

こんにちは、STM32CubeMonitor-RF ツールのプレゼンテーショ ンへようこそ。包括的な STM32Cube ソフトウェア開発ツール キットの一部であるこのツールは、STM32WB マイクロコント ローラの無線通信機能の管理に使用するコードのテストと最適 化を支援するものです。



開発者は、STM32cubeMonitor-RF ツールを使用して、 STM32WB の Bluetooth Low Energy、OpenThread、 802.15.4 無線機能をテストできます。 ターゲットには、ST Nucleo ボード、ST の USB BLE ドングル、 または任意のカスタマーボードが含まれます。このツールは、シ リアル接続(USB 経由の仮想 COM ポートまたは物理 UART イ ンタフェース)を介してターゲットデバイスに接続します。



このツールの起動時に、ユーザは3種類のモードから1つを選択する必要があります。

- 802.15.4 RF: IEEE 802.15.4 無線プロトコルに基づいた機能とアプリケーションをテストするには、このモードを選択します。
- BLE: Bluetooth Low Energy(BLE)ネットワークプロトコルに 関連する機能のテストには、このモードを選択します。
- OpenThread:低電力 Thread メッシュネットワークプロトコル に基づく OpenThread ソフトウェアを使用してコマンドを送信 するには、このモードを選択します。

「Remember my choice」オプションがチェックされている場合、 ツールは以前に選択されたモードで自動的に起動します。



このスライドでは、BLE スタックのアプリケーション・コマンド・イン タフェース(ACI)のテストに使用する機能を説明します。BLE モードを選択すると、ユーザはさまざまなテストを実行できます。 まず、ACI コマンドを送信できます。ACI コマンドは、BLE スタッ クとの通信に使用する標準化されたコマンドです。このツールは、 STM32WB デバイスでサポートされるコマンドのリストを表示し、 各コマンドについてそのパラメータのリストと説明を表示します。 もうひとつの重要な機能は、RF 通信のテストに使用できることで す。ツールを使用して、トーンまたはパケットを送受信できます。2 つのデバイスを使用して、BLE 通信リンクの品質を評価すること もできます。

STM32CubeMonitor-RF ツールは、有線接続なしでデバイス上 のソフトウェアを 書き換えることもできます。無線プログラミング (OTA)機能を使用すると、無線でファームウェアまたはデータを デバイスにロードできます。

ツールはビーコンを生成することもできます。数秒で、デバイスを BLE ビーコンとして設定できます。

ボードをアドバタイジングモードに設定して消費電力を確認し、リモートデバイスで利用可能なサービスを調べることもできます。



ツールはシリアルポート経由でデバイスに接続されます。 デバイスには「Transparent mode」ファームウェアが必要です。 このファームウェアは UART 通信を設定し、AC ロマンドを BLE スタックに転送します。

デバイスを接続する手順は以下の通りです。

- デバイスを USB または UART ポート経由で STM32CubeMonitor-RF ツールを実行している PC に接続 します。
- デバイスが検出されるのを待ちます。VCP または USB/シ リアルコンバータを使用する場合、追加のドライバが必要に なる場合があります。
- ドロップダウンリストから仮想 COM ポートを選択します。
- [Open] をクリックして、ターゲットデバイスとの通信を開始します。

接続に成功すると、デバイス情報が右側に表示されます。通信 できない場合は、エラーメッセージが表示されます。

このパネルは、ター	-ゲットデバイスは	こ送信する ACI :	コマンドを準備	するのに使用
Image: Strate Strate         Image: Strate Strate	Settings Device Help HW HSSET マモンドン・ACL VISITIES ACL V	Command Complete Command Comp	Am CM0+ Amn CM4F Amn CM4F Amn CM4F Amn CM4F Amn CM4F Amn CM4F	レドカテゴリ: HCI HCI test HAL GAP GATT 2CAP

