

# コンピュータ工学特別研究報告書

## 題目

Raspberry Pi を用いたネットワーク機器の開発  
-IP 電話システム-

学生証番号 1245207

氏名 森岡 拓郎

提出日 平成 28 年 2 月 1 日

指導教員 蚊野 浩

京都産業大学  
コンピュータ工学部

## 要約

近年では、一般電話よりも IP 電話を利用する機会が増えている。その理由は、スマートフォンが普及し、LINE や Skype などの IP 電話アプリを簡単・安価に利用できるようになったからである。本研究では、Raspberry Pi を利用して、IP 電話システムを開発することにより、IP 電話のシステムを基礎から学習した。

Raspberry Pi は ARM 系 CPU と LAN や USB, GPIO などの周辺回路をワンボードに実装したカードサイズの CPU 基板である。Linux 系 OS が動作するため、数多くのソフトウェアを利用することができ、高度なシステムを比較的簡単に実現できる。本研究では、Raspberry Pi に SIP クライアントと SIP サーバを実装し、Raspberry Pi 同士での音声通話を実現した。

IP 電話システムで音声通話を行うためには、通話の開始・接続・終了を制御することと、音声信号を IP パケットとして送受信することが必要である。通話の開始・終了などの制御をセッション制御と呼ぶ。セッション制御の Protokol として SIP を用いる。音声パケットの送受信には UDP/RTP を利用する。IP 電話システムを構成する主たるソフトウェアは SIP クライアントと SIP サーバである。SIP クライアントは端末側で動作するソフトウェアである。これには、ユーザインターフェース、SIP サーバを介したセッション制御、音声信号の送受信機能が実装される。SIP サーバはユーザの登録、通信の接続・切断などを行う。

SIP クライアント、SIP サーバともに、フリーソフトウェアを利用した。SIP サーバソフトとして Asterisk がよく知られており、Raspberry Pi でも問題なく動作したので、これを利用した。SIP クライアントは数多くのソフトウェアが存在する。その中から、幾つかをテストし、Twinkle というソフトウェアを動作させることができた。これ以外に、Zoiper, Linphone をテストしたが、これらは正常に動作しなかった。システムを構築するために 2 台の Raspberry Pi を用意した。それぞれに 7 インチのタッチパネル付きディスプレイを接続した。一台には SIP クライアントだけを、もう一台には SIP クライアントと SIP サーバを実装した。これらを有線 LAN ケーブルでハブを介して相互接続したものを IP 電話システムとした。これらを使って音声通話を行ったところ、音質がやや悪く、通話に若干の遅延が存在したが、大きな問題なく通話することができた。

## 目次

1 章 序論	．．． 1
2 章 Raspberry Pi とネットワーク装置	．．． 3
2.1 Raspberry Pi の特徴	．．． 3
2.2 Raspberry Pi を利用したネットワーク装置	．．． 3
3 章 Raspberry Pi を用いた IP 電話システム	．．． 5
3.1 IP 電話技術の概要	．．． 5
3.2 SIP クライアント	．．． 5
3.3 SIP サーバ	．．． 7
4 章 IP 電話システムの構築と実験	．．． 8
4.1 SIP クライアントの実装	．．． 8
4.2 SIP サーバの実装	．．． 9
4.3 システムの構築	．．． 9
4.4 IP 電話端末の性能	．．． 10
4.5 考察	．．． 12
5 章 結論	．．． 13
参考文献	．．． 14
謝辞	．．． 14
付録 1～7	．．． 15～22

## 1章 序論

IP (Internet Protocol) 電話は IP を利用した電話である。インターネットを使って音声信号を伝える技術であるから VoIP (Voice over IP) と呼ぶこともある。本研究では Raspberry Pi を利用して IP 電話システムを試作した。

IP 電話は、一般の電話サービスと回線（通信のためのネットワーク）を利用する方法が異なっている。通常の電話サービスは、通話する一組の端末の間に一本の回線を確保し、端末間が接続されている間、他人がその回線を利用することができない。そのため、音声品質が確保された通話が可能である。デメリットとして、回線の利用効率が悪いサービスのコストが高い。

IP 電話は音声データをパケットと呼ばれる単位に分割し、IP 網を使ってデジタルデータとして伝送する。家庭用の IP 電話が利用するネットワークはインターネットである。インターネットを流通するデータの一部として音声パケットが流れる。さまざまな用途に利用される IP 網を使い、複数の音声データを混在させて通話することが可能である。従って、ネットワークを効率よく利用でき、サービスを低コストで提供することができる。デメリットとして、回線を占有せずパケットを時分割でばらばらに受送信するため、通話品質を確保することが容易でない。過去の IP 電話には通話品質が悪いという問題が存在したが、現在では一般電話よりも品質が良く、コストが低いものも存在する。

