチャンネルや、それぞれの TV 機器への外部入力が選択された場合なども対象になっており。その点でも、TV 利用の現状に則した、興味深い調査となっている。

  しかし、この調査に用いられた TV 機器は、 番組録画などに用いられる WEB サーバ部を、本実験のために拡張した特殊なものであった。

  この点を踏まえ本研究では、TV 機器に特殊な改造などを施す事なく、その操作情報を取得する手段としてのリモコン信号に着目した。

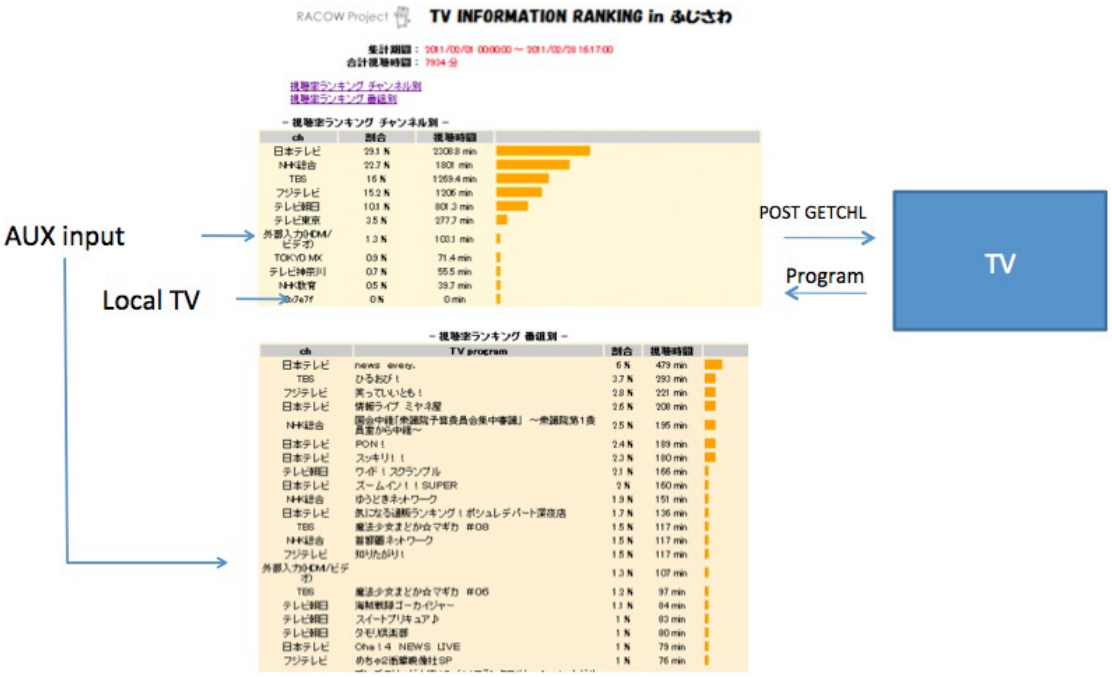

Fig. 2.1 Racow プロジェクトにおける TV 視聴動向調査結果

2.3.2 関連研究

[1] ではライフログデータからの行動因果分析手法を提案している。また、[2] では (Wi-Fi to IR) 「proxy」を用い、複数機器リモコン操作のロギングを行っている。[3] では、リモコンで操作される全ての機器に受光部を配置し、省エネに利用している。市販の BUFFALO Remote Station は、リモコン信号をパソコンで記録する学習リモコンである。(fig.2.2)

これらは全て、ローカル利用のみを前提としており、リモコン信号を安価かつ広域、機種、メーカーに依存せず収集する手法は提案されていない。

1. 大量ライフログデータとベイジアンネットワークを用いた日常生行動因果分析, 白石康星 西田佳史 本村陽一, Digital Human Symposium 2009 March 4th, 2009
2. 「リモコン信号プロクシ」を用いた機器操作ログ収集システム, 渡部智樹・青木良輔・井原雅行・小林　稔・阿部匡伸（NTT）, 信学技報, vol. 110, no. 141, pp. 23-28, 2010 年 7 月.
3. ホームネットワークシステムにおける電力消費振り返りサービスの提案, 福田将之，瀬戸秀晴，坂本寛幸，井垣 宏，中村匡秀, 信学技報 Vol.2009 No.40-59 p. 29-34 2009 年 11 月

Fig. 2.2 BUFFALO Remote Station

第 3 章

アプローチ

前章に述べた背景と関連研究をふまえ、また、予備的に行った実験の成果と合わせ、本研究の取る手法について検討を行う。

- 形式を問わない IR リモコン信号の収集
- リモコンデータのデコードと、データベースへの格納
- データを利用した分析

3.1 予備実験

3.1.1 リモコンデータから知り得る事

WEB 出力を有する TV からリモコン操作情報を含むログを取得し、これを解析して可視化を行った。ログ取得プロセスを fig.3.1 に示す。このログからはユーザの行った様々な操作記録が抽出可能だが、ここではリモコンを用いた全ての操作の記録から、ch 操作と音量にかかわる操作のみを抽出し、これらのデータから、TV の ch および音量の状態を推定した。 fig.3.2

3.1.2 日本国内で一般的に利用される赤外線リモコンフォーマット

リモコンの搬送波に利用される赤外線の波長は 850　950 nm である。また、送信時の変調周波数は 32.75, 36, 36.7, 38, 40, 53, 56.8kHz, 変調方式は全てパルス幅変調方式 (PWM) である。

リモコンの送信フォーマットは、日本国内においては財団法人家電製品協会による標準化が試みられている。しかし、標準策定以前からのデファクト・スタンダードであった NEC フォーマットを始め、各社のコード体系は雑多である。

赤外線リモコンのデータフォーマットにおいて、法的拘束力のある統一規格は日本国内にも国際的にも存在しない。しかし現在ではほぼ以下に述べる 3 種類のフォーマットに集約されてい

