HITACHI
Inspire the Next

組込みハードウェアモジュールへの mrubyアプリケーション適用試行

2017/11/01

株式会社 日立ソリューションズ
業務革新統括本部 IT技術推進センタ

三好 秀徳

HITACHI
Inspire the Next

Contents

1. 自己紹介、Rubyに対する取り組み
2. 昨年実施内容の振り返りと今年の取り組み内容
3. 組込みハードウェアモジュール利用時のmruby適用
4. センサーデータの取得とその利用
5. まとめと今後の課題

HITACHI
Inspire the Next

1.自己紹介、Rubyに対する取り組み

1-1 自己紹介

HITACHI
Inspire the Next

- （株）日立ソリューションズ
  - さまざまな業務システムをRubyを使って構築
  - RubyWorld Conference / Ruby Associationにて事例を数多く紹介

1-2 日立ソリューションズにおけるRuby活用事例

HITACHI
Inspire the Next

- 活文メールセキュリティ・利活用基盤
  - メール誤送信防止のためのソリューション
  - http://www.ruby.or.jp/ja/showcase/case37
- 作業実施依頼システム
  - メール・口頭で行っていた作業実施依頼を管理するシステム
  - http://www.ruby.or.jp/ja/showcase/case43

1-3 自己紹介

HITACHI
Inspire the Next

- （株）日立ソリューションズ
  - さまざまな業務システムをRubyを使って構築
  - RubyWorld Conference / Ruby Associationにて事例を数多く紹介

- **日本OSS推進フォーラム アプリケーション部会**
  - **ITビジネスの場へOSSの適用・普及・推進をはかる民間団体**
  - **RubyWorld Conferenceにて事例を数多く紹介**
    - ◆**『IoTへのRuby/mruby適用試行』(2015年 廣田哲也氏)**
    - ◆**『組込みハードウェアへのmrubyアプリケーション適用試行』**
      （2016年 原嘉彦氏/三好秀徳）

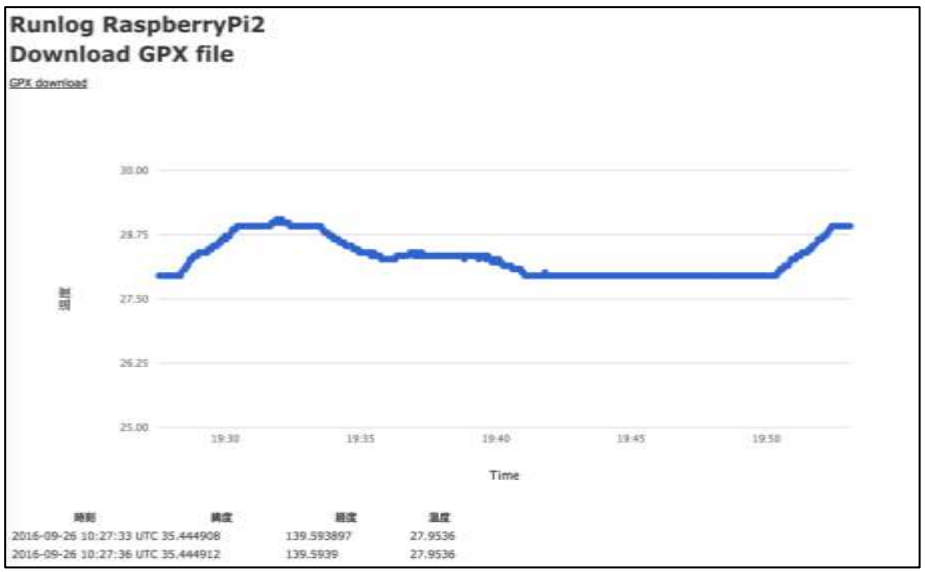
HITACHI
Inspire the Next

2.昨年実施内容の振り返りと今年の取り組み内容

2-1 去年の実施内容の振り返り

HITACHI
Inspire the Next

- Raspberry Piに温度センサー、GPSセンサーをUSB接続
- Raspberry Pi上で動作するmrubyアプリがセンサーデータを取得して、クラウドにデータ送信・可視化



