

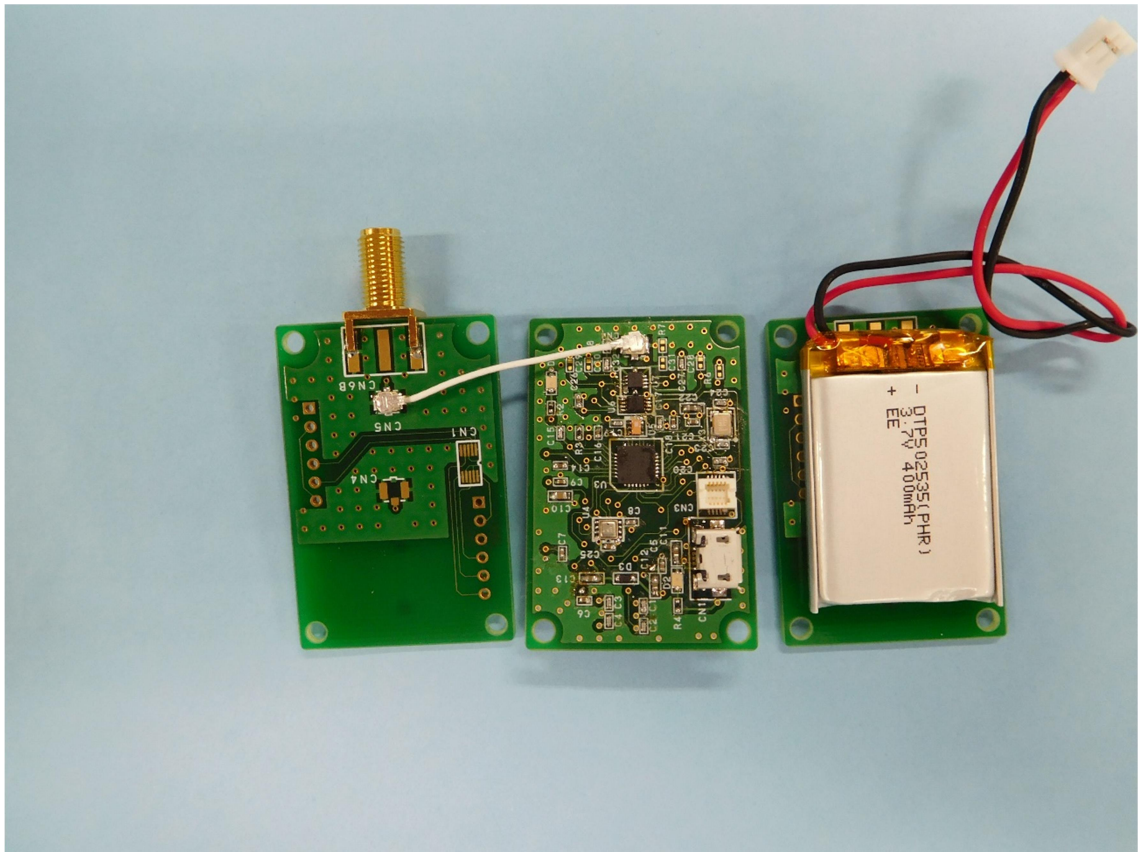
IEEE802.15.4_Backscatter_TAG_2.0

無償の回路図設計CAD である CADLUS Circuit 及び無償のプリント基板設計CAD である CADLUS X を用いて設計しています。

CADLUS X の COMP ファイル、部品表、部品配置図を準備して P 版.com に依頼すれば基板製造、部品調達、部品実装を行い完成したプリント基板を入手できます。

