

エッジノードプラットフォーム ESP8266 の低消費電力利用

近藤 明弘*・村上 和也**・鬼追 一雅**

(平成29年11月1日受付)

Using ESP8266 with Low Power Consumption as an Edge Node Platform

Akihiro KONDO, Kazuya MURAKAMI and Kazumasa KIOI

(Received Nov. 1, 2017)

Abstract

Current consumption of the edge node platform ESP8266 has been evaluated. As a result, Modem-sleep and Light-sleep got nearly the specification values. Although the current consumption was about 4 times the specified value in Deep-sleep, the obtained value (37 μ A) was sufficiently low. It was shown that there is a possibility of continuous operation from 400 days to 1200 days with one AA battery.

Key Words: Low Power, edge node platform, ESP, Arduino

1 はじめに

近年、モノのインターネット、IoT (Internet of Things) が急速に広まりつつある。これは互いに識別可能で、かつ、通信して相互利用することが可能な多数の高性能機器から構成されるシステムである [1]。IoT時代になって、小型で安価な自由度の高いコンピュータハードウェアが簡単に手に入るようになり、エンドユーザがプログラミングを行える環境が整ってきた。これらの普及により、専門家ではないエンドユーザが製品に好みの機能を付け加えることが可能となってきた [2]。

我々はIoTの中核技術であるエッジノードプラットフォームに関して、これまでにエッジノードプロセッサの拡張機能 [3] および、低消費電力エッジノードプロセッサの実現 [4] に取り組んできた。各種エッジノードプラットフォームとして Arduino や Raspberry Pi, ESP8266 などが普及しているが、WiFi搭載でスリープモードが充実している ESP8266 は低消費電力利用に適している。

ESP8266 は Wi-Fi 動作時の消費電力が Raspberry Pi に比べて2分の1程度と低消費電力ではあるが、平均消費電流 80 mA (約 264 mW) であり、電池駆動で連続使用するに

は消費電流が大きすぎる。

その対策として ESP8266 はスリープモードを提供しているが、その利用方法はユーザに委ねられている。本論文では、ESP8266 の電池駆動による長時間連続使用を目的として低消費電力モードの性能検証を、適用事例を交えて検討した結果について報告する。各スリープモードの消費電流値を測定した後、適用事例として、温湿度・気圧センサを用いた環境測定システムおよび心拍センサを用いたシステムの消費電流を実測評価した。以下にその詳細を報告する。

2 エッジノードの構成

2.1 システム構成

設計中のエッジノードシステム構成を図1に示す。ESP8266 がゲートウェイとして WiFi ルータ経由でインターネットに接続できる。終端デバイス (Sensor/Actuator) は Coordinator あるいは Repeater に応答して動作する。また Repeater は Coordinator にデータを転送し、Coordinator は有線もしくは無線経由でゲートウェイ (ESP) にデータを渡す。ESP8266 は Arduino 言語でプログラミング可能であり、Repeater には Arduino 系のデバイスを混在させても共通のソフトウェアを利用できる。