ACI コマンドパネルは、ターゲットに送信する ACI コマンドを準備するために使用します。ユーザインタフェースは2つの主要な エリアに分かれています。

- 左側のコマンド部分には、コマンドのリストと各コマンドのパラ メータが含まれています。
- 右側のログエリアには、選択した各要素の詳細が表示されます。

検索機能を使用して、コマンドリストを照会しカテゴリ別にコマンドをフィルタリングすることができます。



コマンドを送信するには3ステップ必要です。

- リストからコマンドを選択します。フィルタとパラメータの検索 を使用すれば、コマンドをすばやく見つけられます。
- 正しいコマンドパラメーターを入力します。

 [SEND COMMAND]をクリックします。
 ログは、送信されたコマンドとデバイスから返された結果で更新 されます。

ログエリアをクリックして、パケットの詳細を表示します。"+"ボタンを使用して詳細を確認できます。

• [RF Tests] タブで以下のテ	ストを実行	R <sub>テ</sub> できます	F テス 。	トパネル
<ul> <li>・ テストパケット送信</li> <li>・ テストパケット受信</li> <li>・ トーン信号の開始/停止</li> <li>・ BLE パケットエラー率(PER)の 測定</li> </ul>	STM32CubeMontor-KE STM32CubeMontor-KE STM32Cubef Cooke CubeCubeCubeCubeCubeCubeCubeCubeCubeCube	Monitor-RF Scripts Beacon 設定エリ 31(+6dBm) 2402 MHz (Channel 37) 0x25 0x00- Pseudo-Random bit seq 0x01- Transmitter set to use th 結果エリ、	Settings Device Help HW RESET RF Tests ACI Utilitit ence 9 • HE LE 1M PHY • START TONE	CIANTIN  CI
life.augmented	Received packets count	Packet Erro	r Rote (PER):	

RF テストパネルは、上部の設定エリアと下部の結果エリアの2 つのエリアで構成されています。 ここでは、さまざまなテストを実行できます。

- パケット送信
- パケット受信
- ・ トーン送信
- パケットエラー率(PER)の計算テストは2つのデバイスで実行されます。最初のデバイスはパケットを送信し、2番目のデバイスは受信したパケットをカウントします。PERは、送信されたパケット数と受信されたパケット数に基づいて計算されます。

	RF テストの選択 📑
<ul> <li>最初のステップは RF テストモードの選択です。</li> <li>・送信テスト(TX)</li> <li>・パケットエラーテスト(PER)</li> <li>・受信テスト(RX)</li> <li>1. テストモードを選択</li> <li>2. [SELECT TEST MODE]をクリック</li> </ul>	ACI Commands       Scripts       Beacon       RF Tests       ACI Utilities         Test mode
テストモードは、テスト設定ゾーンの上のバーに 表示されます。	Test mode > Transmitter (TX)

RF テストを実行するには、まず必要なRF テストを選択します。
送信テストを選択してデバイスを放射モードに設定、受信テスト
を選択してデバイスを受信モードに設定、またはパケットエラー
率テストを選択してパフォーマンスを測定します。
1つのオプションを選択したら、[SELECT TEST MODE]をクリッ
クします。選択パネルがテストパネルに置き換わります。現在の
パネル選択は、上部の青いバーに表示されます。どのパネルが
表示されているかを確認したり、他のパネルに移動するときに便
利です。

-۲	ーンテス	、トの開始/停止 ■10
<ul> <li>トーンテストの開始:</li> <li>1. 送信(TX)電力を設定します。</li> </ul>	Test mode > Transmitter (TX) Transmitter	
2. 送信周波数を設定して特定の BLE RF チャネルを選択します。	PA Level TX Frequency Length of Data	25 (0dBm)   2410 MHz (Channel 3)   240 V   2410 V   2410V
3. [START TONE]をクリックします。	Packet Payload PHY	0x00 - Pseudo-Random bit sequence 9       0x01 - Transmitter set to use the LE 1M PHY
• トーンナストの停止: 4. [STOP TONE]をクリックします。	G Back Test measurement	3 START TONE START TX 4
	Transmitted packets count Received packets count	Packet Error Rate (PER):
Life.augmented		RSSI