回路の変更、追加や他の設計の参考になるように全てのデータを公開します

以下の様に 3 枚のボードで構成しています。



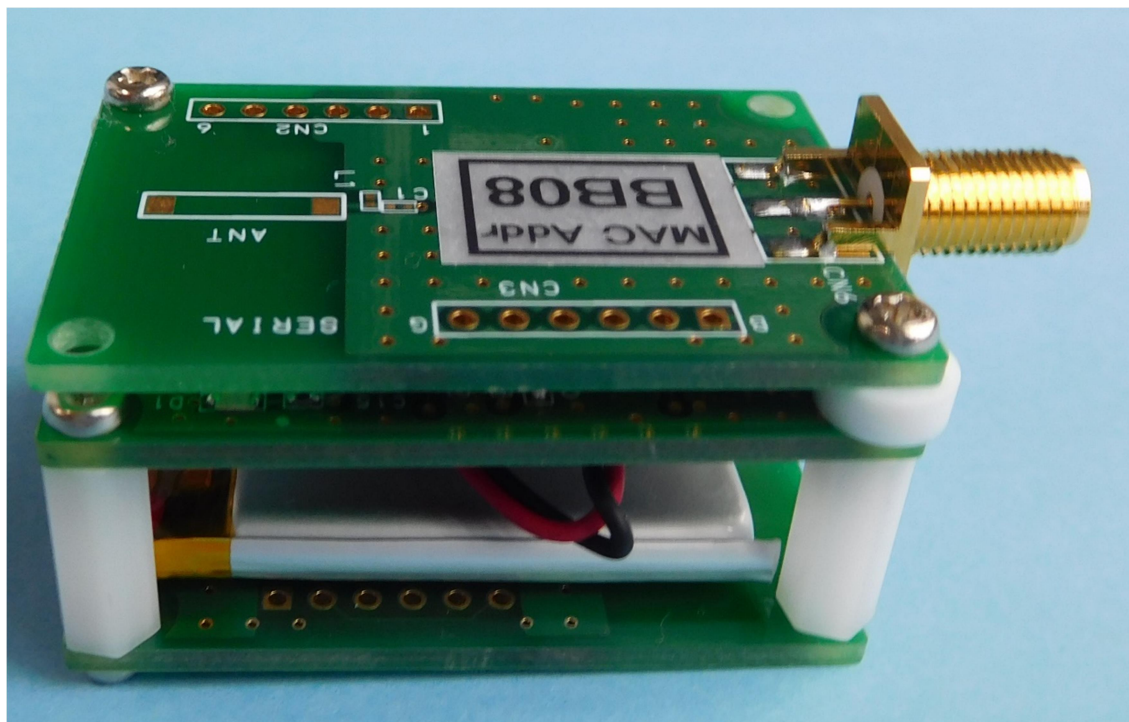
左から①Backscatter_TAG_Ant_Dbg ボード(SMA コネクタ実装)、②Backscatter_Main ボード、③Backscatter_TAG_Ant_Dbg ボード(部品無し)

①は SMA コネクタ実装したボード、②チップアンテナを実装したボード、②Main ボードに実装したマイコンへのプログラム書き込みとデバッグ用コネクタを実装したボードの 3 種類を製作しています。(写真は SMA コネクタを実装したボードです)