IP 電話の最大のメリットは、電話システムを構築することが容易で、コストが安いことである。IP 電話システムは IP 電話端末と IP 電話サーバ、通信ネットワークなどのハードウェア（機器）と、それらで動作するソフトウェアで構成される。これらの機器とネットワークは通常のパソコン、スマートフォン、通常のブロードバンド通信網である。ソフトウェアとして、端末で動作する SIP (Session Initiation Protocol) クライアントとサーバパソコンで動作する SIP サーバが必要である。これらのソフトウェアの多くは無料で入手することが可能である。そのため、システムを構築する費用が非常に安価になる。例えば、秋田県大館市では Asterisk（無料の SIP サーバソフト）を用いることで、電話システムの構築費用を 2 億円から 820 万円にコスト削減に成功したという事例がある[1]。これは IP 電話を導入する際、商用の SIP サーバではなく、オープンソースの SIP サーバを選んだからである。また、庁舎間の連絡を一般電話から IP 電話に切り替えたことによって、年間 400 万円のコスト削減になった。

本研究の目的は、このような IP 電話システムを Raspberry Pi を用いて自作

することで、IP 電話システムの技術やネットワークシステムの構築技術の基本を学ぶことである。今回の開発では 2 台の Raspberry Pi を用いる。2 台に SIP クライアントを実装し、その一方に SIP サーバも実装する。そして SIP クライアントを実装した Raspberry Pi 端末間で音声通話を実現することが目標である。

本論文は以下のように構成される。2 章では Raspberry Pi の特徴や開発可能なネットワーク装置について述べる。3 章では Raspberry Pi を用いた IP 電話システムについて述べる。4 章では実験結果と考察を述べる。最後に 5 章で結論を述べる。

## 2章 Raspberry Pi とネットワーク装置

この章では、Raspberry Pi の特徴と Raspberry Pi を利用して開発されたネットワーク装置の事例について説明する。これらの事例を調査することで、Raspberry Pi で実現可能なネットワークシステムについて理解を深めることができる。

### 2.1 Raspberry Pi の特徴

Raspberry Pi は、英ケンブリッジ大学の教授らが設立したラズベリーパイ財団が開発した名刺サイズの CPU ボードである。この CPU ボードを使用することで、子供や学生にコンピュータ技術を学ばせ、プログラミングの知識や技術を身につけることを目的としている。若年層や発展途上国でも容易に入手できるようにするため、非常に安価な装置になっている。

Raspberry Pi は、ディスプレイ・キーボード・マウスを接続することで、パソコンとして利用することができる。USB 端子など標準的な周辺機器を接続するコネクタのほかに、ボード上に幾つかのコネクタや I/O 端子を備えている。これらを使って専用回路を制御するなど、組込み機器の制御基板として利用することが可能である。このように、安価に入手できることと幅広い拡張性があるため、世界中の人々が様々な用途に Raspberry Pi を利用している。

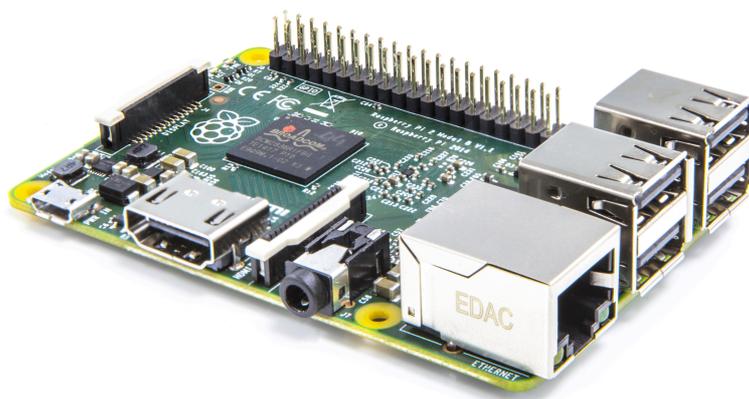


図 1 Raspberry Pi 2 TypeB の外観

### 2.2 Raspberry Pi を利用したネットワーク装置

Raspberry Pi は有線 LAN・無線 LAN に容易に接続することができる。この特徴を利用して、さまざまな組込型のネットワーク装置が試作されている。そ

これらの例を調査した。以下で、その一例について報告する。

まず、SIP サーバを Raspberry Pi に組み込んだ IP 電話システムは、よく知られている。この例では、Raspberry Pi に Asterisk をインストールし、SIP サーバとして活用している。SIP クライアントソフトを iPhone や Android 端末及び Windows PC などにインストールし、端末間で IP 電話通信が可能である。