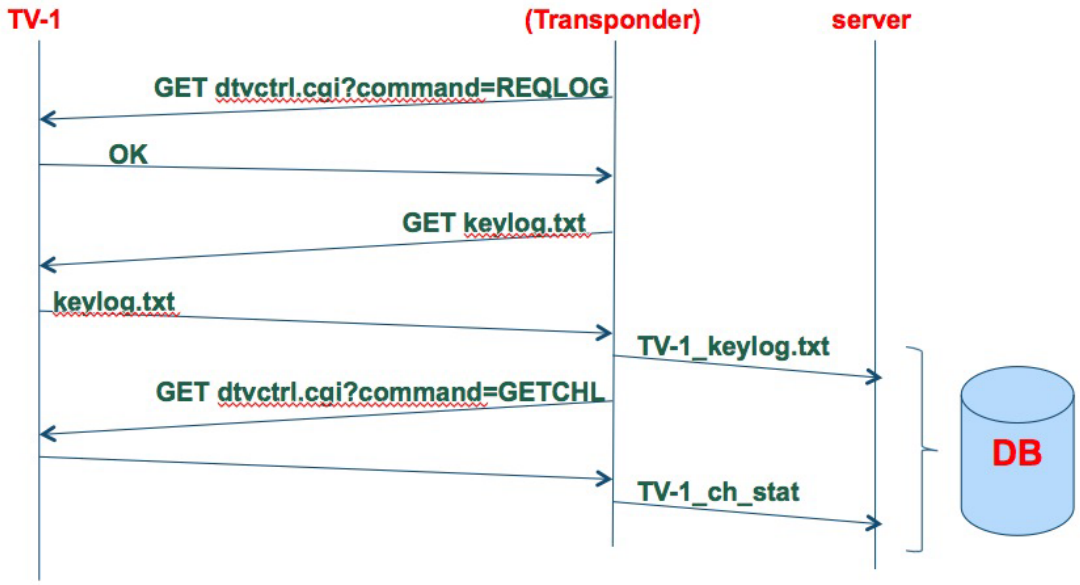

Fig. 3.1　リモコン操作情報取得シーケンス

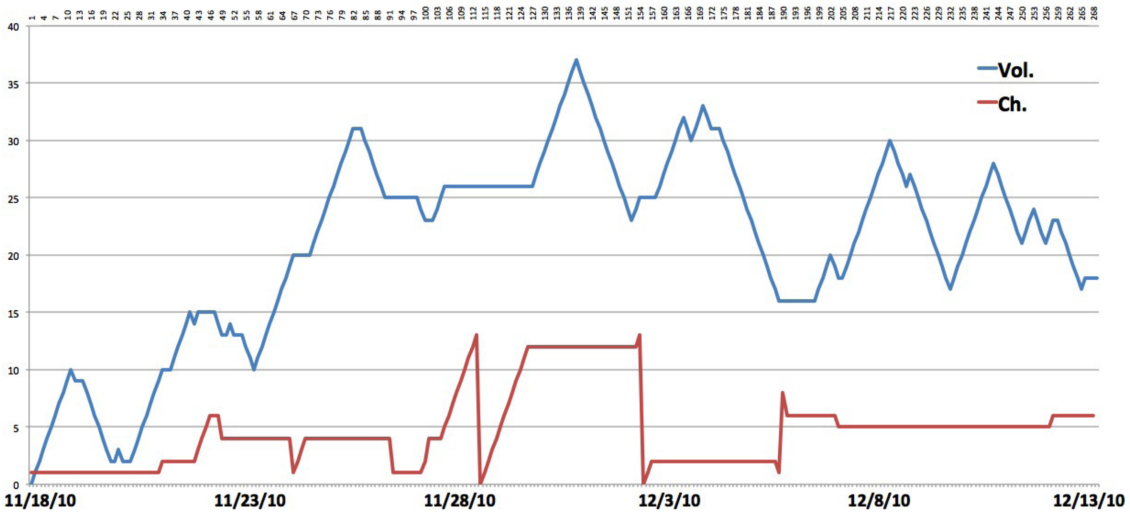

Fig. 3.2　リモコン操作情報の解析例

る。ただし、データコード部には制御される側の機器メーカー（ベンダ）独自の拡張仕様をもつものもある。

- NEC フォーマット

  ソニー以外の殆どの映像音響機器に広く使用される。

  送信データは 16 ビットのカスタムコードと、それら機器の動作を決める 16 ビットの

データコード（実際には 8 ビットのデータコードと、その反転コードの組み合わせ）から構成される。

カスタムコードのベンダーへの割り当ては、NEC エレクトロニクスが管理している。

- 家製協フォーマット

一部メーカーの映像音響機器ならびにこれ以外の家電品（エアコン・照明器具・温水便座など）に広く使用される。

送信データは制御側機器を区別する 20 ビットのカスタムコードと、任意長のデータコードから構成される。

カスタムコードのベンダーへの割り当ては、財団法人家電製品協会が管理している。

- SONY フォーマット

主としてソニー製品に使用される。

7 ビットのデータコードと、5 から 13 ビットのデバイスコードにより構成されている。

3.1.3 赤外線リモコンフォーマットの実際についての検証実験

以下に列挙する 5 つの赤外線リモコンについて、「プリアンブル長」「極性」「0 を表すパルス幅（単位パルス幅）」「単位長に対する 1 を表すパルス幅の比」「リモコンのボタンを押下し続けた際の複数コマンドの送信間隔」「搬送波周波数」を計測した。

- SONY 製　型番：RM-J254　（SONY1）
- SONY 製　型番：RMT-D30　（SONY2）
- SONY 製　型番：RM-JD007　（SONY3）
- HITACHI 製　型番：C-RS4　（HITACHI）
- Panasonic 製　VIDEOplus+　（PANASONIC）

測定項目のうち「搬送周波数」以外の 5 つの項目は、赤外線リモコン受信モジュールの出力をオシロスコープで読み取ることにより測定した（図 3.3）。「搬送周波数」は、フォトトランジスタを使った回路を用いてリモコンの変調波を直接オシロスコープに表示させ、この波の周期を測ることにより測定した（図 3.4）。図 3.5 に、実際の測定に利用した機器を示す。

この測定の結果を表 3.1 に示す。また、リモコン「SONY3」「HITACHI」「PANASONIC」について、オシロスコープで読み取られた赤外線リモコン受信モジュールの実際の出力をそれぞれ図 3.6、図 3.7、図 3.8 に示す。

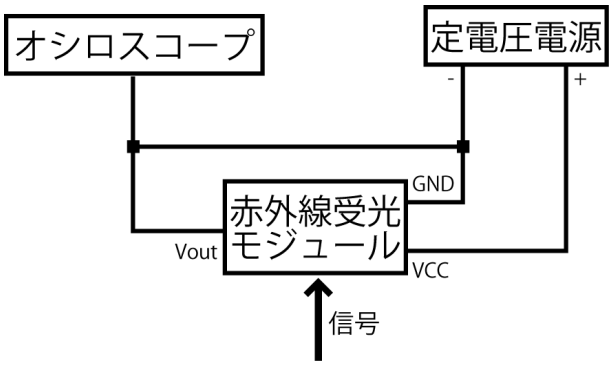

Fig. 3.3 「プリアンブル長」「極性」「単位パルス幅」「パルス幅比」「リモコンのボタンを押下し続けた際の複数コマンドの送信間隔」の測定に用いた回路

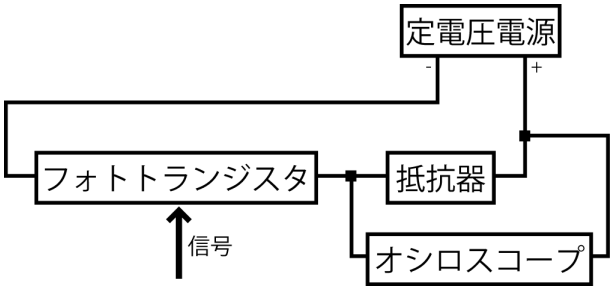

Fig. 3.4 「搬送波周波数」の測定に用いた回路

表 3.1 赤外線リモコンの送信波測定結果

リモコン	プリアンブル長	極性	単位パルス幅	パルス幅比	送信間隔	搬送波周波数
SONY1	2.47ms	Low	620μs	2 倍	25.8ms	40.000kHz
SONY2	2.48ms	Low	630μs	2 倍	19.46ms	37.736kHz
SONY3	2.45ms	Low	610μs	2 倍	25.8ms	40.161kHz
HITACHI	9.00ms	High	540μs	3 倍	※	37.736kHz
PANASONIC	3.52ms	High	424μs	3 倍	74.4ms	36.630kHz

※ 連続送信される二個目以降のコマンドが最初のコマンドと異なり、一定のタイミングに則ってコマンドの送信が開始されている（プリアンブルが一定のタイミングで現れる）ため、コマンド間の間隔は一定ではない。

3.1.4 リモコン信号のキャリア周波数に対する、受光モジュールの汎用性

一般に赤外線リモコン用受光モジュールとして販売している製品について、仕様上の変調周波数以外の信号をデコードすることがあるのか。ある場合の出力信号の信頼性がどの程度あるのかを検証した。