Backscatter_TAG_Ant_Dbg ボード(SMA コネクタ実装)、Backscatter_Main ボードを接

続している白いケーブルは、U.FL ケーブルアセンブリ：U.FL-2LP(V)-04N1-A-(35) です。

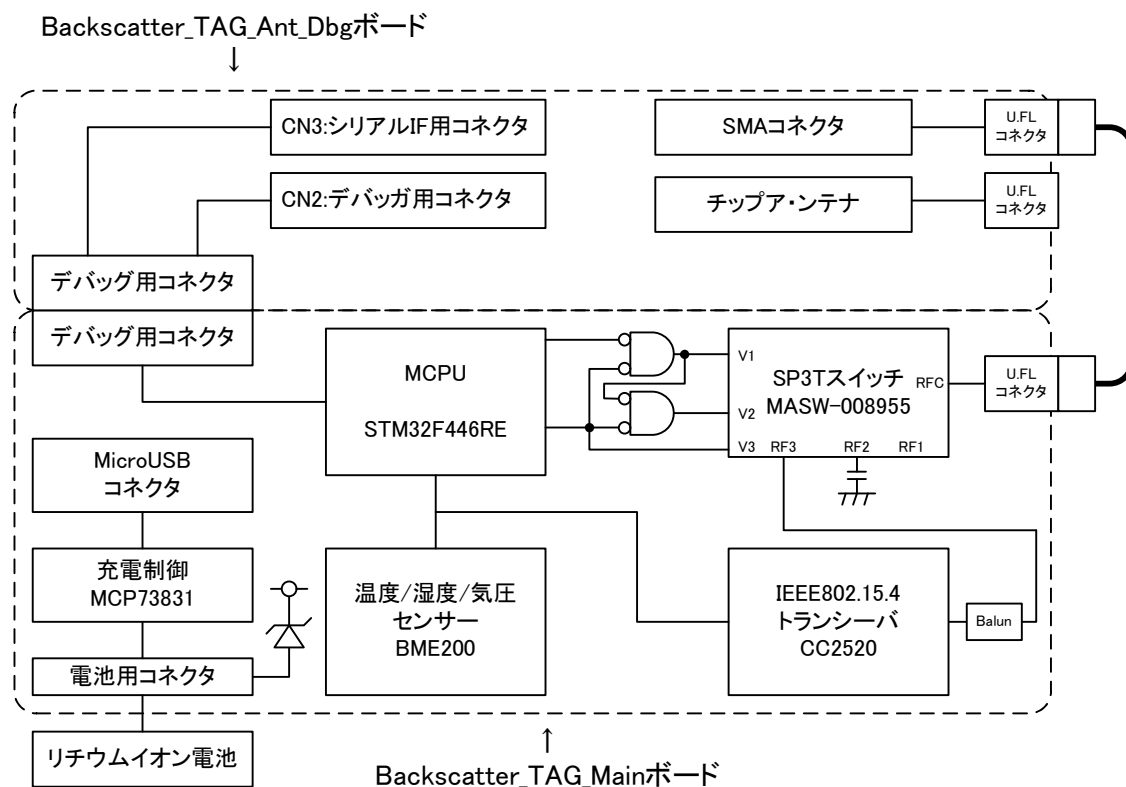
リチウムイオンポリマー電池は 400mAh、保護回路付き、35 mm×25 mm×5 mm、型名：DTP502535(PHR)です。



長さ 15 mm M2.6 両メネジスペーサ、長さ 3 mm M2.6 中空スペーサ、長さ 8 mm M2.6 黄銅鍋ネジ、長さ 6 mm M2.6 黄銅鍋ネジを用いて組み立てています。写真では樹脂製スペーサを使用していますが、金属製でも構いません。