Raspberry Pi を SIP サーバにする例は、上記のような構成が数多く存在するが、SIP クライアントを Raspberry Pi に組み込んで一つの電話端末として構成している例は、ほとんどなかった。

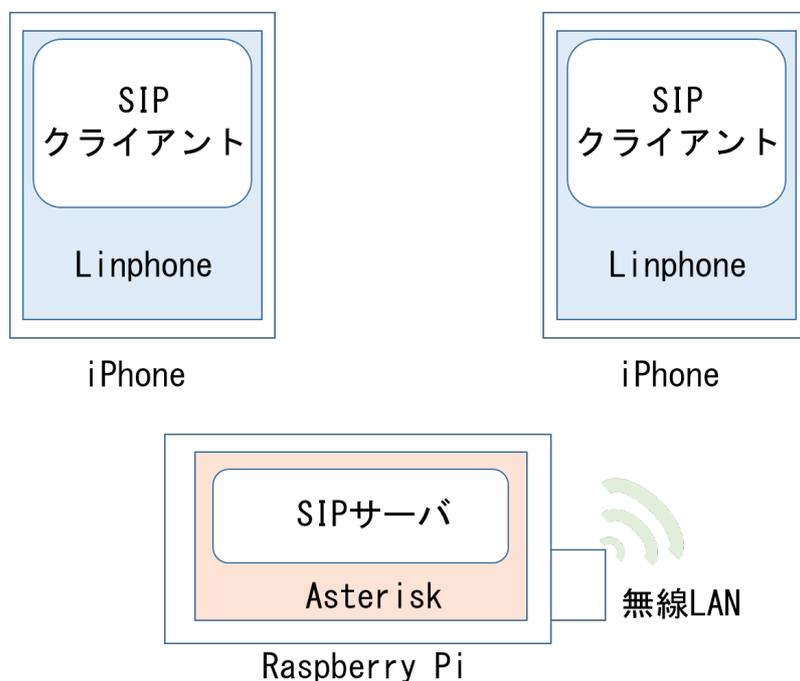


図2 Raspberry Pi を使った IP 電話システムの例

上の図は上記の IP 電話システムを表したものである。Raspberry Pi に Asterisk, iPhone に SIP クライアントアプリ Linphone を実装している。この3つの端末は無線 LAN で通信をし、同一 LAN 圏内ならどこにいても通話可能である。

### 3章 Raspberry Pi を用いた IP 電話システム

#### 3.1 IP 電話技術の概要

IP 電話は、既存の電話回線ではなく、パケット通信プロトコルの IP (Internet Protocol) を利用して提供される電話サービスである。プロトコルとは、ある目的を実現するための手順であり、インターネットでウェブを閲覧したり、メールをやり取りする仕組みも、そのためのプロトコルに基づいている。そして、インターネットもしくはインターネットと同じ仕組みのネットワークのことを IP ネットワーク (または IP 網) と呼ぶ。

IP 電話は、音声をデジタルデータに変換し、パケットと呼ばれる単位に分割した上で、IP ネットワーク上を通話相手まで送ることで音声通話を行う。音声通話のためのアプリケーションレベルのプロトコルとして SIP を用いる。SIP は、通話の開始・終了などを制御するセッション制御プロトコルである。これに対して、音声信号を伝送するプロトコルは RTP (Real-time Transport Protocol) が一般的である。RTP は UDP (User Datagram Protocol) の通信プロトコルをベースとしている。RTP/UDP は、データの信頼性よりも、リアルタイム性を重視する VoIP に適したプロトコルである。これらのプロトコルは、図 3 に示すように階層構造になっている。

図 3 IP 電話システムに利用されるプロトコル

	セッション制御	音声データ
アプリケーション層	SIP	RTP
トランスポート層	UDP	UDP
インターネット層	IP	
ネットワーク インターフェイス層		

#### 3.2 SIP クライアント

SIP は、汎用のセッション制御プロトコルとして開発されたアプリケーション層のプロトコルである。これは、IP ネットワークを使って音声・映像・テキストメッセージなどの交換を行うために、アプリケーション層において必要な通信経路の生成・変更・切断を行うためのプロトコルである。このように生成・

変更・切断する一つの通信経路のことをセッションとよぶ。SIP は HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) をベースにして開発されている。HTTP は、その下層のトランスポート層の protocols として信頼性の高い TCP を使用しているが、SIP では基本的には UDP を使用している。商用では TCP が使用する場合もある。