2-2 Raspberry Piを使ったときのメリット・デメリット

HITACHI
Inspire the Next

- メリット
  - 動作検証が容易
    - Linuxが動くため、数多くのツールやmrbgemsが動作する
    - センサーはUSB接続するだけで値を取得できる
- デメリット
  - 高スペックすぎる
    - 消費電力が多い
    - CRubyが動いてしまうため、mrubyを使う意味があまりない

2-3 今年の実施目標

HITACHI
Inspire the Next

- Raspberry Piよりも非力なハードで去年と同等のことをする
  - mrubyは動くが、CRubyは動かないハードウェアで実装する
    - 32bit CPU
    - 400KB程度のメモリ
  - センサーデータを読み込んで、外部に送信する

2-4 ハードウェアの選定

HITACHI
Inspire the Next

■ ESP-WROOM-32を選定

項目	値(ESP-WROOM-32)
CPU	Xtensa LX6 160～240 MHz 2コア
メモリ	520KB
Flash	内蔵(4MB)
Network	802.11 b/g/n + Bluetooth 4.2
USB 2.0	なし
消費電力	80mA
OS	FreeRTOS

■ 選定理由

- mrubyのフットプリントより大きいメモリを搭載している
- WiFi + Bluetooth内蔵
- 工事設計認証(技適)番号:211-161007

2-5 ハードウェアの比較

HITACHI
Inspire the Next

項目	値(Raspberry Pi 2 Model B)	値(ESP-WROOM-32)
CPU	ARM Cortex-A7/900MHz 4コア	Xtensa LX6 160～240 MHz 2コア
メモリ	1.0GB(1,048,576KB)	520KB
Flash	microSDカードに保存(GB単位)	内蔵(4MB)
Network	10/100Mbpsイーサーネット	802.11 b/g/n + Bluetooth 4.2
USB 2.0	4口	なし
消費電流	900mA	80mA
OS	Linux	FreeRTOS

- Raspberry Piと比較すると、非常に低スペック
  - CRubyは当然動かない
- Linuxが動かないため、ツールや昨年使用したmrbgemsの動作は期待できない
  - センサーはつなげるだけでは動作しない
  - ライブラリー不足のため、mrbgemsのコンパイルができない