リチウムイオン電池は両面テープで貼り付けています。

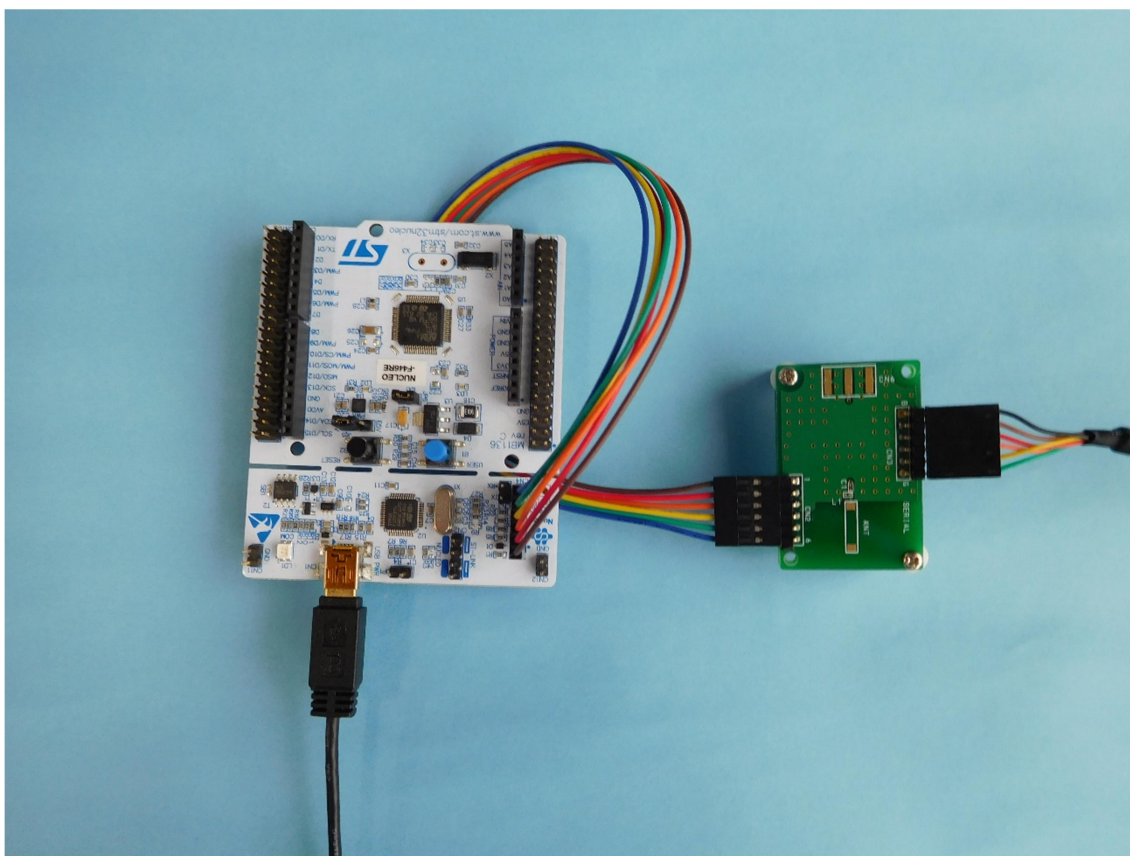
ボードの内部の構成を以下に示します。



制御用の ARM ベースマイクロコンピュータ STM32F446RE、IEEE802.15.4 トランシーバ CC2520、Backscatter 変調と受信切替用の SP3T スイッチ及びリチウムイオン電池を用いた電源回路で構成され、SMA コネクタを介した外付けのアンテナや内臓のチップアンテナを接続可能です。

リチウムイオン電池への充電は MicroUSB コネクタをパソコンや USB-HUB 等に接続して行います。

SP3T スイッチと SMA コネクタ又はアンテナとの間は、U.FL コネクタを介して、ヒロセ電機製 U.FL ケーブルアセンブリ：U.FL-2LP(V)-04N1-A-(35)を用いて接続します。



Backscatter_TAG_Main ボードに搭載したマイクロコンピュータ STM32F446RE へのプログラムの書き込みは、NUCLEO-F446RE を用いて行います。NUCLEO-F446RE と CN2: デバッガ用コネクタを接続している 6 芯のケーブルは、秋月電子通商や共立電子産業など種々販売店から入手出来ます。

NUCLEO-F446RE の CN2 (ST-LINK) のジャンパーピン 2 個は取り外して使用します。

プログラム開発時にシリアル IF を用いて情報の入出力(printf 文など)を、FTDI 社製 TTL-232R-3V3 USB シリアル変換ケーブルでパソコンと接続し、パソコン上のハイパーターミナルソフト(Teraterm など)を用いて行えるようにしています。

設計データ

- (1) BackscatterTAG_Main 接続図(pdf)



BackscatterTAG_
Main_Scheme.pdf

- (2) BackscatterTAG_Ant_Dbg 接続図(pdf)