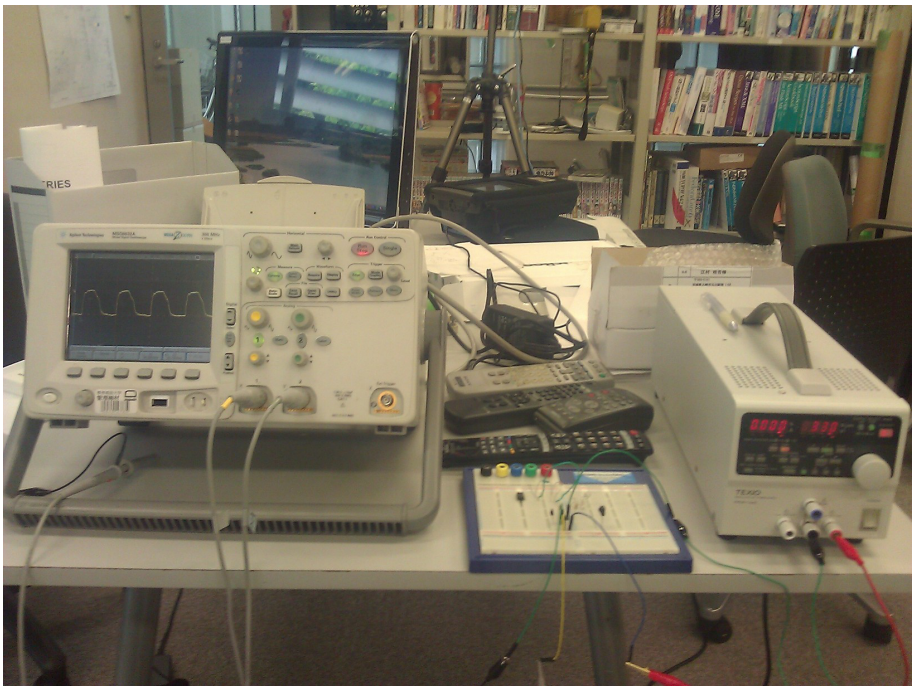

Fig. 3.5　実験機材（手前左側がオシロスコープ、右側が定電圧電源。中央のブレッドボードで回路を構成している。）

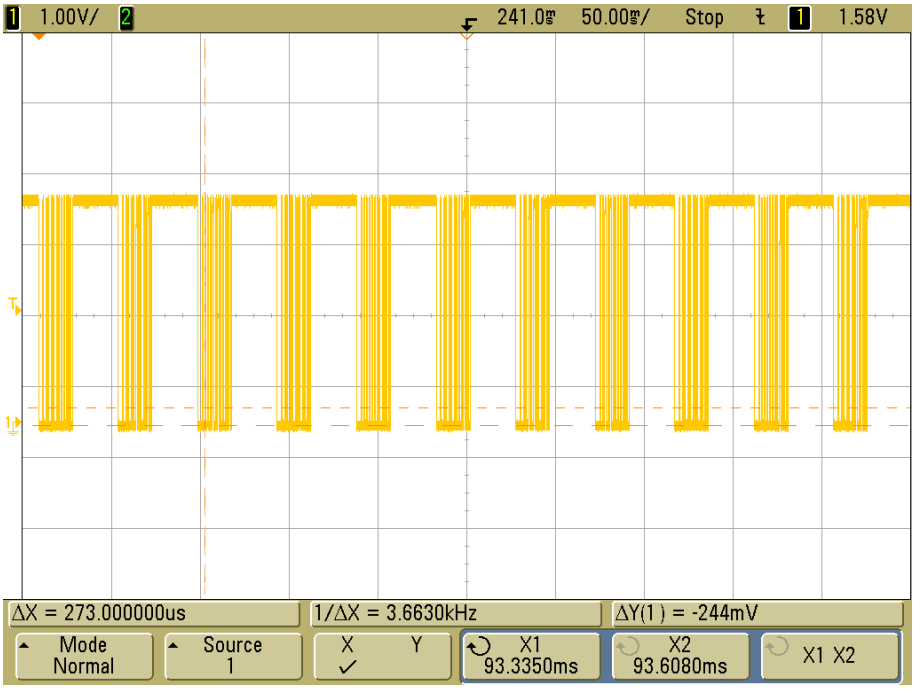

Fig. 3.6　「SONY3」赤外線リモコン受信モジュール出力

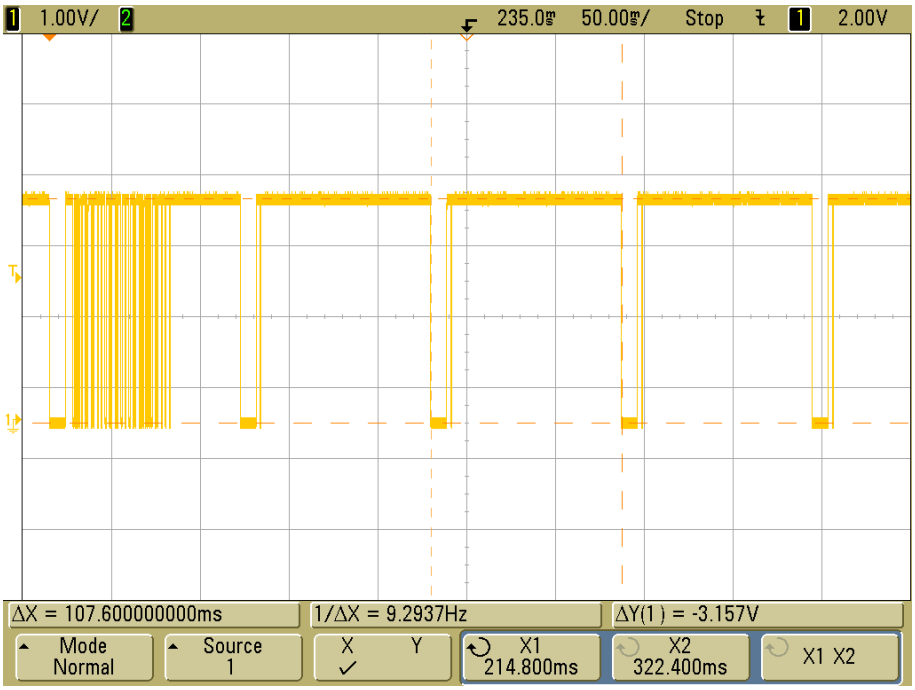

Fig. 3.7 「HITACHI」赤外線リモコン受信モジュール出力

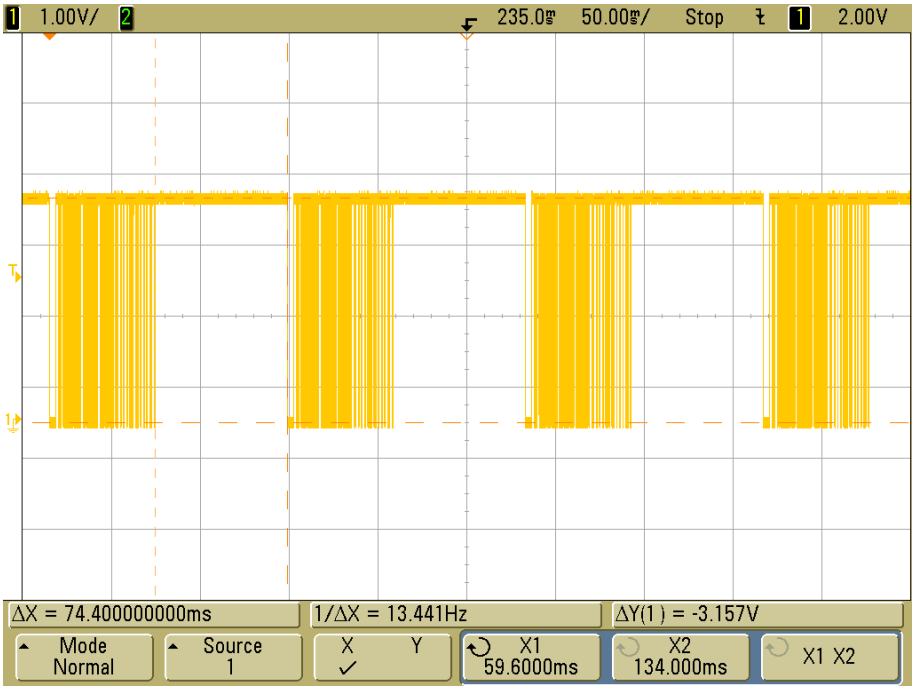

Fig. 3.8 「PANASONIC」赤外線リモコン受信モジュール出力

次節の実験と同時に実施し、問題なく受講可能である事を確認した。

Fig. 3.9　予備実験に使用したリモコン機器

3.1.5　複数のキャリア周波数に対するサンプリングレートの検討

キャリア周波数を変えた 600Hz の矩形波AM変調を信号発生器で行い、その波形を単一の赤外線リモコン受信モジュール PL-IRM1261-C438 で測定した。(fig. 3.10, fig. 3.11, fig. 3.12) これらから、日本国内で一般的なキャリア周波数については、サンプリングレートアンマッチによる歪みも大きな問題とはならず、 受光が可能である。