HITACHI
Inspire the Next

3.組込みハードウェアモジュール利用時のmruby適用

3-1 今年の作業順序

HITACHI
Inspire the Next

1.mrubyアプリをESP-WROOM-32上で動かす

2.各種センサーデータを取得してmruby上で扱う

① 温度センサーの場合

② GPSセンサーの場合

3-1 今年の作業順序

HITACHI
Inspire the Next

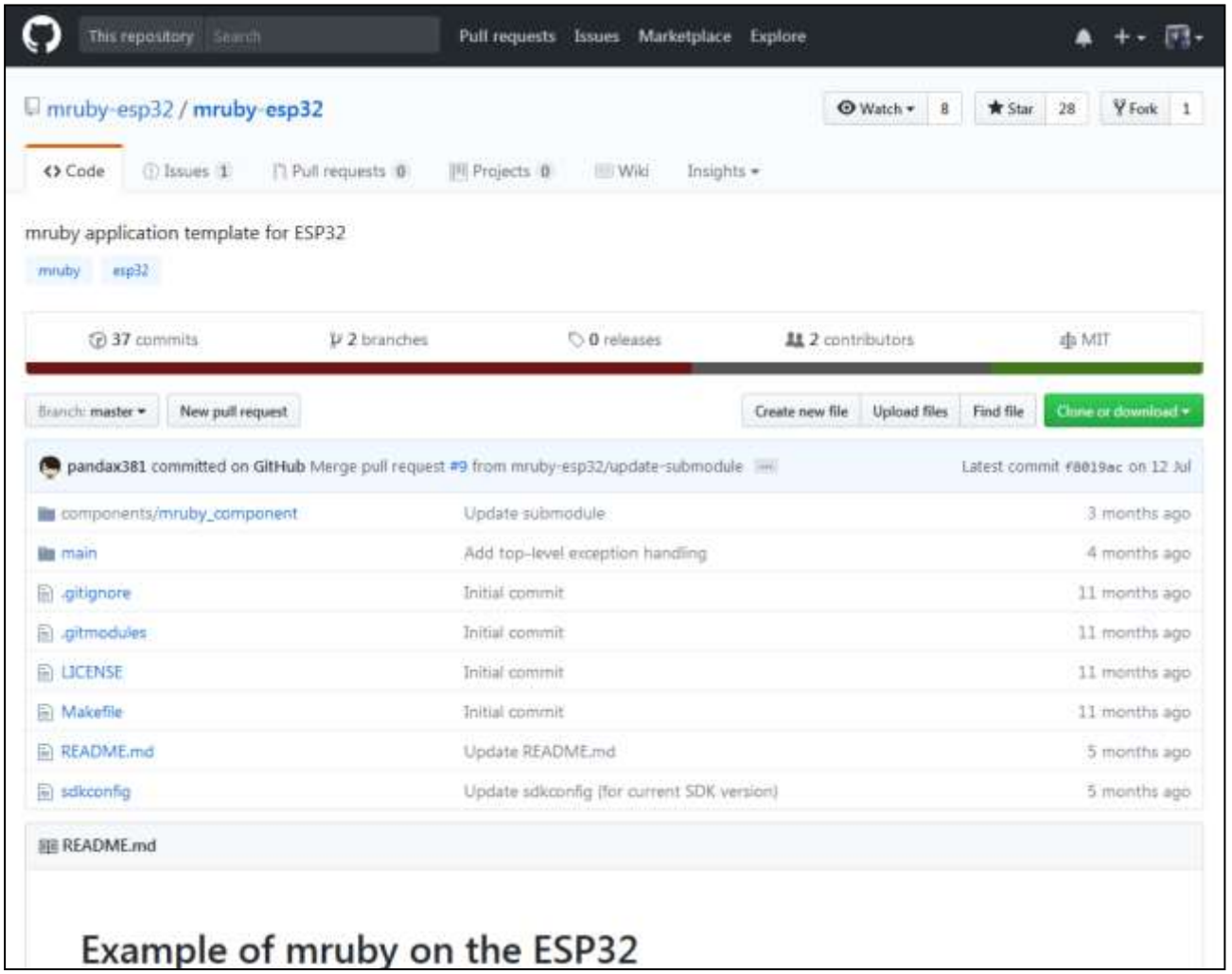
1.mrubyアプリをESP-WROOM-32上で動かす

2.各種センサーデータを取得してmruby上で扱う

① 温度センサーの場合

② GPSセンサーの場合

3-2 mruby-esp32のご紹介

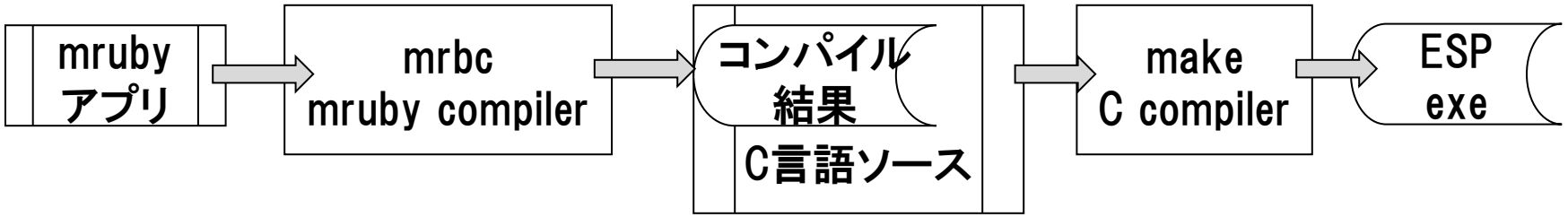


https://github.com/mruby-esp32/mruby-esp32

3-3 mruby-esp32

HITACHI
Inspire the Next

- ESP-WROOM-32上でmrubyを動かすプロジェクト
- 動作原理は単純
  1. mrubyアプリをコンパイルし、C言語の配列として出力する
  2. コンパイル結果をESP-WROOM-32用アプリのC言語ソースで読み込む
  3. C言語ソースをコンパイルしてESP-WROOM-32用バイナリを作成する
- mrubyに手を加えていないので、mruby自身のバージョンアップも容易