BackscatterTAG_
Ant_Dbg_Schemε

(3) CADLUS Circuit 用ライブラリ

この基板の設計のために部品を追加したライブラリファイルです。元のファイルと置き換えて下さい



BackscatterTAG_Circuit_LIB.zip

(4) CADLUS Circuit 接続図ファイル



BackscatterTAG_
Main.drw



BackscatterTAG_
Ant_Dbg.drw

(5) CADLUS X 基板設計データ



BackscatterTAG_Main_PWB.zip



BackscatterTAG_Ant_Dbg_PWB.zip

(6) CADLUS X COMP データ

P 版.com に基板製造と部品実装を依頼するときに必要なデータです。



BACKSCATTER
AG_MAIN.COMP



BACKSCATTER_
TAG_ANT_DBG.C

(7)部品表データ

P 版.com 指定フォーマットで作成しています。このデータを用いて P 版.com に部品実装と部品調達を依頼することが出来ます。

Backscatter_TAG_Ant_Dbg ボードは、搭載する部品によって SMA コネクタボード、チップアンテナボード、デバック・コネクタボードの 3 種になります。各ボードの Backscatter_TAG_Ant_Dbg_Parts.xls 中の搭載しない部品を「未実装」にして下さい。



Backscatter_TAG
_Main_Parts.xls



Backscatter_TAG
_Ant_Dbg_Parts.ε

(8)部品配置図

P 版.com に部品実装を依頼するときに必要な図です。



Backscatter_TAG
_Main_Assy.pdf



Backscatter_TAG
_Ant_Dbg_Assy.p

ファームウェア

Backscatter_TAG_Main ボードに搭載のマイクロコンピュータ:STM32F446RE のファームウェアの開発には無償のクラウド型開発環境である mbed を使用しています。

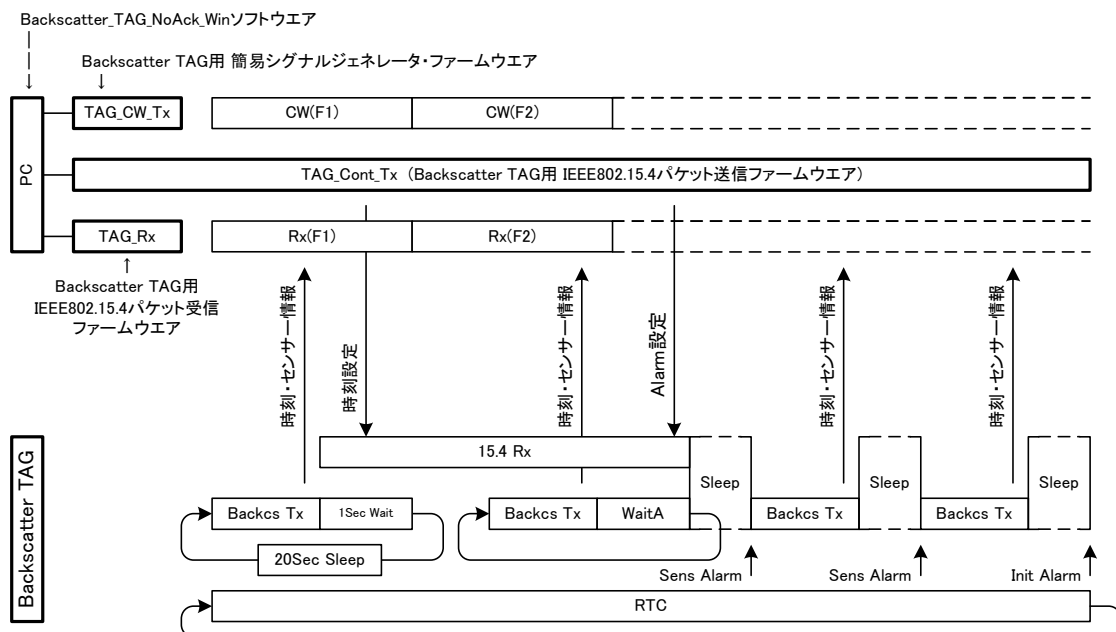
mbed にログインし、プラットフォーム:NUCLEO-F446RE、テンプレート:ADC Internal Temperature Sensor reading example、プログラム名:任意の名称で新しいプログラムの作成を行って出来た新しいワークスペース上の main.cpp の内容を書き換えると、これから紹介するファームウェアを利用できます。