SIP はインターネットを使った電話サービスやテレビ電話、インスタントメッセージなど、双方向のリアルタイム通信に利用されている。音声データのリアルタイム通信では基本的に通信者は対等であり、サーバとクライアントの役割は存在しない。SIP を使用したシステムは SIP サーバと SIP クライアントの2つのソフトウェアが協調して動作する。これらは図4のステップで動作することで、SIP クライアント同士の通信を行う[5]。

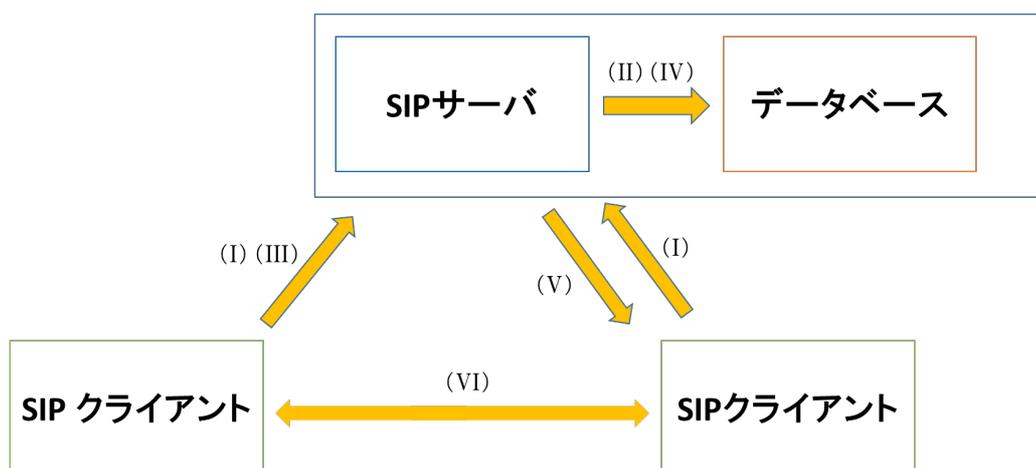


図4 SIPの通信手順

図4における(I)から(VI)は次の動作である。(I)~(II)は接続されたSIPクライアントをSIPサーバに登録する手順である。(III)~(VI)はSIPクライアント間で通信を開始する手順である。

- (I) SIPクライアントが起動すると、クライアント自身の識別情報や、IPアドレスなどの登録メッセージをSIPサーバへ送信する。
- (II) SIPサーバは、SIPクライアントの登録メッセージ情報をデータベースに登録する。
- (III) 通話を開始するSIPクライアントは、相手の識別情報を指定した発信メッセージをSIPサーバへ送信する。

- (IV) SIP サーバは、データベースの情報を検索して、指定された識別情報に対応する IP アドレスへ発信メッセージを転送する。
- (V) 着信した SIP クライアントは応答メッセージを SIP サーバへ返し、SIP サーバはそれを発信元 SIP クライアントへ転送する。
- (VI) 一連の流れによって、お互いの SIP クライアントはメッセージ中に含まれていた相手の IP アドレスを知り、SIP サーバを介さずに音声のメディアストリーミングをリアルタイムで直接送信し合うことができる。
- このように、SIP クライアントは SIP プロトコルを使って、セッションの生成・変更・終了をする。そして、応答を受信、処理する役割を担っている。

### 3.3 SIP サーバ

SIP サーバは、SIP リクエスト (SIP プロトコルを使った要求) を処理する SIP エンティティ (SIP 機器) である。SIP クライアント同士は、直接、音声パケットを送信し合うことはできるが、通話の開始や終了などのセッション制御は SIP サーバを介してメッセージを交換することで行う。SIP クライアント同士が直接パケット通信するためには、相手の IP アドレスが判っていればよい。

## 4 章 IP 電話システムの構築と実験

この章では Raspberry Pi を用いて IP 電話システムを構築した手順と実験結果、および考察を記述する。

### 4.1 SIP クライアントの実装

SIP クライアントのアプリケーションソフトは多数開発されている。それらの中から、Raspberry Pi で動作可能であると考えられるソフトウェアを順次、試みた。それらのソフトウェアは Zoiper[2], Linphone[3], Twinkle である[4]。

Zoiper は Linux 用の SIP クライアントである。バイナリのオブジェクトコードが公開されている。Raspberry Pi の OS として Raspbian と Ubuntu の 2 つについて、Zoiper のインストールを試みた。どちらの場合もインストールができなかった。その理由は、公開されていた Zoiper の実行コードがインテル CPU 用のコードであったことが理由であると考えている。