3-4 mruby-esp32の動作説明(1)

HITACHI
Inspire the Next

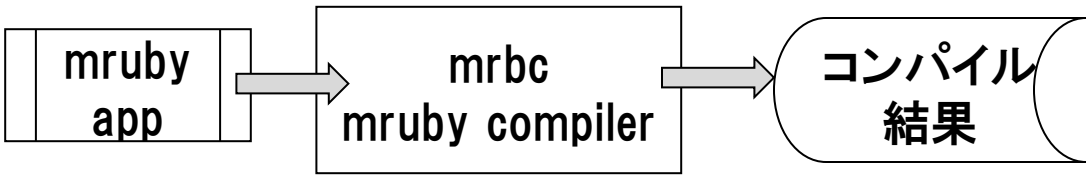
mruby app

```
100.times do
  puts 'Hello mruby World!'
end
```

mrbc
mruby compiler

コンパイル結果

```
#include <stdint.h>
extern const uint8_t out[];
(snip)
out[] = {
0x45,0x54,0x49,0x52,0x30,0x30,0x30,0x34,0xc5,0x77,0x00,0x00,0x00,0x9c,
0x4d,0x41,
(snip)
0x75,0x74,0x73,0x00,0x45,0x4e,0x44,0x00,0x00,0x00,0x00,0x08,
};
```



3-5 mruby-esp32の動作説明(２)

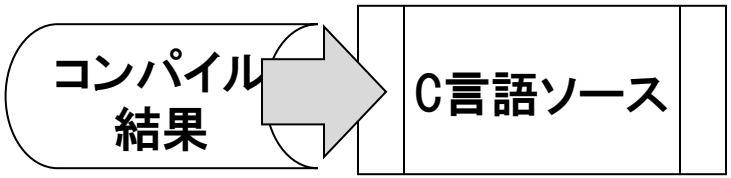
HITACHI
Inspire the Next

コンパイル結果

```
#include <stdint.h>
extern const uint8_t out[];
(snip)
out[] = {
0x4[illegible]54,0x49,0x52,0x30,0x30,0x30,0x34,0xc5,0x77,0x00,0x00,0x00,0x9c,0x4d,
(snip)
0x75,0x[illegible]x73,0x00,0x45,0x4e,0x44,0x00,0x00,0x00,0x00,0x08,
};
```

C言語ソース

```
void mruby_task([illegible]d *pvParameter){
  mrb_state *mrb = [illegible]b_open();
  mrbc_context *conte[illegible]= mrbc_context_new(mrb);
  mrb_load_irep_cxt(mrb, out, context);
(snip)
```



3-6 mruby-esp32の動作説明(3)

HITACHI
Inspire the Next

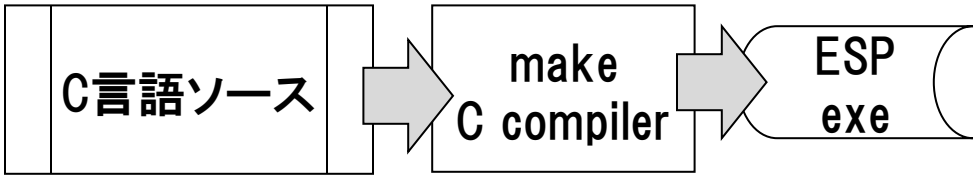
コンパイル

```
$ make MRUBY_EXAMPLE=hello_mruby_world.rb flash monitor
```

make
C compiler

実行

```
CC mruby_main.o
AR libmain.a
LD mruby_example.elf
esptool.py v2.0-beta3
Flashing binaries to serial port /dev/cu.SLAB_USBtoUART (app at offset 0x10000)...
esptool.py v2.0-beta3
(snip)
I (1372) cpu_start: Pro cpu start user code
I (1431) cpu_start: Starting scheduler on PRO CPU.
I (1951) mruby_task: Loading binary...
Hello mruby world!
Hello mruby world!
Hello mruby world!
 (snip)
```



