



viettel

TÍCH HỢP GIẢI PHÁP IOT SỬ DỤNG MODULE NB-IOT

ĐẶNG QUANG HƯNG – CHỦ VĂN MINH

VIETTEL DIGITAL TALENT 2023 - INTERNET OF THINGS

NỘI DUNG

Phần 1: Phân tích yêu cầu dự án

Phần 2: Xây dựng và triển khai giải pháp

Phần 3: Kết quả thực hiện

PHẦN 1

Phân tích yêu cầu dự án

Yêu cầu:

Sử dụng một vi điều khiển bất kỳ, điều khiển module SIM NB-IoT gửi định kỳ 5 phút/lần các dữ liệu:




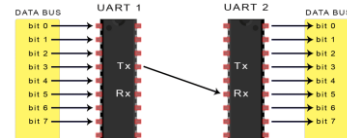


- RSRP
- RSRQ
- PCI
- SINR
- cellID
- toạ độ thiết bị

lên một nền tảng IoT bất kỳ.

Xác định nhiệm vụ thiết kế:

- Lựa chọn vi điều khiển, lập trình vi điều khiển.
- Phương pháp giao tiếp giữa vi điều khiển và module NB-IoT.
- Điều khiển module SIM NB-IoT dựa trên tập lệnh AT, lấy dữ liệu hệ thống, tọa độ theo yêu cầu.
- Phương pháp truyền dữ liệu tới nền tảng IoT.
- Cấu hình nền tảng IoT.
- Xây dựng chu trình gửi dữ liệu 5 phút/lần, trong thời gian chờ có thể ngủ thiết bị để tiết kiệm năng lượng tiêu thụ.

3 Lựa chọn tài nguyên thiết kế

Vi điều khiển	ESP32 DEVKITV1	
Framework	ESP-IDF 5.2	 ESPRESSIF
Module SIM NB-IoT	SIM7090G	
Giao tiếp giữa VĐK và Module NB-IoT	Serial/UART	
Giao thức truyền tin	MQTT	
Nền tảng IoT	Thingsboard CE	 ThingsBoard

Định nghĩa:

- AT Command là một tập hợp các lệnh được sử dụng để điều khiển một modem, trong đó AT là viết tắt của “attention”.
- Các lệnh này được gọi là AT do cú pháp của mọi lệnh được bắt đầu bằng tiền tố “AT” hoặc “at”, “aT”, “At”.

Phân loại:

Gồm bốn loại theo các hậu tố khác nhau:

- | | | |
|---------------|----------|---|
| • =? | Test, | Kiểm tra tính tương thích của lệnh với modem. |
| • ? | Read, | Trích xuất thông tin từ modem. |
| • = | Set, | Cài đặt cấu hình cho modem. |
| • None | Execute, | Thực hiện thao tác trên modem |

Cú pháp:

- Các lệnh AT có định dạng **AT<x><n>** hoặc **AT+<x><n>**, **AT&<x><n>** trong đó **<x>** là lệnh và **<n>** là hậu tố cho lệnh đó.
- Để chấm dứt dòng lệnh nhập **<CR>**. **<CR>** hay **Carriage Return** (0x0D, \r) sẽ di chuyển con trỏ về đầu dòng mà không chuyển sang dòng tiếp theo.
- Các lệnh thường được theo sau bởi một phản hồi cấu trúc **<CR><LF><phản hồi><CR><LF>**. **<LF>** hay **Line Feed** (0x0A, \n) di chuyển con trỏ xuống dòng tiếp theo mà không quay lại đầu dòng.

Kết quả phản hồi:

- Tùy thuộc vào lệnh AT, ngoài nội dung phản hồi còn kèm theo mã kết quả TA (Terminal Adapter) gồm các kiểu: **OK, CONNECT, RING, NO CARRIER, ERROR, NO DIALTONE, BUSY, NO ANSWER, PROCEEDING,...**
- **OK** cho biết lệnh đã được thực hiện thành công.
- **ERROR** trong các trường hợp: cú pháp không chính xác, modem không tương thích với lệnh AT đã gửi hoặc modem hiện không thể xử lý lệnh.

4 Tập lệnh AT với Module NB-IoT

Tập lệnh cơ bản với module SIM7090G:

AT Kiểm tra lệnh, luôn trả về OK.

ATE<value> Cài đặt TA lặp lại các ký tự được nhận từ TE;
<value>=0 hoặc 1 (tắt hoặc bật lặp lại echo).