* 広島工業大学大学院工学系研究科情報システム科学専攻

** 広島工業大学情報学部情報工学科

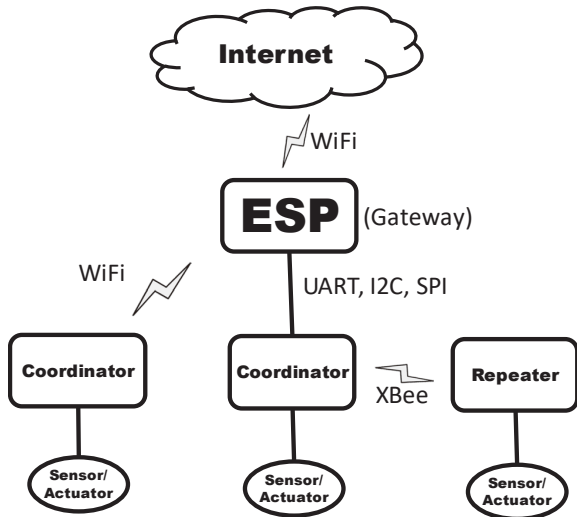


図1 エッジノードシステムブロック図

2.2 ESP8266

Espressif systems 社の ESP8266EX チップは Wi-Fi 通信機能と 32 b プロセッサおよび SRAM がオンチップに集積化されたシステムオンチップ (SoC) である。プログラムロード用の 4 MB フラッシュメモリと共に SMD モジュール化された ESP-WROOM-02 モジュールが、同じく Espressif systems 社から供給されている。本論文において ESP8266 と表記しているものは全て、このモジュールおよびモジュールを搭載した開発用ボードを指す。

ESP8266 には 3 種類のスリープモードが備わっており、ソフトウェア制御することができる。3つのスリープモードの仕様を表1に示す [5]。Deep-sleep モードでは real-time clock (RTC) とウォッチドッグタイマ以外は停止しており、水晶振動子も停止している。

表1 ESP8266 のスリープモード仕様表 [5]

	Modem	Light	Deep
Wi-Fi	OFF	OFF	OFF
System clock	ON	OFF	OFF
CPU	ON	Pending	OFF
RTC	ON	ON	ON
current	15 mA	0.9 mA	10 μ A

2.3 温湿度・気圧センサ

適用事例1としてボッシュ・センサーテック社の温湿度・気圧センサ BME280 を使用した場合の消費電流評価を行った。

2.4 心拍センサ

適用事例2として SparkFun 社製の光学式心拍センサ Pulse Sensor Amped を使用した場合の消費電流評価を行った。このセンサはアナログ出力のみのため、ADCに MCP3002 を使用し、ESP8266 との SPI 通信によってデータを取得した。

3 電流測定方法

電流測定には TI 社の電流・電圧モジュール INA226 が搭載された INA226PRC と ESP8266 を I²C 接続したものを使用した。INA226PRC の測定電流値の最小分解能は 0.1mA、測定範囲は -3.2768 A ~ +3.2767 A である。測定回路の構成を図2に示す。

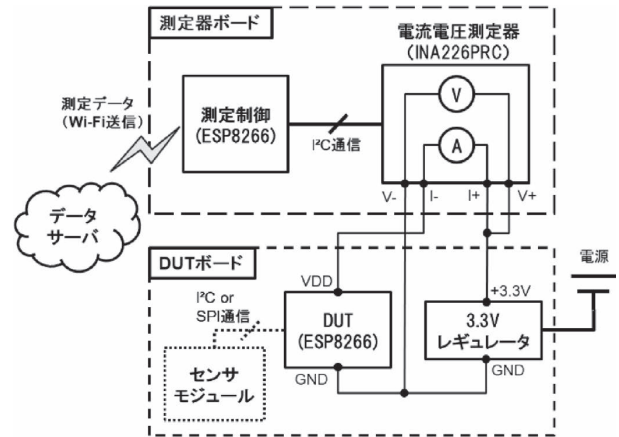


図2 測定回路の構成

4 ESP8266 単体の消費電流計測

まず初めに、ESP8266 単体の各スリープモード動作時の消費電流測定を行った。各測定は Wi-Fi モジュールを起動後、5 秒間待機しスリープへ移行させた。サンプリング間隔は 10 ms で 2500 回サンプリングし、25 秒間の測定を行った。表2に3つの Sleep モード時の電流測定結果を示す。

表2 各 Sleep モード時の ESP8266 単体消費電流測定結果

	平均	最小	最大
Modem-sleep (mA)	15.0	14.8	15.3
Light-sleep (mA)	1.1	0.9	1.3
Deep-sleep (μ A)	37.3	36.8	38.7