HITACHI
Inspire the Next

4.センサーデータの取得とその利用

4-1 今年の作業順序

HITACHI
Inspire the Next

1.mrubyアプリをESP-WROOM-32上で動かす

2.各種センサーデータを取得してmruby上で扱う

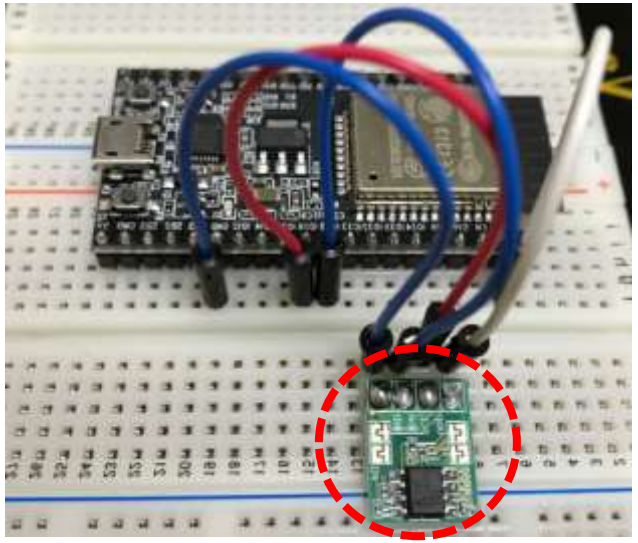
① 温度センサーの場合

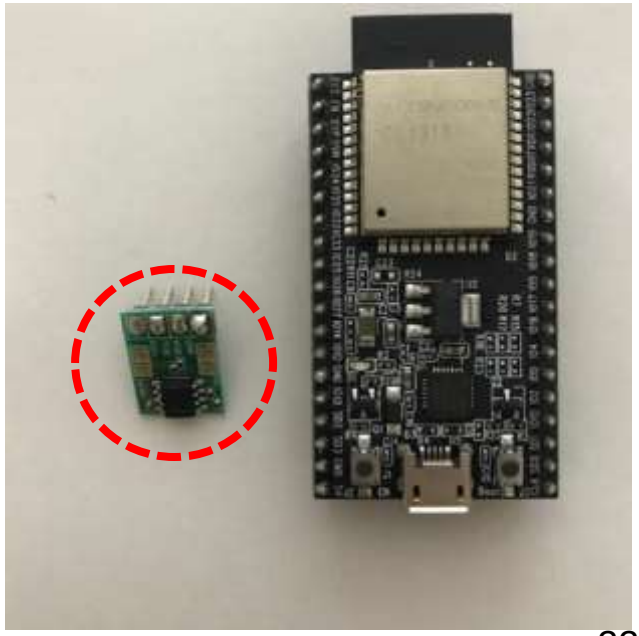
② GPSセンサーの場合

4-2 温度センサー ADT7410

HITACHI
Inspire the Next

- ANALOG DEVICES社製温度センサー
  - I²C(アイ・スクエアド・シー)互換インタフェースを持ち、I²Cバスに測定温度データを出力
  - I²Cバスに出力される計測温度データに対してビット演算などを行うことで摂氏データを取得することができる





4-3 温度センサーからデータを取得する

HITACHI
Inspire the Next

- I²C(アイ・スクエアド・シー)通信でデータを取得する必要がある
  - Raspberry Piではi2c-devを設定ファイルに追加するだけ
    - ◆ 既存のmrbgemsはLinux上での動作を前提としていて使えない
  - ESP-WROOM-32ではC言語APIを使ってI²C通信でデータを取得できる

- そこでmrbgemsを作りました
  - https://github.com/miyohide/mruby-esp32-i2c/tree/add_read
  - I²C通信でデータを取得する部分だけを実装
  - 得られたデータを加工・編集する処理はmrubyアプリ側で実装

4-4 作成したmrbgemsの概要

HITACHI
Inspire the Next

mrbgems

```
static mrb_value
mrb_esp32_i2c_init(mrb_state *mrb, mrb_value self)
{
（省略）
}
```

```
static mrb_value
mrb_esp32_i2c_receive(mrb_state *mrb, mrb_value self)
{
（省略）
}
```