次に Linphone を Raspberry Pi にインストールした。その手順は、

```
$ sudo apt-get install linphone
```

とターミナル上に入力するだけである。しかし、Linphone で通話を行うためにダイアルボタンを押すと、Raspberry Pi がフリーズするバグが見られた。その原因がはっきりせず、解決のめどが立たなかったため、Linphone ではない SIP クライアントを検討することにした。

Twinkle は、ホームページに公開されているファイルをダウンロードし、make を実行することでインストールができる。make を実行する前にいくつかのソフトをインストールしておく必要があり、その手順は複雑であった。しかし、調査の結果、Raspberry Pi の apt のソースリストを追記することによって、apt-get コマンドで Twinkle のインストールが可能であることがわかった。その詳しいインストール手順を付録に記述する。また Twinkle 内で USB マイクの設定が簡単に行えた。本研究では、SIP クライアントに Twinkle を採用した。

## 4.2 SIP サーバの実装

本研究では SIP サーバに Asterisk を使用した。Asterisk はオープンソースの IP-PBX ソフトウェアであり，主に Linux プラットフォームで動作する。オープンソースソフトウェアであるが，基本的な性能としては商用にも劣らず，SIP サーバに Asterisk を利用する企業もある。

Asterisk のインストール・設定手順は付録に記述する。また，本研究では 2 台の Raspberry Pi を用いているが，その中の 1 台に Asterisk をインストールした。

## 4.3 システムの構築

開発した IP 電話端末は，Raspberry Pi2 modelB，図 6 の USB ヘッドセット (BUFFALO マルチメディアヘッドセット BSHSUH11SV)，図 5 の 7 インチタッチパネル付きディスプレイ (Raspberry Pi 7 “Touch Screen LCD”) で構成されている。電源は携帯用 AC アダプタを用いて電力を供給する。2 台の IP 電話端末はハブを介して有線をつなぐ。開発した IP 電話システムに使用したソフトは Asterisk, Twinkle, matchbox-keyboard である。各ソフトの設定の仕方は付録に記載する。図 7 に開発した IP 電話システムの全体を示す。



図 5 7 インチタッチパネル付きディスプレイ



図 6 USB ヘッドセット



図 7 開発した IP 電話システム

#### 4.4 IP 電話端末の性能

本研究で開発した IP 電話端末間で音声通話が可能になった。体感的には、若干のノイズやタイムラグが見られた。しかし、通話は途切れることはなく、安

定して動作した。

IP 電話端末の SIP クライアントは Twinkle である。このソフトウェアは、ユーザインターフェースを含んだアプリケーションソフトである。その操作画面を図 8 に示す。Twinkle の GUI は、通常のパソコンで操作するようになっている。従って、7 インチのタッチパネルでは操作が難しかったり、画面を 7 インチに無理に合わせているため見にくいなどという問題がある。以上の問題点が見られたが、通話を行うという意味では、支障はなかった。