トーンテストは、測定機器とともに使用すればデバイスの送信レベルや周波数精度の検証が行えます。

トーンテストを開始する手順は次の通りです。

- トーンパラメータを設定:送信電力(PAレベル)および周波数。
- [START TONE]をクリックします。ボードは、連続トーンを送信するように設定されています。ボタンが[STOP TONE]に変わります。

テストを停止するには[STOP TONE]をクリックします。

这	き信テス	ヽトの開始/停止 ■1
<ul> <li>パケット送信の開始:</li> <li>1 パラメータを設定します</li> </ul>	Test mode > Transmitter (TX) Transmitter	
2. [START TX]をクリックします。	PA Level TX Frequency	25 (0dBm)    2410 MHz (Channel 3)   0x7
<ul> <li>パケット送信の停止:</li> </ul>	Packet Payload	0x00 - Pseudo-Random bit sequence 9
3. [STOP TX]をクリックします。	РНҮ	0x01 - Transmitter set to use the LE 1M PHY
<ol> <li>4. 送信されたパケット数は、トランスミッタが送 信したパケットの数で更新されます</li> </ol>	Back Test measurement	START TONE START TX 3
	Transmitted packets count	4
	Received packets count	
		Packet Error Rate (PER):
life.augmented		RSSI

送信テストは、パケットの送信に使用します。送信電力レベルと 周波数、データの長さと内容、および物理層での変調方式を選 択できます。

[START TX]を押すと、[STOP TX]が押されるまでパケットが無 期限に送信されます。

送信が終了すると、送信したパケットの数が表示されます。



受信テストは、他のデバイスからのパケットの受信に使用します。 周波数と変調方式を選択します。 [START RX]を押して受信を開始します。受信した有効なパケッ トの数は、[STOP RX]を押すまでカウントされます。



パケットエラーテストにはデバイスを2台使用します。利用できる テスト機器が手元にない場合、2台の STM32WB デバイスを使 用して Bluetooth Low Energy リンクをテストできます。 一方のデバイスからパケットを送信し、他方のデバイスでパケッ トを受信します。送信したパケット数、受信したパケット数からパ ケットエラー率が計算できます。

STM32CubeMonitor-RF ツールは、送受信されたパケットの数 を自動的にカウントします。本ツールはマルチチャネル測定にも 対応します。

	パケットエラー	-率テスト:ス	.テップ 1 14
1. 2. 3. 4.	DUT を接続し、COM ポートを開きます。 RF パネルで、PER テストモードを選択しま "Connect tester (テスタ接続)"エリアで、" [CONFIGURE TESTER]をクリックします。 Test mode > Packet Error Rate (PER)	す。 Tester (テスタ)"を接続し C	:OM ポートを開きます。
	Connect tester		
	COM37 3 DISCONNECT	Device : STM32WB55 CM4 version : 0.0.1 CM0 version : 0.2.13.2	
	Disconnect 2nd device to change test mode	CONFIGURE TESTER	
life.augmented			

PER テストモードを選択します。

テストには4つのステップがあります。

ステップ 1:テスタとして使用するデバイスを接続します。テスト対象デバイス(DUT)は既に接続が完了しているものとします。

テスタとして2番目のデバイスの COM ポート選択し、

[CONNECT]を押します。接続が成功すると、テスタの情報が表示されます。

[CONFIGURE TESTER]をクリックして、次のステップに進みます。

	184	ケットエラー率テスト:ステップ2 💶
5. テスタの 6. [CONF	パラメータを設定します GURE DUT]をクリッ・	す。 クします。
	Test mode > Packet Error Rate	⊧ (PER) > COM37
	Configure tester (COM37)	
	PA Level	22 (-0.85dBm) •
	TX Frequency Length of Data	2410 MHz (Channel 3) 0x25
	Packet Payload PHY	0x00 - Pseudo-Random bit sequence 9
577	Back	6 CONFIGURE DUT