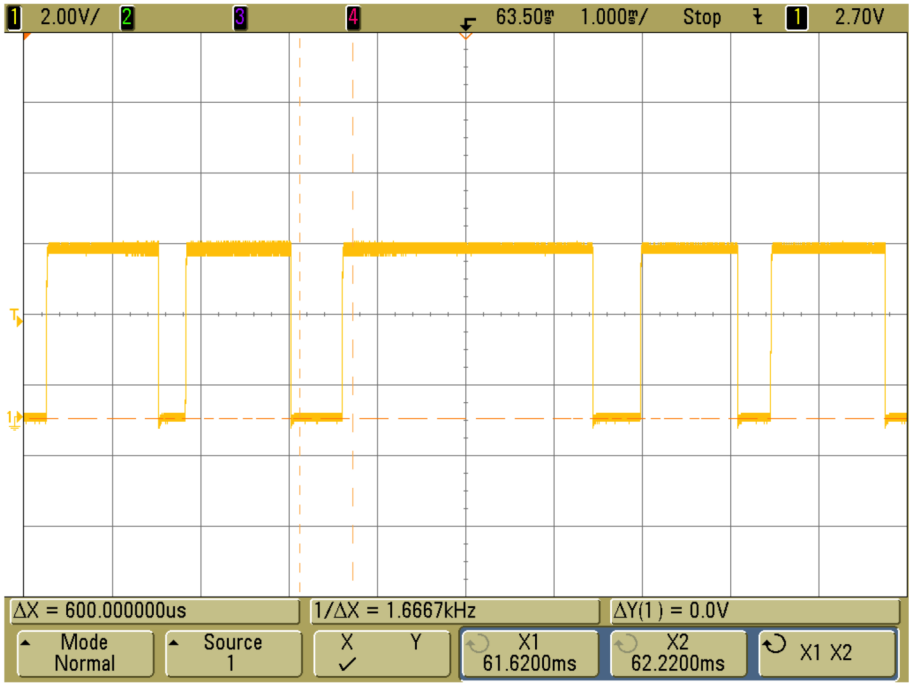

Fig. 3.10　キャリア周波数：27kHz

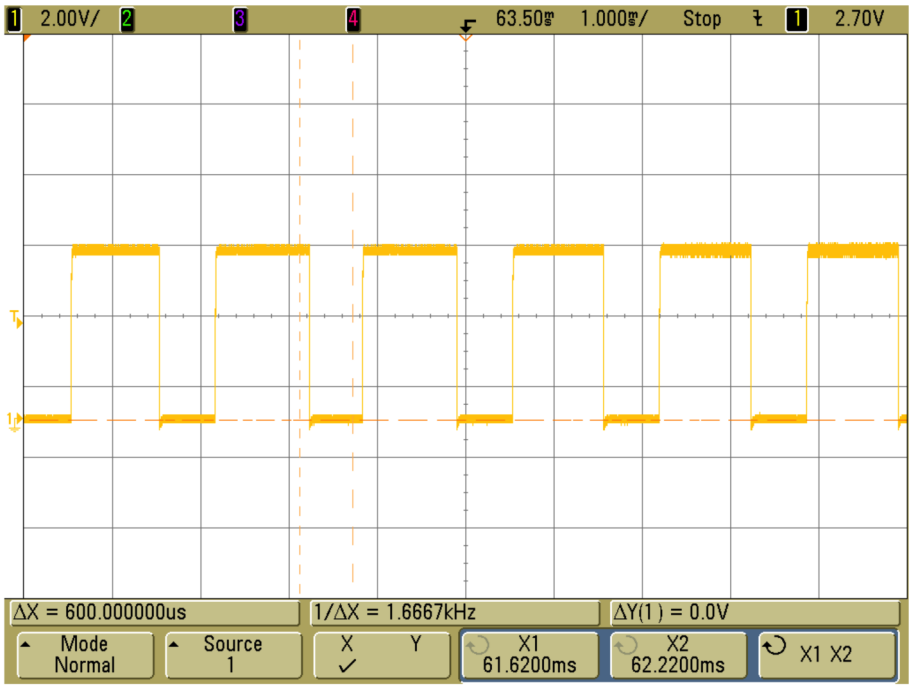

Fig. 3.11　キャリア周波数：37kHz

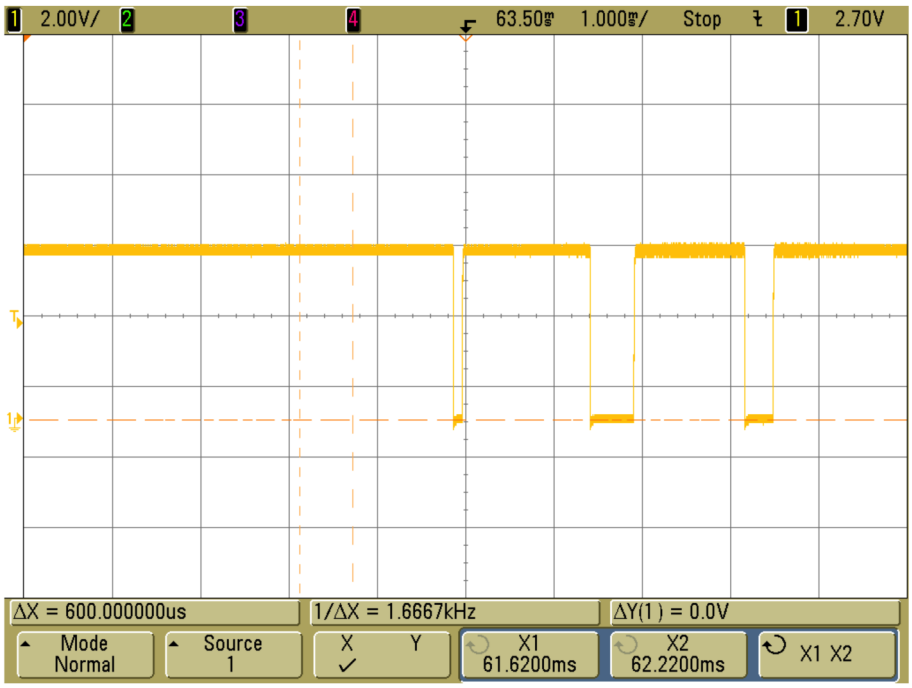

Fig. 3.12　キャリア周波数：52kHz

3.2 赤外線リモコン信号伝送フォーマットの検討

以下の方法について比較検討を行った。

- オーバーサンプリングによるリモコン信号波形データ送信
- パルス幅計測値として送信
- パルス幅計測値からバイナリデータにデコードして送信

リモコン信号の取得、再送信にあたっては、再利用性を考慮して可能な限り高解像度であることが望ましい。この点においては、サンプリングした元波形を用いるのが最適である。しかし、サンプリングデータは、一般的センサデータに比べデータサイズが大きく、センサネットワーク上においては、送信コスト及びボトルネックの存在が無視できない。そこで本システムでは、解像度とデータの軽量化を両立させるため、パルス幅シーケンスデータ方式を用いる事とした。

3.3 パターンマッチ

ローカルでデコードを行わずに送信するため、データの利用時には、パターンマッチによる信号の同定が必要である。またこの際、リモコン機器、環境要因などに起因する、読み取り信号の誤差を考慮する必要がある。

第 4 章

設計、及び実装

前章での検討事項を踏まえ、設計と実装を行った。

4.1 システム設計概要

本システムの概要を fig.4.1 に示す。

4.2 動作概要

今回のシステムでは、RACOW project で開発した情報システムを用いて赤外線リモコンから得られる情報を集約している。この情報集約の流れを説明する。

まず、情報を集約するためのデータベースを持つアプリケーション側から、赤外線モジュールと接続されているデバイスに対し subscribe のリクエストを送信する。

このリクエストはインターネットを通じて RACOW Gateway に至り、ここで CoAP の形式に変換され、Gateway に接続されている SINK を経て最終的に ZigBee ネットワークを通じて彼のデバイスに至る。