AT+CPOWD=<n> Tắt nguồn module; <n>=1: Tắt nguồn bình thường và phản hồi
NORMAL POWER DOWN, <n>=0: Tắt nguồn khẩn cấp và không phản hồi.

Tập lệnh cơ bản với module SIM7090G:

AT+CENG?

- TA trả về chế độ kỹ thuật (engineering mode) hiện tại, cho phép kiểm tra thông tin mạng thiết bị với cell phục vụ hoặc cell lân cận.
- Kết quả phản hồi có dạng:

+CENG: <mode>,<Ncell>,<cell num>,<SystemMode>

[+CENG:<cell>,"<earfcn>,<pci>,<rsrp>,<rssi>,<rsrq>,<sinr>,<tac>,<cellid>,<mcc>,<mnc>,<tx power>"<CR><LF>...]

OK

Tập lệnh cơ bản với module SIM7090G:

AT+CENG?

+CENG: <mode>,<Ncell>,<cell num>,<SystemMode>

- <mode>: 0 hoặc 1 tương ứng bật tắt chế độ kỹ thuật.
- <Ncell>: Hiển thị thông tin cell ID lân cận.
- <cell num>: Số lượng cell gồm cell phục vụ và cell lân cận.
- <System Mode>: NO SERVICE hoặc GSM hoặc LTE CAT-M1 hoặc LTE NB-IOT tương ứng với các modem khác nhau.

Tập lệnh cơ bản với module SIM7090G:

AT+CENG?

[+CENG:<cell>,"<earfcn>,<pci>,<rsrp>,<rssi>,<rsrq>,<sinr>,<tac>,<cellid>,<mcc>,<mnc>,<tx power>",...]

- <pci>: Physical Cell ID.
- <rsrp>: Công suất thu tín hiệu (áp dụng cho CAT-M và NB-IoT).
- <rsrq>: Chất lượng tín hiệu, đo bằng L1.
- <sinr>: Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu-cộng-nhiều, dải từ -20 đến 30.
- <cellID>: ID của cell ở định dạng thập lục phân HEXA.

Giá trị này là mảng nếu có nhiều cell (cell phục vụ và các cell lân cận) hoặc không trả về nếu không có cell.

Tập lệnh cho ứng dụng IP:

AT+CNACT=<pdpidx>,<action>

- <pdpidx> định nghĩa PDP; <action>=0 hoặc 1 hoặc 2 (huỷ kích hoạt, kích hoạt, tự động kích hoạt). Phản hồi **OK** nếu thành công và **+CME ERROR: <err>** nếu thất bại.
- Ngoài ra, còn trả về **+APP PDP: <pdpidx>,ACTIVE** nếu đã kích hoạt mạng hoặc **+APP PDP: <pdpidx>,DEACTIVE** nếu không kích hoạt mạng.

Tập lệnh cho ứng dụng MQTT(s):

AT+SMCONF=<MQTTParamTag>,<MQTTParamValue>

Thiết lập tham số cho kết nối MQTT, phản hồi **OK** hoặc **ERROR**. Các tham số chính bao gồm:

- “CLIENTID” , <clientid>: Thiết lập clientid.
- “URL”,<serverdomain>,<tcpPort>: Địa chỉ URL của máy chủ gồm địa chỉ hoặc IP và cổng TCP.
- “USERNAME”,<username>: Tên đăng nhập.
- “PASSWORD”,<password>: Mật khẩu.

Tập lệnh cho ứng dụng MQTT(s):

AT+SMCONN Thiết lập kết nối MQTT, phản hồi **OK** hoặc **ERROR**

AT+SMPUB=<topic>,<contentlength>,<qos>,<retain>

- <contentlength>: Độ dài tin gói tin.
- <qos>: Mức QOS (0-At most once,1-At lease once,2-Only once).
- <retain>: Giữ máy chủ; <retain>=0 máy chủ không giữ tin nhắn cho chủ đề này hoặc <retain>=1 giữ các tin nhắn cho chủ đề này.
- Xuất bản gói tin theo <topic>. Tin nhắn được nhập tiếp theo, thoát khỏi chế độ nhập nếu tin nhắn có chiều dài bằng <contentlength> định nghĩa ở trên.

4 Tập lệnh AT với Module NB-IoT

Tập lệnh cho ứng dụng GNSS:

AT+CGNSPWR=<mode> 0 hoặc 1 tương ứng tắt hoặc bật nguồn GNSS. Phản hồi **OK** hoặc **ERROR**.