I²C通信関連の処理を
C言語で実装

C言語の関数と
mrubyのメソッドとを
紐付け

```
void
mrb_mruby_esp32_i2c_gem_init(mrb_state* mrb)
{
 mrb_define_method(mrb, i2c, "_init", mrb_esp32_i2c_init, MRB_ARGS_REQ(7));
 mrb_define_method(mrb, i2c, "receive", mrb_esp32_i2c_receive, MRB_ARGS_REQ(2));
（以下略）
}
```

4-5 mrubyアプリの概要(１)

HITACHI
Inspire the Next

mrubyアプリ

```
class ADT7410
  def receive
    word_data = @i2c.receive(2, @addr)
    first_bit = word_data[0].unpack("C*").first
    second_bit = word_data[1].unpack("C*").first
    ((first_bit << 8 | second_bit) >> 3) * 0.0625
  end
end

i2c = I2C.new(I2C::PORT0, scl: I2C::SCL1, sda: I2C::SDA1).init(I2C::MASTER)

adt = ADT7410.new(i2c)
# 初期化処理等は省略
100.times do
  puts "#{Time.now} temp=#{adt.receive}"
  ESP32::System.delay(1000)
end
```

I²C通信の汎用的な部分を
mrbgems化

4-6 mrubyアプリの概要(２)

HITACHI
Inspire the Next

mrubyアプリ

```
class ADT7410
  def receive
    word_data = @i2c.receive(2, @addr)
    first_bit = word_data[0].unpack("C*").first
    second_bit = word_data[1].unpack("C*").first
    ((first_bit << 8 | second_bit) >> 3) * 0.0625
  end
end

i2c = I2C.new(I2C::PORT0, scl: I2C::SCL1, sda: I2C::SDA1).init(I2C::MASTER)

adt = ADT7410.new(i2c)
# 初期化処理等は省略
100.times do
  puts "#{Time.now} temp=#{adt.receive}"
  ESP32::System.delay(1000)
end
```

センサー固有の処理は
mrubyで実装

4-7 温度センサーからデータを取得している例

HITACHI
Inspire the Next

```
（省略）
I (1551) cpu_start: Pro cpu start user code
I (1610) cpu_start: Starting scheduler on PRO CPU.
I (2202) mruby_task: Loading binary...
Thu Jan 01 00:00:00 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:01 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:02 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:03 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:04 1970 temp=27.375
Thu Jan 01 00:00:05 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:06 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:07 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:08 1970 temp=27.375
Thu Jan 01 00:00:09 1970 temp=27.4375
Thu Jan 01 00:00:10 1970 temp=27.4375
```