ステップ2:テスタを設定します。この画面でテスタの送信パラ メータを設定できます。パラメータは送信テストのパラメータと同じです。

パラメータを選択し、[CONFIGURE DUT]を押します。

'. 受信俱 3. [CON	則(DUT)のパラメー IFIGURE PARAM	-タを設定します。 I]をクリックします。	
	Test mode > Packet Erro Configure Device under	or Rate (PER) > COM37 > COM32 er test (DUT) (COM32)	
	RX Frequency	2402 MHz (Channel 37) 🔹 7	
	РНҮ	0x01 - Receiver set to use the LE 1M PHY	

#### ステップ 3:受信側(DUT)を設定します。 受信側のパラメータは 受信 テストのパラメータと同じです。パラ メータを設定し、[CONFIGURE PARAM]を押します。

パケッ	トエラー率テスト:ス	  
	Test mode > Packet Error Rate (PER) > COM37 > COM32 > Settings Configure additional settings	
<ol> <li>9. 実行するテストを選択します。</li> <li>複数のチャネル</li> </ol>	PER tests on multiple channels  Get RSSI	Fill channel List: (0-39
<ul> <li>RSSI 11 さ</li> <li>結果をファイルに保存</li> </ul>	Save test verdict in file	SELECT FILE
10. [START TEST]をクリックします。	G Back	10 START TEST
11. テストが終了すると、結果が下部に 表示されます。	Test measurement	<u>lad</u>
	Transmitted packet number 3089	
	Received packet number 3089	11
	Packet Error Rate (Pl	ER): 0.00 %
life.augmented	F	ISSI -43.00 dBm

これが最後のステップです。 テスト手順を設定します。

- 複数のチャネルをテストするときは、「PER tests on multiple channels(複数チャネルの PER テスト)」を選択します。四角 にチェックを付けると、ツールは各チャネルの PER を測定し ます。テスタと DUT は同じ周波数にセットされ、「Measurement period(測定時間)」欄に表示された時間の 間、テストが行われます。
- 受信レベルを示す RSSI(Received Signal Strength Indication)を読み出すことができます。「Get RSSI(RSSIを 取得)」を選択すると、決まった頻度で RSSI を測定します。
- 測定結果はファイルに保存できます。これはテスト結果の保存に便利です。

オプションを選択したら、[START TEST]をクリックします。テスト が開始され測定が始まります。「PER tests on multiple channels(複数チャネルの PER テスト)」が選択されている場合、 すべてのチャネルのスキャンが完了した時点でテストが終了しま す。

[STOP TEST]をクリックして結果を取得します。



結果は、グラフか大きなテキスト形式で表示できます。結果エリアの右上隅にある青いアイコンを使用して、表示モードを選択します。

グラフ表示では、測定結果の概要をリアルタイムで示します。大きなテキスト表示はコンピュータから離れたところからでも確認できるので、長い距離でのテストに便利です。



スクリプトは、ACI コマンド経由で繰り返しタスクを送信するとき に使用できます。 ACI コマンドシーケンスはテキストファイルで保存され、再び本 ツールにより再生できます。 以下に従いスクリプトを起動します。 ・ 再生するファイルを選択します。

- [START SCRIPT]をクリックします。スクリプトがメインウィンドウに表示され、実行中の行が緑でハイライトされます。
- [START/STOP]ボタンを押して、スクリプトを停止または再 起動します。