4.1 Modem-sleep 時の ESP8266 単体測定結果

図3は Modem-sleep モードにおける、スリープ直前から測定終了時までの ESP8266 単体の消費電流グラフである。表2の Modem-sleep 時の平均電流値は 15 mA であり、仕様

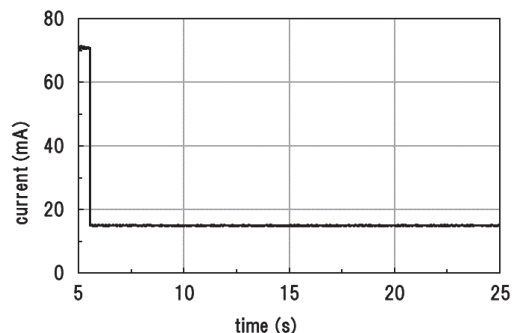


図3 Modem-sleep 時の ESP8266 単体消費電流グラフ

通りの性能が得られた。グラフを見ると、スリープ時の消費電流値は 15 mA 付近でほとんどばらつき無く安定している。

4.2 Light-sleep 時の ESP8266 単体測定結果

表 2 の Light-sleep 時の電流測定結果を見ると平均電流値は 1.1 mA であり、ほぼ仕様通りの性能が得られた。Light-sleep モードにおける ESP8266 単体の消費電流グラフを図 4 に示す。

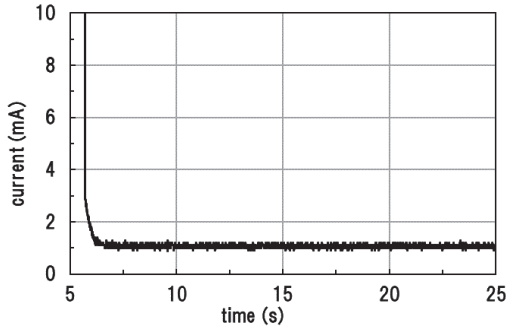


図 4 Light-sleep 時の ESP8266 単体消費電流グラフ

4.3 Deep-sleep 時の ESP8266 単体測定結果

Deep-sleep モードの仕様上の消費電流値は 10 μ A であるが、INA226PRC の最小分解能は 0.1 mA であるため、最小分解能 1 nA のデジタルマルチメータ (SANWA PC7000) を用いて計測した。表 2 の Deep-sleep 時の消費電流測定結果を見ると平均電流 37.3 μ A は仕様値の 4 倍弱である。Deep-sleep モードでは必ずしも仕様通りの性能を得られないことがわかる。

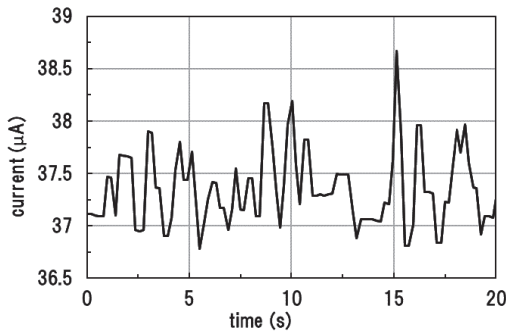


図 5 Deep-sleep 時の ESP8266 単体消費電流精密測定グラフ

5 ESP8266+温湿度・気圧センサの消費電流計測

次に、温湿度・気圧センサ BME280 を ESP8266 に接続し、電流計測を行った。システム環境は、30秒ごとに温湿度・気圧をセンシングし、DUT の起動から60秒間測定を行った。3つのスリープモードで計測した結果を表 3 に示す。

温湿度・気圧センサの動作時電流は 340~714 μ A 程度なので Deep-sleep モード以外は、スリープ時もセンシング時

表 3 各 Sleep モード時の ESP8266+BME280 消費電流測定結果

	全体平均	スリープ時	センシング時
Modem-sleep (mA)	26.9	15.4	73.6
Light-sleep (mA)	18.2	2.9	73.3
Deep-sleep (mA)	15.5	0.4	73.9