ここで用いられている CoAP は Internet Draft として策定作業中の通信プロトコルであり、パケットヘッダの簡略化などにより、低速な通信環境や性能が低い組み込み機器など、センサーネットワーク上での通信を想定したプロトコルである。加えて、HTTP と同様の応答マッピングを持つことにより、上流のウェブサービスとも親和性が高いプロトコルであるといえる。RACOW の情報システムでは、Gateway 以下センサネットワーク上での情報のやりとりにはこの CoAP の形式を用いている。

リクエストを受けたデバイスは、subscribe 受付の成否を以てこれに応答する。この応答はリクエストの時の丁度逆の手続きでアプリケーション側まで届けられる。

ここで subscribe が成功した場合は、今後 unsubscribe によって subscribe が解除されるまで

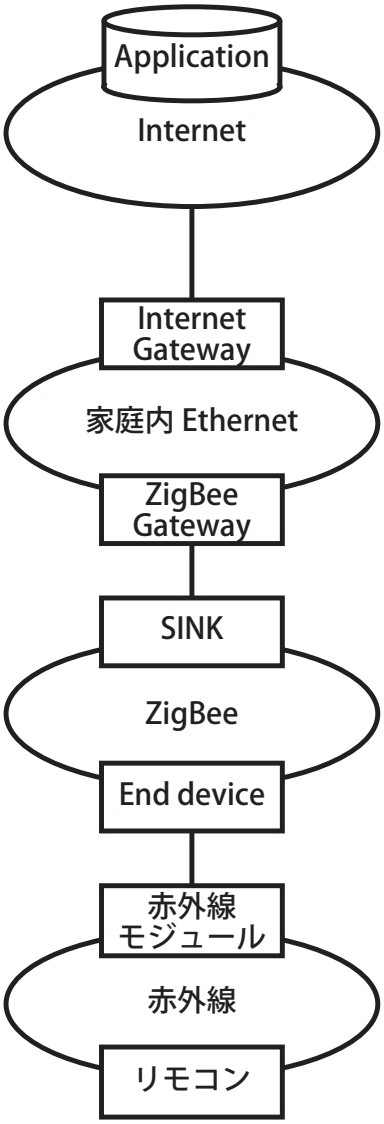

Fig. 4.1　システム全体図

の間、自動的にデバイス側からアプリケーション側にセンサデータ（今回のシステムでは赤外線リモコンの受信信号）が POST される。

POST されたデータは一般的にはデータベースに格納され、アプリケーションから参照できるようになる。

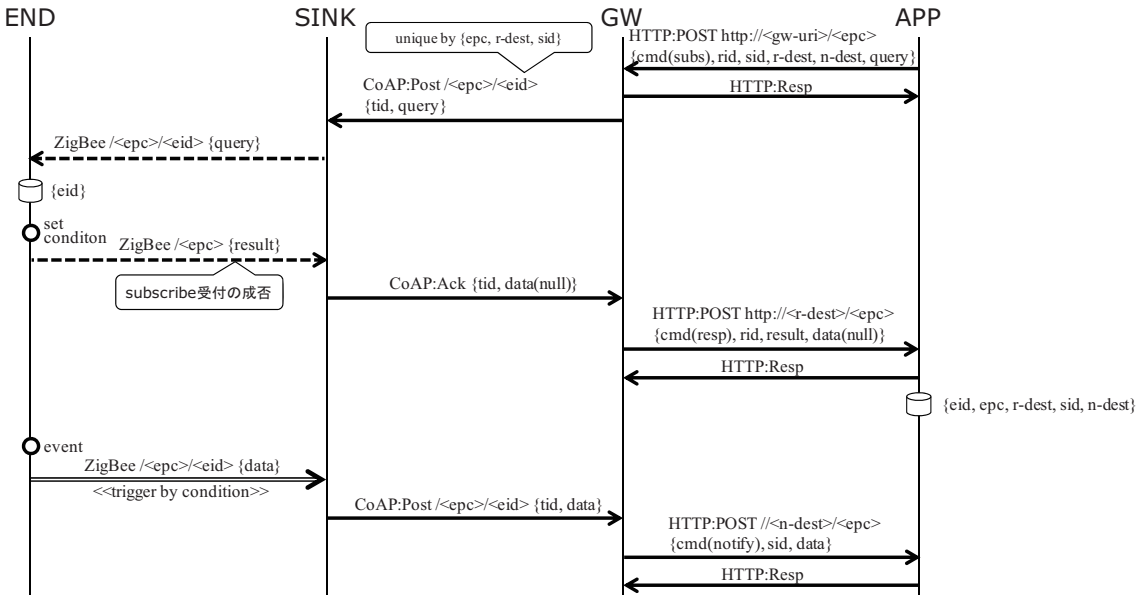

Fig. 4.2　システム動作シーケンス

4.3　システム構成要素

以下に、システムを構成する個々の要素のついての詳細を説明する。

4.3.1　赤外線モジュール（Arduino duemilanove , 赤外線リモコン受信モジュール）

このモジュールでは、赤外線リモコン受信モジュールからの入力を HIGH または LOW の値を取るデジタル入力を用いて取得する。常にこのデジタル入力の値をポーリングし、この値が HIGH から LOW、または LOW から HIGH に変化するタイミングを取得し、それを元にリモコンからの信号を検出するのが本プログラムの基本的な動作である。　リモコンからの信号が受信されない通常時は、このデジタル入力の値は HIGH である。

そこで、本プログラムは、起動後この値が HIGH である間は何も行わず、入力値が LOW に変化するのを待つ。入力値の LOW への変化を検知したら、その後再び HIGH の入力値が検知されるまでの時間を計測する。これによって、赤外線の信号が LOW であった期間を取得することができる。

続く HIGH の期間についても、信号が LOW に変化するのを検知するまでの時間を計測する。

同様にして、以降 LOW、HIGH、LOW と続いていく赤外線信号の各 HIGH と LOW のパルスの期間を取得し、配列に格納する。

リモコンの赤外線信号の終了は、HIGH が長期間検出されるようになったときにそれを無信号と見なすことで検出する。

このようにして一つの信号が取得されたら、その信号（連続する HIGH と LOW のそれぞれのパルス幅）を 16 進数の文字列で表し、シリアル通信で EndDevice に送信する。

パルス幅の測定は Arduino に搭載されている ATmega328 のタイマを用いて行っている。このタイマはクロック周波数 16MHz の 256 分周でカウントアップするよう設定されており、この値から計算すると、16 μ s 毎にカウンタが 1 増える。このカウンタの値は TCNT1 レジスタを参照することにより取得することができ、その値からパルス幅を計算することができる。

尚、この TCNT1 レジスタは 16bit の符号無し整数を格納しているが、この値を格納する先述の配列には、マイコンのメモリ制約の上で多くの値を保持するために 8bit の符号無し整数型の配列を用いている。このためカウンタの値が配列の一要素分の領域を溢れてしまう可能性があるが、そのような場合はその値を 0xFF に丸めて配列に格納している。