スクリプトはテキスト	スクリプトの構文 ■20 -ファイルなので編集可能です。
#で始まる行はコメントです。→	# STM32CubeMonitor-RF サンプルスクリプト # #で始まる行はコメントです
コマンドを送信するには、"Send" 命令を使用します。 最初のエレメントは ACI コマンドの名前です。 次のエレメントは、0x から始まる16 進形式の パラメータです。	<ul> <li># 空白行はスキップされます</li> <li># 構文で ACI コマンドを送信します: Send(ACI_CMD_NAME;Parameter1Value;Parameter2Value;)</li> <li># パラメータ値は、0x12 などの16 進数です</li> <li># リセットコマンドを送信します: Send(HCI_RESET)</li> <li># ミリ秒単位で待ちます Wait(500)</li> </ul>
"Wait"命令を使用して一時停止を追加できます。 時間は ms で指定します。	<ul> <li># 別のコマンドを送信します:電力レベルを設定</li> <li>Send(ACI_HAL_SET_TX_POWER_LEVEL;0x01;0x07)</li> <li># トーンを開始します</li> <li>Send(ACI_HAL_TONE_START;0x04)</li> <li># 3秒待ちます</li> <li>Wait(3000)</li> <li># トーン停止を送信します</li> <li>Send (ACI_HAL_TONE_STOP)</li> </ul>

スクリプトの構文は簡単なものです。

- ハッシュ(#)で始まる行はコメントです。
- Send()命令で、ACI コマンドを送信します。ツールがコマン ドとパラメータをエンコードし、それをデバイスに送信します。
- Wait() 命令で、休止を挿入します。
- 他にもユーザメッセージを表示したり、ループを作成するコマンドがあります。利用できるコマンドについての詳細は、ユーザマニュアルを参照してください。

## OpenThread モード 11

- Thread は、ビルや家庭内の接続デバイス向けに開発された loT プロトコルです。
- STM32WB デバイスは、Thread プロトコルを実装した OpenThread スタックをサポートしています。

#### OPENTHREAD

 OT(OpenThread)コマンドライン API(CLI) はスタックにコマンドを送信する目的 に使用します。



OpenThread モードについて見ていきましょう。

Thread は、ビルや家庭内のオートメーション向けに開発された loT プロトコルです。BLE はウェアラブル向けの非常に効率的な 技術ですが、ビルの中にある静的物体に対しては Thread が最 適な選択になります。

Thread プロトコルは IEEE 802.15.4 リンクを使用してメッシュ ネットワークを構築し、その中でデバイスは IPv6 ネットワークプ ロトコルにより相互に通信します。

STM32WB デバイスが提供する Thread 接続は、OpenThread スタックに基づいています。

RF ツールは、Threadコマンドライン API(CLI) により OpenThread スタックと通信します。



Thread デバイスへの接続は BLE デバイスへの接続と似ています。

まず、デバイスに OpenThread のファームウェアをロードする必要があります。ファームウェアは STM32Cube パッケージの Example として提供されています。 タ前は Thread Cli Cmd で

Example として提供されています。名前は Thread\_Cli\_Cmd で す。

注:Cortex M4 のファームウェアが変更された場合(BLEなどから)、Cortex M0 +ファームウェアを更新して OpenThread スタックとの適合性が取れていることを確認する必要があります。 仮想 COM ポート(VCP)を使用する場合、VCP ドライバをインストールする必要があります。

PC をデバイスに接続して COM ポートのエニュメレーションを待ち、ドロップダウンリストから正しいポートを選択してから、 [CONNECT]を押します。

	OpenThread 画面の表示内容 23 STM32CubeMonitor-RF Settings Device Help デマンテン
・画面は2つの部分に分 かれています。	Commands Scripts
<ul> <li>コマンドエリア: 検索、入力、およびコマン ドの送信に使用します。</li> <li>ターミナルエリア: コマンドと応答を表示しま す。</li> </ul>	Command Centreh. Q  Autostart bufferinfo Cet or set the IEEE 802.15.4 Channel value. Parameter Channel Commissioner Coop Coop Coop Coop Coop Coop Coop Coo
<b>STATE</b> life.augmented	ターミナルエリア ま channel