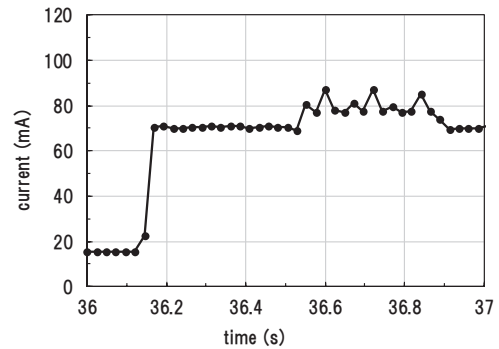


図 6 Modem-sleep からの立上り (ESP8266+BME280)

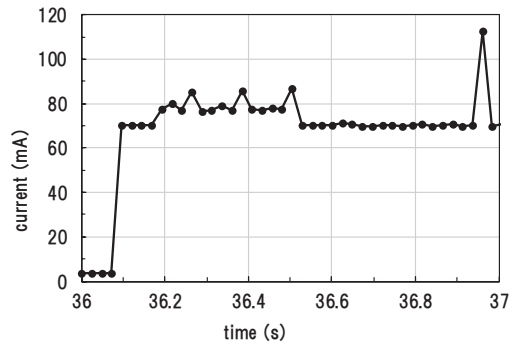


図 7 Light-sleep からの立上り (ESP8266+BME280)

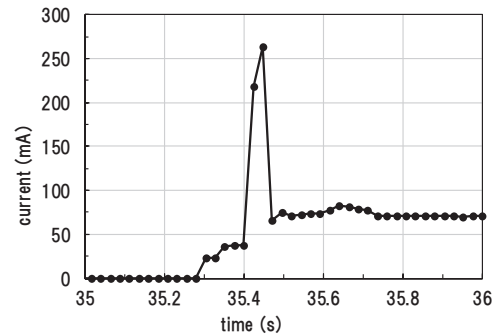


図 8 Deep-sleep からの立上り (ESP8266+BME280)

も消費電流は ESP8266 が支配的である。

Deep-sleep モードのスリープ時には ESP 単体の場合の 10 倍程度の電流が流れ、温湿度・気圧センサの消費電流が支配的である。これは今回の実測実験では温湿度・気圧センサの制御系を実装していないためである。温湿度・気圧センサのスリープ時電流は 0.1 μ A 程度であるので、ESP の Deep-sleep モードを利用する場合は温湿度・気圧センサもスリープさせると効果的であると考えられる。

また図 8 に示すように、ESP8266 は Deep-sleep からの復帰時には一時的に 250 mA 以上の電流を必要とする。ピーク期間は 50 ms 程度である。

6 ESP+心拍センサの消費電流計測

次に、心拍センサをESP8266に接続し、センシングするシステムをDUTとして設置し計測を行った。システム環境は、30秒ごとに心拍をセンシングし、ESPの起動から60秒間測定を行った。3つのスリープモードで計測した結果を表4に示す。いずれも60秒間の測定結果である。

表4 各 Sleep モード時のESP+心拍センサ消費電流測定結果

	全体平均	スリープ時	センシング時
Modem-sleep (mA)	36.8	16.1	76.6
Light-sleep (mA)	29.5	2.4	76.0
Deep-sleep (mA)	24.7	0.7	75.5

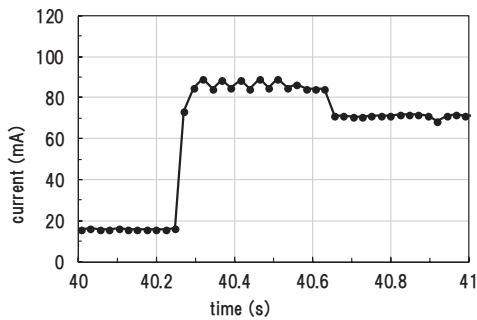


図9 Modem-sleep からの立上り (ESP+心拍センサ)