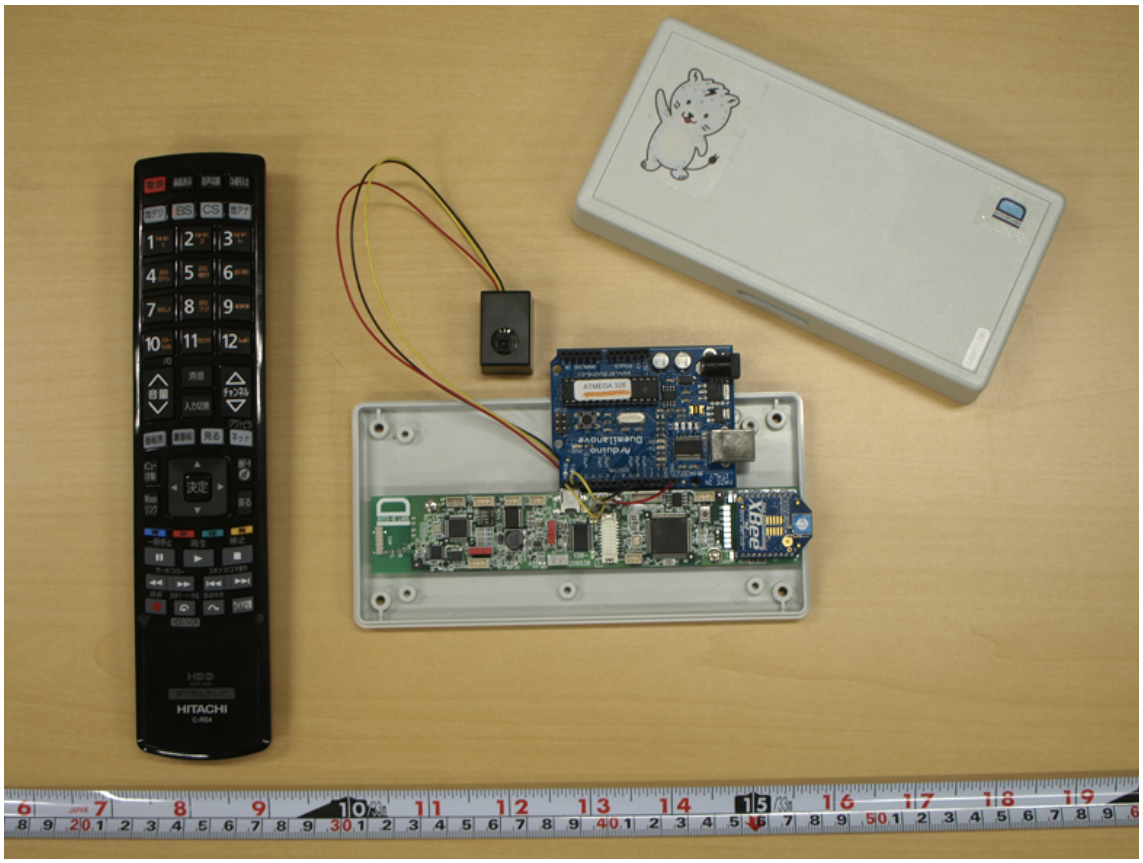

Fig. 4.3　赤外線モジュール

4.3.2 EndDevice（RACOW センサーボード）

EndDevice は赤外線モジュールから受信したデータを、CoAP パケットへと整形して SINK へ送信する。

EndDevie が起動すると、ネットワークに参加し最初に自動コミッションを行う。EndDevice は自身の ID を SINK へと送信し、SINK からの Ack を受信すると、ループ関数が開始し Application からの subscribe 要求を待つ。EndDevice は subscribe 要求を受けると必要なイベントを設定する。

EndDevice は赤外線モジュールからシリアル通信でデータを受信すると、赤外線情報の受信フラグを ON にし、また受信データをキューに保存、書き込み済み位置を受信データの末尾とする。

イベントフラグが ON の場合は該当するキューの読み出し開始位置から、書き込み済み位置までのデータを CoAP パケットに整形して SINK へと送信する。読み出し開始位置と書き込み開始位置が一致した場合、赤外線データ受信フラグを OFF にして次の赤外線モジュールからのデータ受信を待つ。

4.3.3 SINK（ConnectPort X4）

EndDevice から送信された CoAP パケットは、ZigBee ネットワークにおける ZigBee Coordinator の役割を果たす SINK に集約される。

SINK は、受信した CoAP パケットの先頭に 16 進数で A5A5 と表される 2byte のヘッダ及び 4byte の整数で表されるデータ長を付加し、これをシリアル通信によって RACOW Gateway に送信する。ここで付加されるデータは、Gateway がシリアル通信で受け取ったデータから個々の CoAP パケットを取り出すために用いられる。

4.3.4 RACOW Gateway（Alix）

Gateway の役割は、上流のアプリケーションと下流のデバイスとの間での通信の仲介である。具体的には、SINK 側からシリアル通信を経て流入する CoAP データの解釈及び HTTP を用いてのそのデータの上流への転送、またその逆である。また、各デバイスのサブスクライブの管理もこの Gateway で行われる。

他にも、ホームネットワーク上に存在するデバイスの管理を行うホームサーバのオートコミッ

ション管理に関わる情報もデバイス〜ホームサーバ間で仲介する。

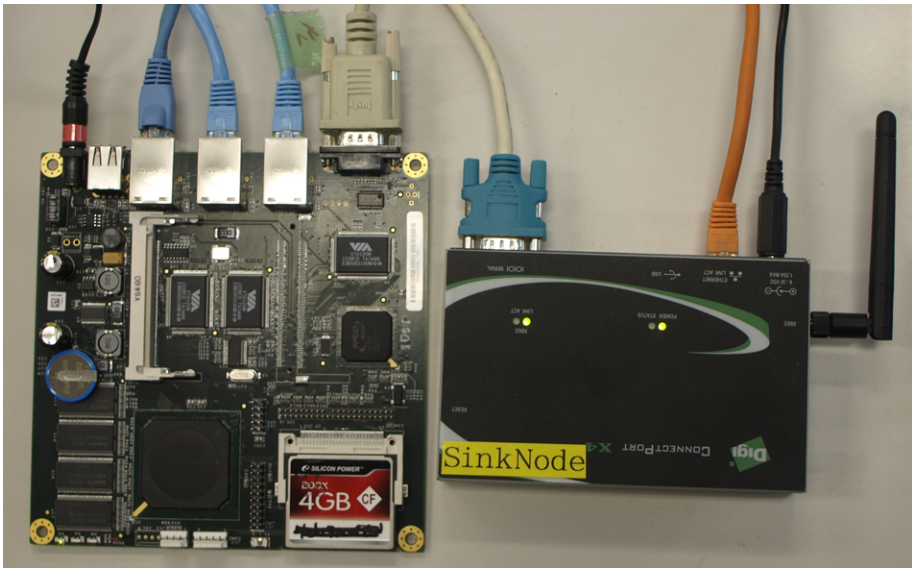

Fig. 4.4 Gateway + SINK

4.4 パターンマッチ

- 時間誤差の吸収
- 未知のデータに対するふるまい

受信された赤外線リモコンの信号が、「どの機種」の「どのコマンド」であるのかを推定/判別する手法について説明する。 今回実装したアルゴリズムは、入力として判別対象のリモコン信号が得られると、複数の既知の信号パターンから最も入力された信号に近いものを選び、それと同じ信号が受信されたものと判断する。今回は、入力信号とパターン信号との間で 1byte 毎にそれらの差を計算し、これらの差を全 byte について合計した値の絶対値が最も 0 に近くなるパターン信号が、最も入力に近いパターンであるとしている。このように、本手法では入力信号とパターン信号との間の距離に基づく尤度推定により信号の判別を行うので、入力信号に何だかの誤差が含まれている場合でも、複数のパターン信号間の距離に対してこの誤差が充分に小さければ正しく信号を判別することができる。 尚、既知のパターン信号のいずれからも一定以上の距離を持っている信号が入力された場合は、その信号は未知のものであると判断する。

第 5 章

評価：本機構の実現した機能

5.1　IR パルス幅シーケンスデータによるリモコン信号判定実証

リモコンのパルス幅シーケンスデータを用い、各種リモコンの情報を収集することの実現性を実験によって確認する。本実験では、規範となるパルス幅シーケンスデータをあらかじめ取得し、これに対して対象装置からの信号および判定誤りの原因となる他制御信号、他機器からの信号の実測収集データと相関させる。提案する手法がうまく機能する場合には、狙った信号が到来した場合にのみ、規範信号との間で強い相関を示し、他信号に対しては弱い相関を示すようになる実験は fig. 5.1 に示す。規範信号は、赤外線データを 50 回取得しその平均値として求めた。規範信