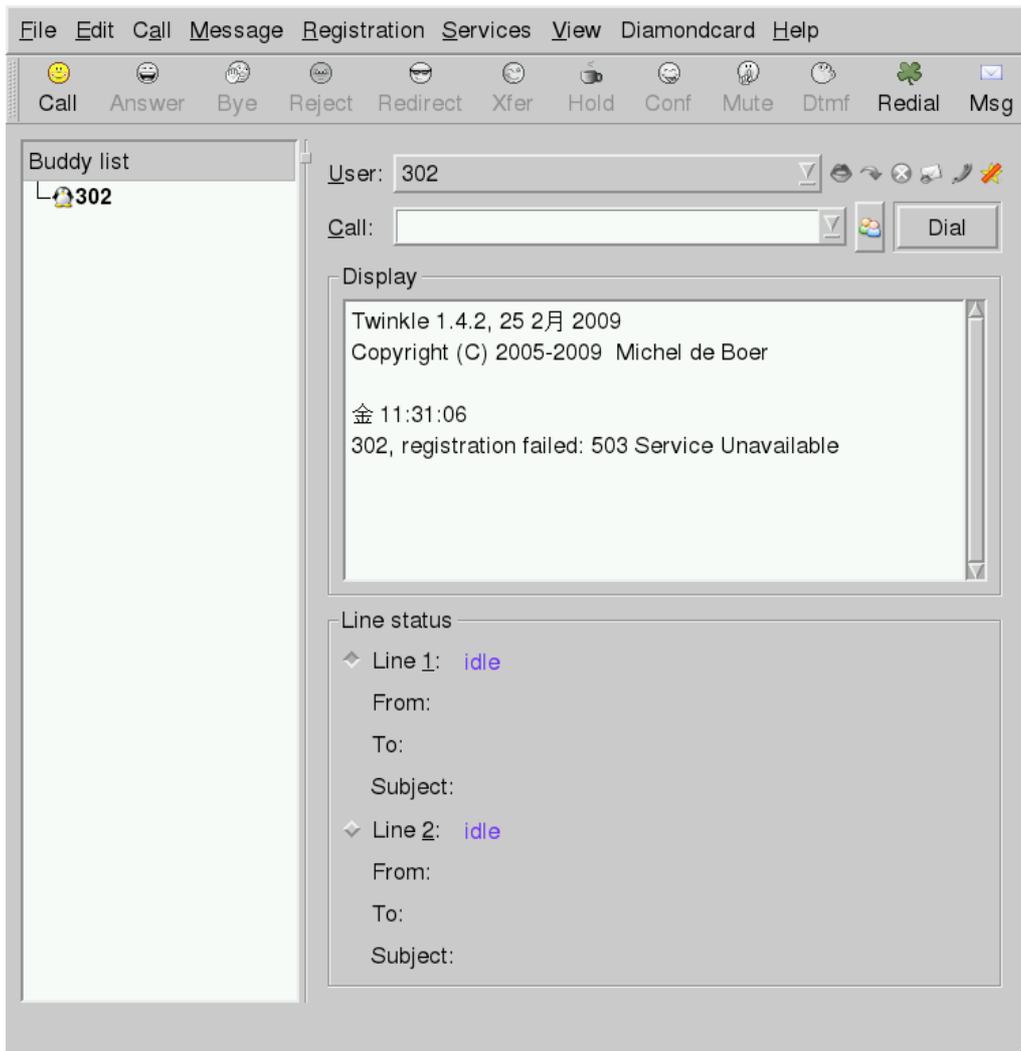


図 8 Twinkle の操作画面

#### 4.5 考察

Raspberry Pi を使った固定 IP 電話システムの音質は、予想していたよりもノイズがあった。Twinkle を提供している HP を見ると、Twinkle のサンプリングレートは 8kHz から最大 32kHz である。一般電話の帯域である 0.3kHz~3.4kHz に対して値が高いにも関わらず、実際にはもっと音質が悪いと感じた。この理由は十分に解析できていないが、ヘッドセットのマイクから入力する音質が不十分である可能性がある。

## 5 章 結論

本研究の結果, Raspberry Pi を使って IP 電話システムを開発することができた. LINE や Skype ほどの品質は確認できなかったが, この IP 電話端末であれば, 家庭内規模での IP 網なら問題なく音声通話を行うことが可能である. 今後, UI の強化や IP 網の拡張などができれば, 会社のオフィスの中や大きい建物中での通話が可能になるなど, 実用的な価値が付くと期待できる.

今回はディスプレイとして, Raspberry Pi 用の 7 インチ純正品を使用した. 安価な小型タッチパネルを採用すれば, より低コストな IP 電話端末を開発できる.

SIP はクライアント間でセッションの生成・生成・切断を行うだけのセッション制御プロトコルであり, セッション上で交換されるデータそのものについては定められていない. つまり, アプリケーションが, SIP によって制御されたセッション上で, 音声のやりとりを行えば IP 電話になり, 音声と映像ならばテレビ電話, テキストであればインスタントメッセージーとなり, 幅広い応用が可能である. 本研究では既存の SIP クライアントソフトを使用した, SIP クライアントを開発できれば, 電話だけではなく, テレビ電話などができる端末を開発可能である.

## 参考文献

- [1] 高橋 信頼, 「見積もり 2 億円の IP 電話を 820 万円で構築した秋田県大館市から学べること」, ITpro 2009 年 2 月 10 日 ,  
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/OPINION/20090209/324420/>
- [2] Zoiper の Web サイト, <http://www.zoiper.com/en>
- [3] Linphone の Web サイト, <http://www.linphone.org/>
- [4] Twinkle の Web サイト, <http://www.twinklephone.com/>
- [5] 米田正明, “電話はなぜつながるのか : 知っておきたい NTT 電話、IP 電話、携帯電話の基礎知識”, 日経 BP 社, 213p .

## 謝辞

本研究を進めるにあたり, 担当教授の蚊野先生に感謝致します. 丁寧かつ熱の入ったご指導本当にありがとうございました.