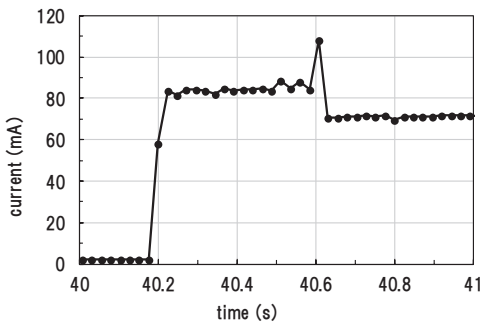


図10 Light-sleep からの立上り (ESP+心拍センサ)

温湿度・気圧センサと同様に、Deep-sleep モード以外は、スリープ時もセンシング時も消費電流はほぼESP8266の電流値によって決まる。

Deep-sleep モードの sleep 時にはESP単体の20倍程度の電流が流れる。使用した心拍センサはスリープモードを備えていないのでESPのDeep-sleep モードを利用する場合はESP側から心拍センサの電源を制御するのが効果的であると考えられる。

7 考察

一般的な単3乾電池の電流容量は900~2800 mAhである。Deep-sleep モードでは実測値で37 μ A程度であったからESP8266は単3乾電池1本で約1000日~3000日間、WiFi CoordinatorあるいはWiFi Gatewayとしてスリープ状態を維持できることになる。

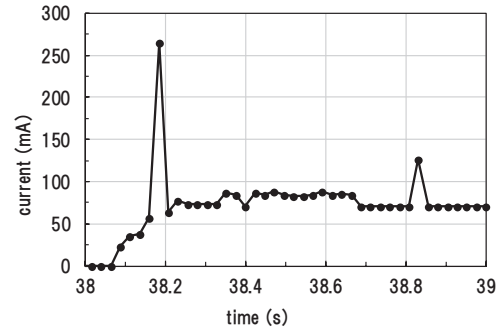


図11 Deep-sleep からの立上り (ESP+心拍センサ)

動作時には80 mA程度を消費するので、10秒程度のセンシング動作ならば約4000回~12000回程度実行できる。つまり1日10回程度の測定が必要なアプリケーションであれば400日~1200日、1日100回程度の測定が必要なアプリケーションならばCoordinatorを含めて40日~120日程度の連続動作が可能である。

8 まとめ

エッジノードプラットフォームESP8266の低消費電力利用を想定し、単体での消費電流実測評価を行った。その結果、Modem-sleepおよびLight-sleepはほぼ仕様通りの値を得た。Deep-sleepでは仕様値の4倍程度の消費電流ではあったが実測値約37 μ Aは電池駆動を想定しても十分低い消費電流である。さらに温湿度・気圧センサと心拍センサの事例についての消費電流測定も実施した。その結果、使用条件さえ満たすならば単3乾電池1本で400日~1200日の連続動作も十分可能なレベルであることが確認できた。

文 献

- [1] Miorandi, Daniele, et al. "Internet of things: Vision, applications and research challenges," Ad Hoc Networks, vol. 10, No. 7, pp. 1497-1516, Sep. 2012.
- [2] Maksimović, Mirjana, et al. "Raspberry Pi as Internet of things hardware: performances and constraints," Proc. IcETRAN 2014, pp. ELI1.6.1-6, Serbia, Jun 2-5, 2014.
- [3] 近藤明弘, 鬼追一雅, "IoE用エッジノードプロセッサの研究," 2016 IEEE SMC Hiroshima Chapter 若手研究会講演論文集, pp. 47-48, 2016年7月.
- [4] 近藤明弘, 鬼追一雅, "低消費電力エッジノードプロセッサの研究," 広島工業大学紀要研究編, 第51巻, pp. 45-48, 2017年2月.
- [5] Espressif Inc, "ESP8266 Low Power Solutions," [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/9b-esp8266-low_power_solutions_en_0.pdf. [Accessed: 12-Oct-2017].