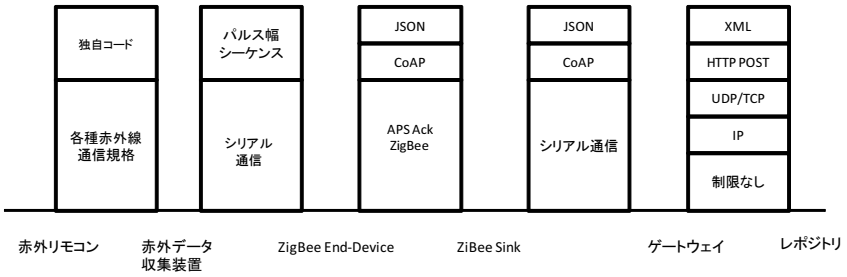

Fig. 5.1　リモコン信号判定実験のフロー

号と同じ機器の違う信号や、他機器の信号も同様に 50 回送信して、データベースに蓄積し、規範信号とのバイト毎の誤差を集計して判別した。この誤差は、測定したパルス幅シーケンスとの差分である。測定した機器を表 5.1 に示す。fig. 5.2 は SONY の TV 1ch 信号を規範信号とした際の、その信号、同じＴＶの違うチャネルの IR 信号、日立ＴＶの IR 信号、そして三菱エアコンの IR 信号の信号誤差を表したものである。この信号誤差は、パルス幅の長さを表す 1 バイト情報の差分を絶対値で表して、規範信号全体に対して総和を取って求めた (fig. 5.2, fig. 5.3)。図中示されているように、提案する手法によれば、簡単な誤差解析によって遠隔値にある赤外線リモコンの情報を正確に弁別することができる。横軸が対数になっていることが示しているように、

表 5.1　実験で使用した赤外線リモコン装置とボタン

メーカ	機器	ボタン
SONY	TV (Bravia)	ch 1
SONY	TV (Bravia)	ch 8
SONY	TV (Bravia)	ch 12
Hitachi	TV (Woo)	ch 1
Hitachi	TV (Woo)	ch 8
Hitachi	TV (Woo)	ch 12
Mitsubishi	エアコン	電源オン
Mitsubishi	エアコン	暖房
Mitsubishi	エアコン	冷房

ターゲットとする機器と規範信号の誤差は、同一機器の場合で約 1/10 倍程度、他メーカの機器や、異なる機器とは 1/100 倍、1/1000 倍というオーダで小さい。またこれらの測定データを観測すると、ターゲットとは異なる場合であっても、同一カテゴリ機器なのか，同一メーカの機器なのかは finger printing のようにして調べることもできそうである。

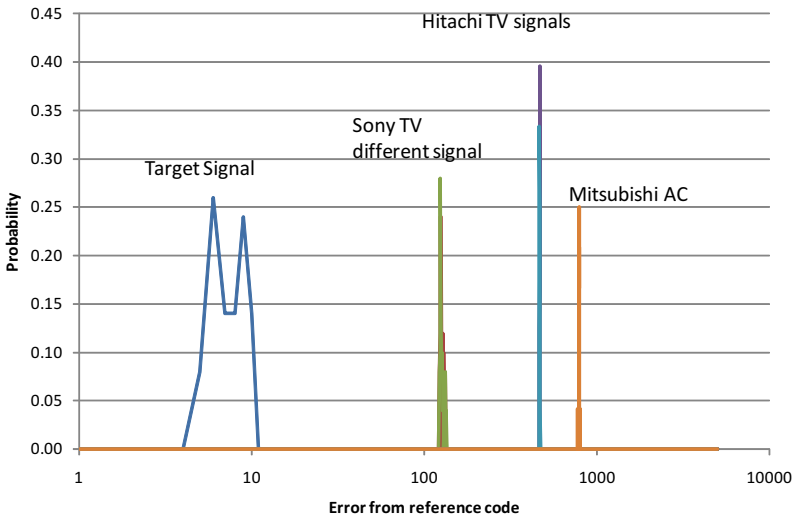

Fig. 5.2　リモコン信号の誤差分散

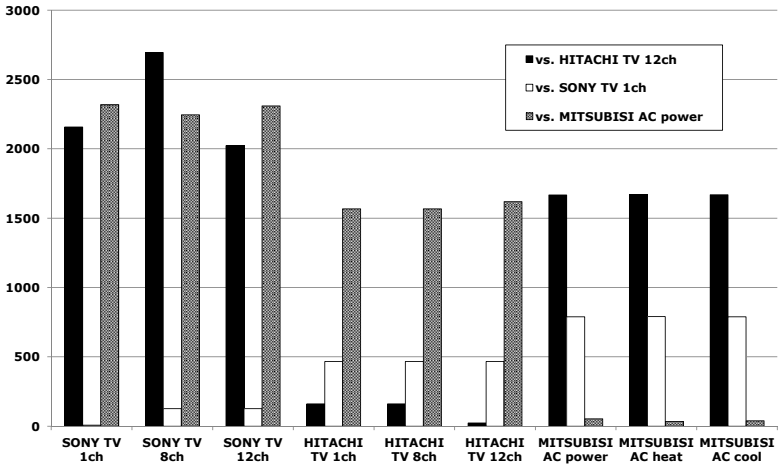

Fig. 5.3　リモコン信号の平均誤差

第 6 章

結論

本研究では、センサネットワークを用いて遠隔地の赤外線リモコン信号を収集し、これらの信号を規範信号と同定するできる事を示した。また、未知の信号においても、規範信号との演算によって、同一メーカーなどの関連性の有無を有意に示せることを示した。

謝辞

感謝、と言うよりむしろ、謝罪の謝辞の趣は濃くもありますが。

超人的な忍耐を持ってご指導いただきました慶應義塾大学環境情報学部准教授 三次仁博士と、彼の育てた Auto-ID の同僚たち
川喜田佑介博士，成瀬大亮, 廣瀬峻, 谷隆三郎, 苧阪浩輔, 佐藤泰介，佐藤龍，神谷尚保，田村哲郎，鈴木詩織，金仙麗，山口修平，杉本健一，米村茂，宮崎圭太，富田千智，山田真弘，廣石達也，齋藤俊，能島良和，小澤みゆき，佐藤友紀，横石雄大，五十嵐祐貴，Doan Hoai Nam，の各氏に感謝いたします.

学部時代より、半ば呆れながらも見守り続けて頂いた、
慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科長 徳田英幸博士，慶應義塾大学 環境情報学部長 村井純博士，同学部教授 中村修博士，同学部教授 武田圭史博士，同学部准教授 楠本博之博士，同学部准教授 高汐一紀博士，同学部准教授 植原啓介博士，同学部専任講師 重近範行博士，同学部専任講師 Rodney D. Van Meter 博士，同学部専任講師 中澤仁博士，慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科講師 羽田久一博士，同学科助教 中根雅文氏, 慶應義塾大学インフォメーションテクノロジセンター助教 鈴木茂哉氏，神奈川工科大学情報工学科准教授 稲葉達也博士，株式会社 IIJ イノベーションインスティテュート 宇夫陽次朗博士, 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科講師 斉藤賢爾博士、加えて、折田明子博士、三川荘子博士、水谷正慶博士, 工藤紀篤、熊木美世子、白畑真、久松剛、堀場勝広、三島和宏、松谷健史、中村友一、遠峰隆史、奥村祐介、金井瑛、空閑洋平、六田佳祐, 峯木厳, 黒宮佑介, 上原雄貴, 中村 遼, 内田 陽豪 の各氏を始めとする 村井研メンバに深く感謝いたします.

本論文執筆にあたり，村井純博士には主査を，中村修博士、三次仁博士には副査を、それぞれお引受頂きました。改めて深くお礼申し上げます。

p.s. paina, rac2, third, JM & JM, I'll never forget your love and friendship.