## 付録 1 : IP アドレス固定化手順

Raspberry Pi を SIP サーバとして機能させるには、初めに IP アドレスを固定させる必要がある。IP アドレスを固定化するためには `/etc/network/interfaces` を編集する。

`iface eth0 inet dhcp` の行を、`#` をつけコメントアウトする。  
その下に以下を追記する。

```
iface eth0 inet static
address 192.168.11.82
netmask 255.255.255.0
network 192.168.11.0
broadcast 192.168.11.255
gateway 192.168.11.1
```

Raspberry Pi を再起動すると IP アドレスが `192.168.11.82` で固定化されている。IP アドレスを固定化すると、インターネットに接続できないので、後の SIP ソフトをインストールする際や、ネットが必要になる場合は、コメントアウトした行の `#` をはずし、追記した行を `#` をつけてコメントアウトし再起動する。

## 付録 2 : Asterisk インストール手順

Raspberry Pi を SIP サーバにするために Asterisk をインストールする。  
ターミナルで

```
$ sudo apt-get install asterisk
```

と入力すると、Asterisk がインストールできる。  
インストールが完了すると、`/etc/asterisk` 中の設定ファイルを編集する。  
`sip.conf`, `extensions.conf` の中を一度すべて削除して以下を書き込む。

`sip.conf`

```
[general]
context=default
port=5060
bindaddr=0.0.0.0
language=ja
```

```
[301]
type=friend
defaultuser=301
secret=pass
canreinvite=no
host=dynamic
```

```
[302]
type=friend
defaultuser=302
secret=pass
canreinvite=no
host=dynamic
```

`extensions.conf`

```
[default]

exten => 301,1,Dial(SIP/301,30,r)
exten => 301,2,Hangup()
```

```
exten => 302,1,Dial(SIP/302,30,r)
exten => 302,2,Hangup()
```

`sip.conf` で 301 と 302 の識別情報を作成する。`extensions.conf` は発着信の応答の設定を記述している。

設定ファイルを編集した後は、ターミナルで

```
$ sudo /etc/init.d/asterisk restart
```

と入力すると Asterisk が再起動し、設定ファイルを読み込む。

### 付録 3 : Twinkle のインストール手順

SIP クライアントソフトである Twinkle をインストールするにはレポジトリを追加する必要がある。 /etc/apt/sources.list に以下の行を追加する。

```
deb http://http.us.debian.org/debian stable main contrib non-free
deb-src http://ftp.debian.org/debian stable main contrib non-free
```

保存し、 Raspberry Pi を更新する。

```
$ sudo apt-get update
```

このままだと公開鍵エラー (GPG ERROR) が発生する。 原因は対象リポジトリの公開鍵を信頼していなかった為である。

```
$ sudo apt-key list
```

上記のコマンドでエラーになった信頼されていない鍵がリストに載っていないことがわかる。

解決策として鍵サーバより鍵をダウンロード・インポートし、 apt-key にエクスポートする。

```
$ sudo gpg --keyserver subkeys.pgp.net --recv-keys xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

```
$ sudo gpg -a --export xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx | apt-key add -
```

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx はエラーになっている鍵である。

この後は apt-get update コマンドは正常実行されるが、念の為、 鍵リストが更新されていることを確認する。

```
$ sudo apt-key list
```

update が完了したら twinkle をインストールできるようになる。

```
$ sudo apt-get install twinkle
```

#### 付録 4 : Twinkle 設定手順

ここでは, Twinkle を利用して, IP 電話を行うために, /etc/asterisk/sip.conf(付録 2)の識別情報や IP アドレス (付録 1) をアカウントに設定し, SIP サーバに登録する必要がある.

ユーザ名 : sip.conf の中の [ ] 内 (301, 302)

ドメイン : IP アドレス (SIP サーバになる Raspberry Pi の IP アドレス)

パスワード : sip.conf の中の secret= の後の記述している単語 (付録 2 なら pass)

以上の情報を入力し, アカウントを設定すると, 自動的に SIP サーバに認証が開始される. 入力に誤りがなければ, レジストされ通話可能な状態になる.

しかし, まだ現段階では USB ヘッドセットを接続していても音は出力されない. さらにマイクも機能していないので, Twinkle で設定する必要がある. Twinkle の画面から, Edit → System settings を選択すると, Twinkle の設定画面が表示される. Audio を選択し, Sound Card 内の Ring tone, Speaker, Microphone の 3 項目を USB ヘッドセットに選択する.

以上で, Twinkle で IP 電話ができるようになる. 通話するには, Raspberry Pi とほかの SIP クライアントソフトがインストールされた PC (本研究では Mac Book Air) にハブを介して有線をつなげる. また, PC 側の SIP クライアントソフトのアカウント設定では Raspberry Pi の sip.conf にある識別情報と PC の IP アドレスを用いて設定し, レジストする. このとき, 設定する識別情報はかぶらないようにする (Raspberry Pi で 301 を登録したなら, PC の方では 302 を登録する). 相手のユーザ名を入力して, Dial ボタンを押すと, 通話ができる.

## 付録5：ソフトウェアキーボードのインストール

キーボード・マウス・モニターを接続して Raspberry Pi を操作することは可能であるが、タッチパネルディスプレイ利用することで、固定電話らしい見栄えに近づけることができる。タッチでは文字を入力できないので、画面上にキーボードを出力するソフトウェアキーボードインストールする必要がある。

まず、ソフトウェアキーボードの関連パッケージをインストールする。