Backscatter_TAG_NoAck 動作ファームウェア

このファームウェアは、LAUNCHXL-CC1352P に「Backscatter TAG 用 簡易シグナルジェネレータ」ファームウェアを搭載した TAG_CW_Tx、「Backscatter TAG 用 IEEE802.15.4 パケット送信」ファームウェアを搭載した TAG_Cont_Tx、「Backscatter TAG 用 IEEE802.15.4 パケット受信」ファームウェアを搭載した TAG_Rx をパソコンと USB 接続して、パソコンに搭載した Backscatter_TAG_NoAck_Win ソフトウェアで制御することを前提に作成しています。



Backscatter_TAG_NoAck.cpp



TAG_CW_Tx は指定した周波数と電力で無変調の連続波を発生します。TAG_Rx は指定した周波数で IEEE802.15.4 形式の packets を受信します。TAG_CW_Tx と TAG_Rx の周波数は一定の周波数差で同期して指定時間毎に変更することが出来ます。

(1)Backscatter_TAG は電源が ON になると、時刻・センサー情報を IEEE802.15.4 形式 Backscatter 通信の packets を送信します。ブロードキャスト・packets で内容は以下です。

Pream ble	SFD	Length	FCF	Seq Num	Dst PAN	Dst MAC	Src PAN	Src MAC	0:時刻設定要求 1:アラーム設定要求 2:要求無	時刻 年 MM	時刻 月 DD	時刻 日 hh	時刻 分 mm	時刻 秒 ss.ss	バッテリ 電圧 V.VV	温度 TT.T	湿度 HHH	気圧 pppp	FCS
--------------	-----	--------	-----	------------	------------	------------	------------	------------	---------------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	------------------	--------------------	------------	-----------	------------	-----

(2)次に、以下の内容の時刻設定 packets の受信を待ちます。1 秒間待つて時刻設定 packets を受信しない場合は、20 秒間スリープして(1)に戻ります。

Pream ble	SFD	Length	FCF	Seq Num	Dst PAN	Dst MAC	Src PAN	Src MAC	'T'	時刻 年 YY	時刻 月 MM	時刻 日 DD	時刻 時 hh	時刻 分 mm	時刻 秒 ss	FCS
--------------	-----	--------	-----	------------	------------	------------	------------	------------	-----	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-----

(3)次に、時刻・センサー情報を送信して以下の内容の Alarm 設定 packets の受信を待ちます。「1 秒×(32 ビット疑似乱数÷32 ビット整数の最大値)+0.1 秒」待つて Alarm 設定 packets を受信しない場合は再度、時刻・センサー情報を送信します。

Pream ble	SFD	Length	FCF	Seq Num	Dst PAN	Dst MAC	Src PAN	Src MAC	'A'	Sens Alarm 間隔	Sens Alarm 時間	Init Alarm 時刻	FCS
										32ビット整数	32ビット浮動小数点(秒)	hhmmss	

「Sens Alarm 間隔」は、10、30、60 又は 60 の倍数で 10 進 7 桁まで設定可能です。
例えば、「Sens Alarm 間隔」が 30 秒、「Sens Alarm 間隔」が 1 秒の設定では、時刻がの秒の桁が 1 秒の時と 31 秒の時にマイクロコンピュータ内の RTC 回路が Sens Alarm 割り込みを発生し、マイクロコンピュータがスリープ状態から動作状態に変わり時刻・センサー情報を送信します。

「Init Alarm 時刻」で指定した時刻になると、マイクロコンピュータ内の RTC 回路が Init Alarm 割り込みを発生し、マイクロコンピュータがスリープ状態から動作状態に変わり(1)の初期状態に戻ります。

RTC 回路は±20ppm の 32.768KHz の水晶発振器から供給されるクロックで動作していますので最悪 25000 秒(約 7 時間)で 1 秒の誤差が発生する可能性があります。このため定期的な時刻同期が必要です。

Backscatter_TAG_NoAck_Win ソフトウェア

Embarcadero C++Builder XE2 を用いて開発しています。
Embarcadero C++Builder の最新バージョンはアカデミックであれば、1 年間無償で使うことが出来ます。これを用いて改造や機能追加をすることが出来ます。
プログラムのプロジェクト(ソースコード)ファイル