付録 A

日本国内で一般的に使用される赤外線リモコンフォーマット

A.1　NEC フォーマット

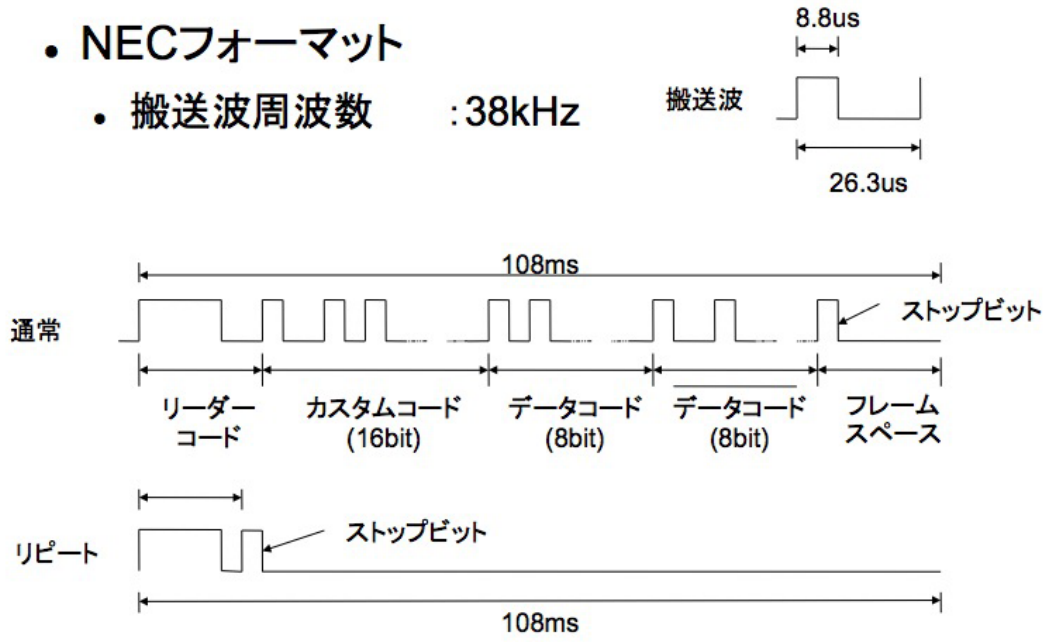

Fig. A.1　NEC フォーマット

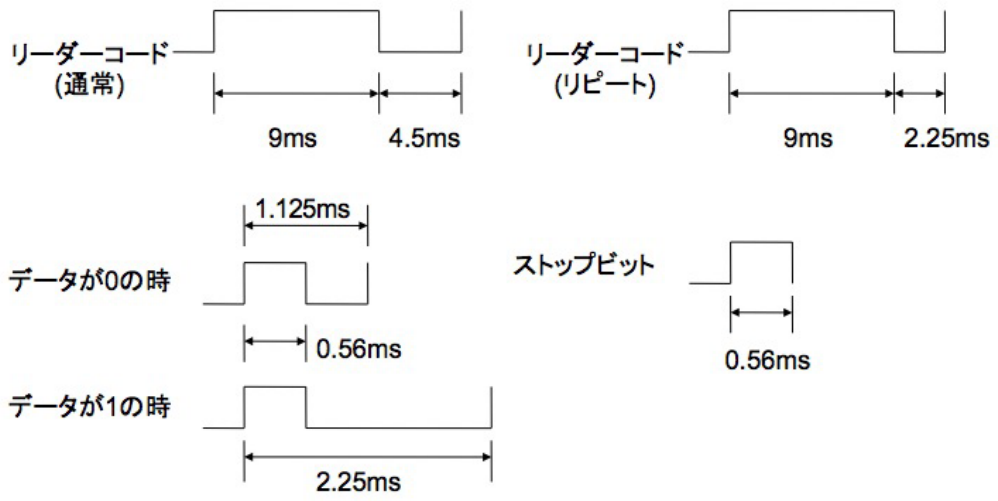

Fig. A.2　NEC フォーマット

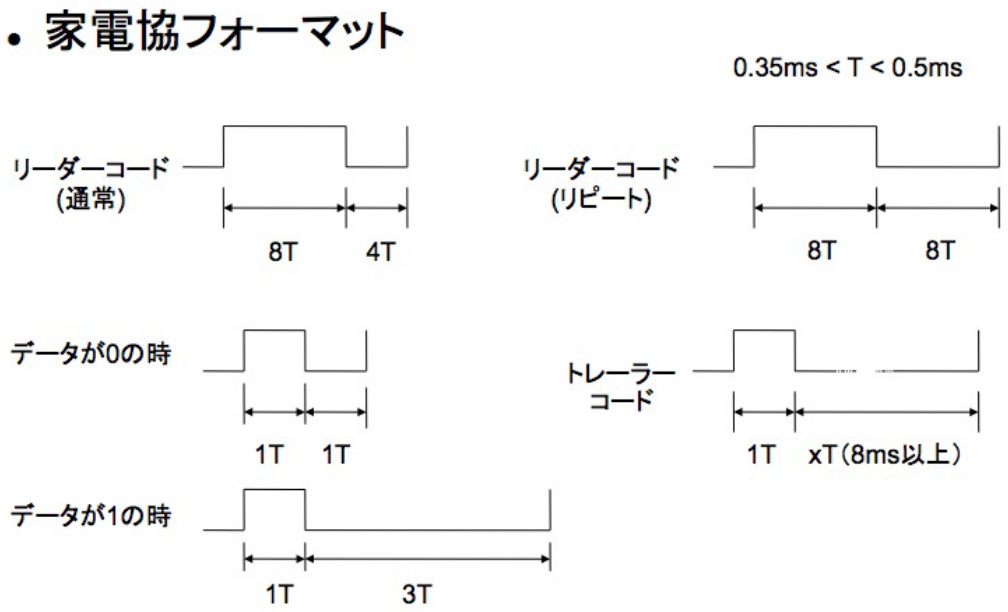

Fig. A.3　家製協 フォーマット

A.2　家製協 フォーマット

A.3　エンコードの極性

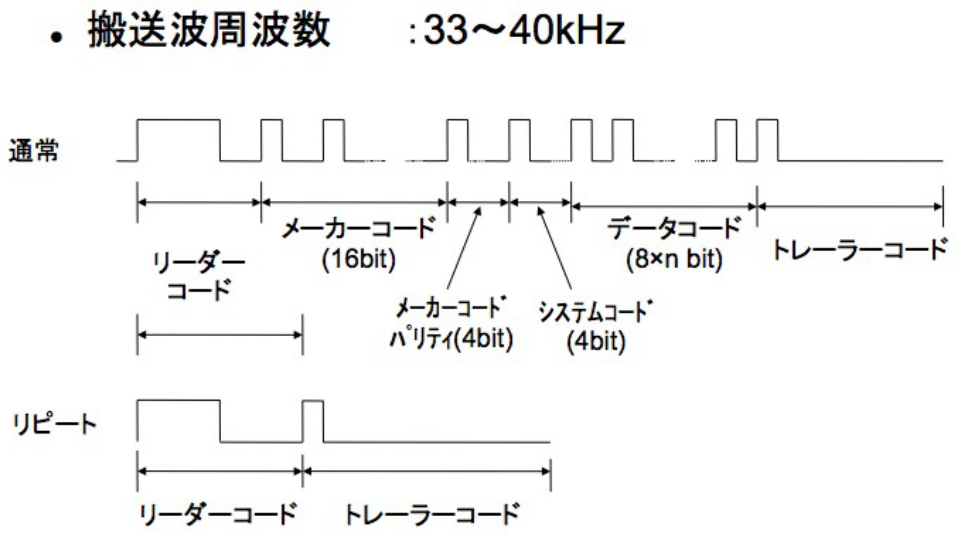

Fig. A.4 家製協 フォーマット

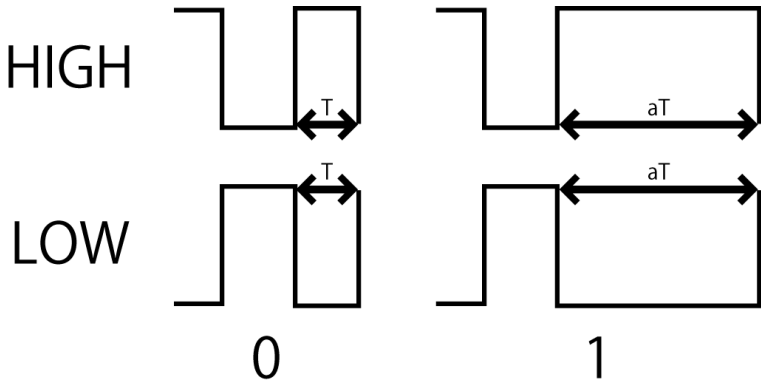

Fig. A.5 エンコードの極性概念図