```
$ sudo apt-get install libfakekey-dev libpng-dev libxft-dev autoconf libtool
```

次に matchbox-keyboard の make とインストールをする。

```
$ git clone https://github.com/mwilliams03/matchbox-keyboard.git
```

```
$ cd matchbox-keyboard
```

```
$ ./autogen.sh
```

```
$ make
```

```
$ sudo make install matchbox
```

次にライブラリをインストールする。

```
$ sudo apt-get install libmatchbox1
```

次にシェルスクリプトを作成する。

```
$ sudo nano /usr/bin/toggle-matchbox-keyboard.sh
```

```
#!/bin/bash
#This script toggle the virtual keyboard

PID=`pidof matchbox-keyboard`
if [ ! -e $PID ]; then
    killall matchbox-keyboard
else
    matchbox-keyboard -s 65 extended&
fi
```

保存し、次にシェルスクリプトのパーミッションを設定する。

```
$ sudo chmod +x /usr/bin/toggle-matchbox-keyboard.sh
```

次にスタートボタンに登録する。

```
$ sudo nano /usr/local/share/applications/toggle-matchbox-keyboard.desktop
```

```
[Desktop Entry]
Name=Toggle Matchbox Keyboard
Comment=Toggle Matchbox Keyboard
Exec=toggle-matchbox-keyboard.sh
Type=Application
Icon=matchbox-keyboard.png
Categories=Panel;Utility;MB
X-MB-INPUT-MECHANSIM=True
```

保存し，次に起動設定を行う．

```
$ cd
```

```
$ sudo nano ~/.config/lxpanel/LXDE-pi/panels/panel
```

```
Button {
    id=/usr/local/share/applications/toggle-matchbox-keyboard.desktop
}
```

保存し再起動する．

## 付録 6 : 自動ログイン設定

起動するたびにログインし、SIP ソフトを起動することは面倒である。起動したらすぐ電話ができる状態になることが望ましい。Raspberry Pi に自動でログインし、必要なソフトを自動的に起動する設定を行う。

初めにターミナルを起動し、以下を入力する。

```
$ sudo nano /etc/inittab
```

以下の行を、#をつけてコメントアウトする。

```
1:2345:respawn:/sbin/getty 38400 tty1
```

その下に、以下の行を書き込む。

```
1:2345:respawn:/bin/login -f ユーザ名 tty1 </dev/tty1>/dev/tty1 2>&1
```

以上で、自動的にログインができるようになる。しかしまだ CLI なので GUI でログインするには以下の手順が必要である。

```
$ sudo raspi-config
```

で `rsdpi-config` を起動する。

[3: Enable Boot to Desktop/Scratch]を選択する。

次の画面で[Desktop Log in as user 'pi' at the graphical desktop]を選択する。

以上で Raspberry Pi を再起動すると、自動で GUI にログインできる。

次に IP 電話を行うのに必要な Asterisk, Twinkle, ソフトウェアキーボードをログイン時に起動する設定を行う。

ターミナルから以下を入力する。

```
$ sudo nano ~/.profile
```

ファイル末尾に以下を追記する。

```
sudo /etc/init.d/asterisk restart &
twinkle &
cd /usr/bin
./toggle-matchbox-keyboard.sh
```

保存し再起動する。

## 付録 7 : タッチパネルの接続

本研究ではタッチパネルに Raspberry Pi 7 “Touch Screen LCD”を使用している。下記のサイトを参考にした。

[www.element14.com](http://www.element14.com)

参考サイトだけではタッチパネルディスプレイに出力されなかったので以下の手順を記述する。

/boot/config.txt の

```
display_default_lcd=0
```

の行を#でコメントアウトすると画面が出力するようになる。

しかし、このままでは上下逆さまに出力するので、さらに

```
lcd_rotate=2
```

を書き加えると、正常に出力する。