温度が正しく取れている

4-8 今年の作業順序

HITACHI
Inspire the Next

1.mrubyアプリをESP-WROOM-32上で動かす

2.各種センサーデータを取得してmruby上で扱う

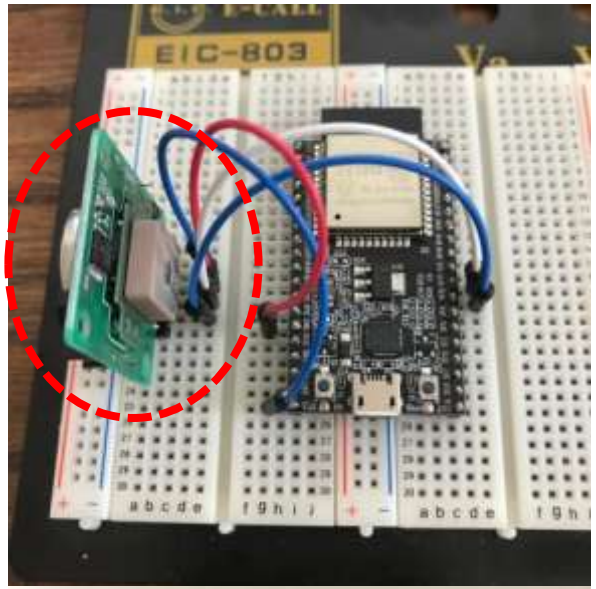
① 温度センサーの場合

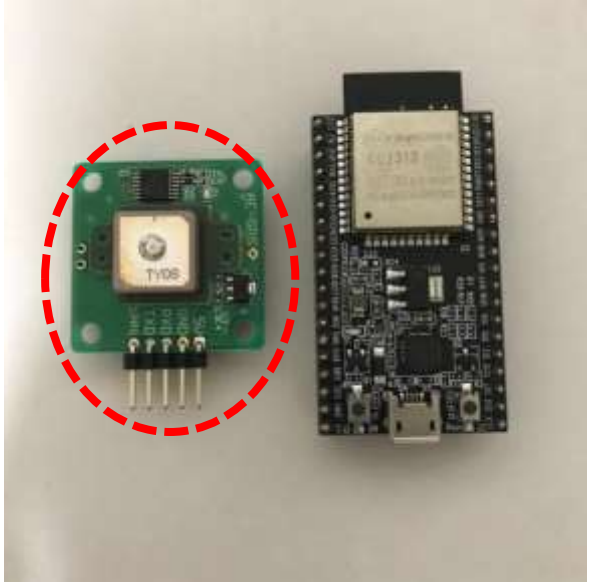
② GPSセンサーの場合

4-9 GPSセンサー GYSFDMAXB

HITACHI
Inspire the Next

- 太陽誘電社製 GPSセンサー
  - UARTシリアル通信にてGPSデータ(NMEA0183形式)を取得可能
  - NMEA0183形式で得られたデータを加工・編集することで測定位置の緯度・経度データを取得することができる





4-10 GPSセンサーから値を取得する場合

HITACHI
Inspire the Next

- UARTシリアル通信でデータを読み込む必要がある
  - Raspberry Piでは配線するだけで/dev/ttyAMA0にデータが出力される
    - 既存のmrbgemsはLinux上での動作を前提としているため使えない
  - ESP-WROOM-32ではC言語APIが提供されている

- そこでmrbgemsを作成しました
  - https://github.com/miyohide/mruby-esp32-gps
  - UARTシリアル通信でデータを取得する部分のみを実装
  - 得られたデータを加工するのはmrubyアプリにて実装する

4-11 作成したmrbgemsの概要（UART編）

HITACHI
Inspire the Next

mrbgems

```
static mrb_value
mrb_esp32_gps_init(mrb_state *mrb, mrb_value self) {
（省略）
}
```

```
static mrb_value
mrb_esp32_gps_dogps(mrb_state *mrb, mrb_value self) {
（省略）

}
```

UARTシリアル通信関連の処理をC言語で実装

```
void mrb_mruby_esp32_gps_gem_init(mrb_state* mrb) {
（省略）
  mrb_define_module_function(mrb, gps, "init", mrb_esp32_gps_init,
     MRB_ARGS_NONE());
  mrb_define_module_function(mrb, gps, "doGPS", mrb_esp32_gps_dogps,
     MRB_ARGS_NONE());
}
```

C言語の関数とmrubyのメソッドとを紐付け

4-12 mrubyアプリの概要(UART編1)