Backscatter_TAG_Win_NoAck.zip

プログラムの実行ファイル



Backscatter_TAG
_Win_NoAck.exe

Form1

CW_Tx COM18:¥Device¥USBSER Backscatter_Rx COM4:¥Device¥USBSER0 Cont_Tx COM13:¥Device¥USBSER Port Search Save→Exit

ACK_sta

<52><GO>[-65][FFFF][FFFF][BF01][BB04][2210719133454.2381 2.96 26.9 49.6 1006.4]

CW_Tx_Freq(MHz) 2405.012698 Power(dBm) 0 Tx:2455.012698 Rx:2452.000000MHz Backscatter_Rx_Freq(MHz) 2402.00000

Step_Freq(MHz) 25 Step_Num 3 Interval(ms) 2000 TAG_CW_Tx And TAG_Rx Start TAG_CW_Tx And TAG_Rx Stop

Cont_Tx_Freq(MHz) 2480 Power(dBm) 0 SrcPAN BF01 SrcMAC BC01 Cont_Tx_Setup

Sens Alarm Interval(Sec) 10 Init Alarm(Sec) 60 Set 13:34:40 →Init 13:35:39 Clear Log

Tag	MAC	Alarm	1	Time	Bat	Temp	Hum	Pres	RSSI(dBm)	Count
Tag1	MAC	BB01	Alarm	1	Time					
Tag2	MAC	BB02	Alarm	2	Time					
Tag3	MAC	BB03	Alarm	3	Time					
Tag4	MAC	BB04	Alarm	4	Time	21/07/19:13:34:54.2381	Bat 2.96	Temp 26.9	Hum 49.6	Pres 1006.4
Tag5	MAC	BB05	Alarm	5	Time					
Tag6	MAC	BB06	Alarm	6	Time					
Tag7	MAC	BB07	Alarm	7	Time					
Tag8	MAC	BB08	Alarm	8	Time					

(1) COM ポートの選択、

「Backscatter TAG 用 簡易シグナルジェネレータ」用の「CW_Tx」、「Backscatter TAG 用 IEEE802.15.4 パケット受信」用の「Backscatter_Rx」、「Backscatter TAG 用 IEEE802.15.4 パケット送信」用の「Cont_Tx」の各ボードを選択します。

このプログラムの起動後に USB 接続した場合プルダウンメニューに該当する USB ポートが表示されませんので、「Port Serch」ボタンをクリックして下さい。

(2) 「Cont_Tx_Setup」ボタン

(1) が完了したらこのボタンをクリックして下さい。

「Cont_Freq」、「SrcPAN」、「SrcMAC」は必要に応じて変更して下さい。

(Backscatter_TAG_NoAck 動作ファームウェアの場合は変更なしで動作します)

(3) 「CW_Tx_Freq」と「Backscatter_Rx_Freq」の設定

「Backscatter TAG 用 簡易シグナルジェネレータ」と「Backscatter TAG 用 IEEE802.15.4 パケット受信」の周波数の偏差は出来るだけ少ないことが要求されます。それぞれを CUI

モードで動作させ、「cw」コマンドで無変調連続波(CW)発射させてスペクトラムアナライザなどで正確な周波数を測定し周波数偏差を把握し、Backscatter の Δf

(Backscatter_TAG_NoAck 動作ファームウェアでは 3MHz)を考慮して設定して下さい。

(4) 「Step__Freq」、「Step_Num」、「Interval」の設定

「Interval」時間毎に「CW_Tx_Freq」に「Step__Freq」を加算した周波数での電波の発射と「Backscatter_Rx_Freq」に「Step__Freq」を加算した周波数での受信を「Step_Num」回繰り返します。

(5) 「TAG_CW_Tx And TAG_Rx Start」ボタン

(3)(4)で設定した条件で電波の発射及びパケットの受信を繰り返します。

「TAG_CW_Tx And TAG_Rx Stop」ボタンをクリックすると動作を停止します。

(6) 「Sens_Alarm_Interval」、「Init Alarm」