OpenThread の画面は2つのエリアに分かれています。

- 上部はコマンドエリアです。このエリアはコマンドのリストと、 各コマンドおよび入力するパラメータに関する追加情報を表示します。パラメータの説明を見るのに関連資料を開く必要がないため、あまり使用しないコマンドの場合に非常に便利です。
- 下部はターミナルエリアです。このエリアにコマンドと応答が 記録されます。最下部に設けた欄にコマンドを直接入力する こともできます。

OpenThread コマンドの送信		
Command Search	アのクリア	
ipmaddr joiner joiner joinerid joinerport - Parameters Details Set the Joiner port. Parameter leaderdata leadergartitionid leaderweight		
Script pause value (ms)) ① Add pause in script 🛑 Start script recording SEND COMMAND 送信ボタン		
<ol> <li>リストから OT コマンドを選択します。行いたい処理からコマンドを探すには検索ボックスを ます。</li> <li>選択したコマンドのパラメータを入力します。</li> </ol>	使用し	
3. [SEND COMMAND]をクリックしてコマンドを送信します。コマンド選択がクリアされます。		
パラメータ値は保存され、次回の同コマンド選択時にデフォルト値として提案されます。		

コマンドを送信するには、コマンドリストからコマンドを選択します。 コマンドはグループ化されツリー表示されています。左側の三角 形の付いたコマンドにはサブコマンドがあります。

上部の検索ボックスにて、コマンドとサブコマンドを検索できます。 コマンドが選択されると、コマンドの情報および関係するパラメー タのリストが右側に表示されます。パラメータ値を入力して [SEND COMMAND]をクリックすれば、コマンドがデバイスに送 信されます。ターミナルウィンドウには送信したコマンドのリストが

表示されます。

ツールは送信したコマンドのパラメータ値を保存します。コマンド を再度選択すると、前回使用したパラメータ値が入力された状態 で表示されます。

読出しおよび書込みコマンド■	25
Command Bearch	
▶ autostart bufferinfo channel > childコマンド childmsリスト childtimeout > coap ▶ commissioner	
Script pause value (ms)       11       Add pause in script       Start script recording       READ PARAM       SET PARAM         送信ボタン	
<ul> <li>OT コマンドの中には情報の取得または送信に使用できるものがあります。</li> <li>"channel":使用した RF チャネル</li> <li>[channel 14]:RF チャネルをチャネル 14 に設定</li> </ul>	
<ul> <li>これらのコマンドを選択すると、2つのボタンが使用できるようになります。</li> <li>(READ PARAM)で、パラメータの読込み</li> <li>(SET PARAM)で、ボックスに入力したパラメータに更新</li> </ul>	

情報の取得または送信に使用できるコマンドがあります。これらのコマンドを選択すると、[SEND COMMAND]ボタンは2つのボタンに切り替わります。

- [READ PARAM]は、パラメータ値をチェックするのに使用し ます(パラメータは送信されません)。
- [SET PARAM]は値の書込みに使用します。パラメータ値は コマンドの作成に使用されます。



### ターミナルエリアはデバイスとの通信を表示します。 最下行には OpenThread のコマンドを直接入力できます。最下 部にカーソルを置いて、コマンドを入力します。[Enter]を押して コマンドを送信します。

上下の矢印キーでリストから以前使用したコマンドを選択すれば、 コマンドを再度送信できます。

ウィンドウまたは履歴は右上隅のアイコンでクリアできます。



IEEE 802.15.4 RF モードは、OpenThread または Zigbee 通信 プロトコルで動作する RF デバイスのテストに使用します。 RF モードのユーザインタフェースは、BLE RF テストパネルに似 ています。



PER テストを使用して、単一チャネルの連続測定および複数の RF チャネルに対して一連の単一複数チャネル測定を実行でき ます。



# STM32CubeMonitor-RF ツールの詳細については、このスライドに記載の関連資料とビデオを参照してください。