HITACHI
Inspire the Next

mrubyアプリ

```
include ESP32::GPS

init

1000.times {
    puts doGPS
}
```

mrbgems化した
UARTシリアル通信の部分を
呼び出し

4-13 GPSセンサーから値(NMEA0183形式)を取得

HITACHI
Inspire the Next

```
I (1950) uart: queue free spaces: 10
$GPGGA,044241.000,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,1,5,2.56,105.7,M,39.5,M,,*5B
$GPGSA,A,3,193,06,19,17,09,,,,,,,,2.74,2.56,0.97*36
$GPRMC,044241.000,A,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,0.37,98.78,081017,,,A*54
$GPZDA,044241.000,08,10,2017,,*5C
$GPGGA,044242.000,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,1,5,2.56,105.7,M,39.5,M,,*5A
$GPGSA,A,3,193,06,19,17,09,,,,,,,,2.74,2.56,0.97*36
$GPRMC,044242.000,A,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,0.30,98.78,081017,,,A*52
$GPZDA,044242.000,08,10,2017,,*5F
$GPGGA,044243.000,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,1,5,2.56,105.7,M,39.5,M,,*58
$GPGSA,A,3,193,06,19,17,09,,,,,,,,2.74,2.56,0.97*36
$GPRMC,044243.000,A,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,0.27,98.78,081017,,,A*56
$GPZDA,044243.000,08,10,2017,,*5E
$GPGGA,044244.000,xxxx.xxxx,N,yyyy.yyyy,E,1,5,2.56,105.7,M,39.5,M,,*5E
$GPGSA,A,3,193,06,19,17,09,,,,,,,,2.74,2.56,0.97*36
$GPGSV,4,1,13,193,83,295,23,06,71,081,27,
$GPGSV,4,2,13,19,36,181,25,05,28,270,,07,19,107,2
$GPGSV,4,3,13,23,15,042,,30,12,139,,13,06,205,,12,
$GPGSV,4,4,13,29,03,327,*45
```

緯度・経度が取れている
(xxxx.xxxx / yyyy.yyyyの部分)

4-14 mrubyアプリの概要（UART編2）

HITACHI
Inspire the Next

mrubyアプリ

```
include ESP32::GPS
init

n = NMEA.new

1000.times {
    n.parse(doGPS)
}
```

UARTシリアル通信の結果を
加工・編集して出力

```
class NMEA
  def parse
    （省略）
  end
end
```

NMEA0183形式の文字列を
加工・編集して、日時・緯度・
経度を求める。
（実際はmrbgems化）

4-15 NMEA0183形式を加工編集

HITACHI
Inspire the Next

```
I (1969) uart: queue free spaces: 10
2017/10/08 04:48:00 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:01 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:01 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:02 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:02 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:03 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:03 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:04 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:04 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:05 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:05 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:06 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:06 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:07 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:07 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:08 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:08 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
2017/10/08 04:48:09 lat = Nxx.xxxxx , lon = Eyyy.yyyyy
```

NMEA0183形式から
日時・緯度・経度データ
があるものだけを抜き出して
出力

HITACHI
Inspire the Next

5. まとめと今後の課題

5-1 まとめ(１)

HITACHI
Inspire the Next

- ESP-WROOM-32上でmrubyアプリを動かすことに成功しました
- 各種センサーからのデータをmrubyアプリから取得できるmrbgemsを作成しました
- mrbgemsを作成するときに役立つ資料
  - mrubyのGitHubリポジトリにあるdocディレクトリ
    - https://github.com/mruby/mruby/blob/master/doc/guides/mrbgems.md
  - CRubyのGitHubリポジトリにある「Rubyの拡張ライブラリの作り方」
    - https://github.com/ruby/ruby/blob/trunk/doc/extension.ja.rdoc
  - mruby-mrbgem-template
    - https://github.com/matsumotory/mruby-mrbgem-template

5-2 まとめ(２)

HITACHI
Inspire the Next

■ 昨年と同等のことはまだできていない(https通信)

- ライブラリー不足によりコンパイルに失敗する
- ESP-WROOM-32の機能を使って何とか解決できないか調査中

```
（省略）
CC    build/mrbgems/mruby-polarssl/src/polarssl.c -> build/esp32/mrbgems/mruby-polarssl/src/polarssl.o
/Users/miyohide/work/mruby-esp32/components/mruby_component/mruby/build/mrbgems/mruby-
polarssl/src/polarssl.c:20:23: fatal error: sys/ioctl.h: No such file or directory
compilation terminated.
/Users/miyohide/work/mruby-compilation terminated.
rake aborted!
Command Failed: （省略）
make[2]: *** [all] Error 1
make[1]: *** [build] Error 2
make: *** [mruby_component-build] Error 2
```

5-3 今後の課題

HITACHI
Inspire the Next

- ハードウェアごとに製品仕様を調べて、mrbgemsを作成するのは大変
  - mruby IoTフレームワーク “Plato”（プラトン）

http://plato.click/

HITACHI
Inspire the Next

END

組込みハードウェアモジュールへの mrubyアプリケーション適用試行

2017/11/01

株式会社 日立ソリューションズ
業務革新統括本部 IT技術推進センタ
三好 秀徳

HITACHI

Inspire the Next