Tập lệnh cho ứng dụng GNSS:

AT+CGNSINF Thông tin điều hướng GNSS được phân tích cú pháp từ NMEA.

Kết quả phản hồi có dạng:

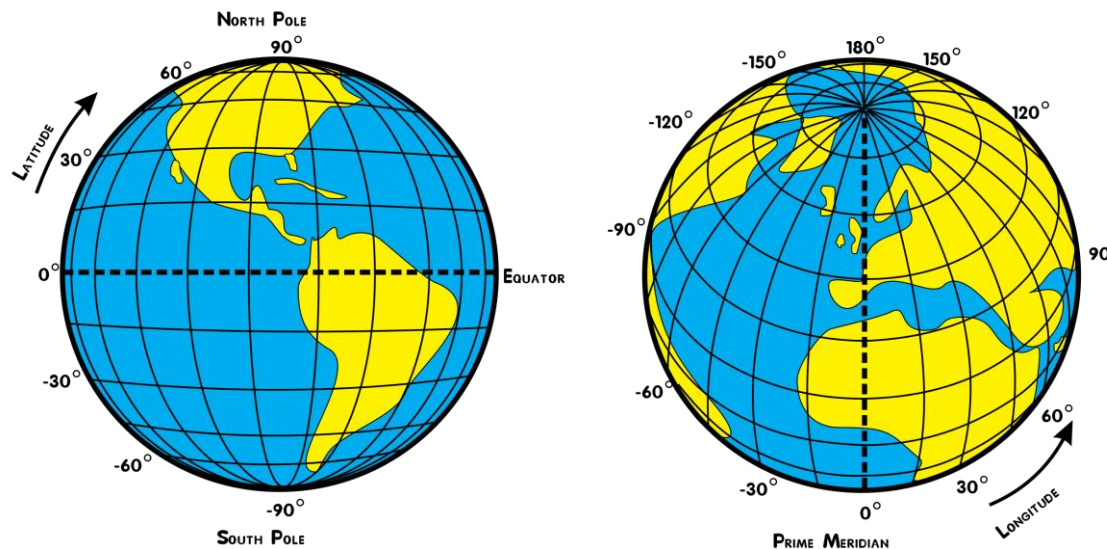
+CLBSCFG:<GNSSrunstatus>,<Fixstatus>,<UTCdate&Time>,<Latitude>,<Longitude>,<MSLAltitude>,<SpeedOverGround>,<CourseOverGround>,<FixMode>,<Reserved1>,<HDOP>,<PDOP>,<VDOP>,<Reserved2>,<GNSSSatellitesinView>,<Reserved3>,<HPA>,<VPA>

OK

Tập lệnh cho ứng dụng GNSS:

AT+CGNSINF Đối với yêu cầu về thu thập tọa độ, cần chú ý các giá trị:

- <GNSSrunstatus>: 0 hoặc 1 tương ứng tắt hoặc bật GNSS.
- <Latitude>: Vĩ độ, thuộc dải $[-90.000000, 90.000000]$
- <Longitude>: Kinh độ, thuộc dải $[-180.000000, 180.000000]$



Tập lệnh cho ứng dụng LBS:

AT+CLBS=<type>,<cid> Cho kết quả tọa độ dựa trên thu thập thông tin từ các trạm. <type>=1 lấy kinh độ,vĩ độ hoặc <type>=4 lấy kinh độ, vĩ độ và thời gian. Kết quả phản hồi với <type>=1:

+CLBS: <locationcode>[,<longitude>,<latitude>,<acc>]

OK

Trong đó:

- <locationcode>: 0-thành công, 1-thất bại, 2-quá thời gian,...
- <latitude> và <longitude> tương tự với ứng dụng GNSS.
- <acc>: Độ chính xác của kết quả.

Tập lệnh cho ứng dụng LBS:

AT+CLBS=<type>,<cid> Cho kết quả tọa độ dựa trên thu thập thông tin từ các trạm. <type>=1 lấy kinh độ,vĩ độ hoặc <type>=4 lấy kinh độ, vĩ độ và thời gian. Kết quả phản hồi với <type>=1:

+CLBS: <locationcode>[,<longitude>,<latitude>,<acc>]

OK

Trong đó:

- <locationcode>: 0-thành công, 1-thất bại, 2-quá thời gian,...
- <latitude> và <longitude> tương tự với ứng dụng GNSS.
- <acc>: Độ chính xác của kết quả.

PHẦN 2

Xây dựng và triển khai giải pháp

4 bước xử lý dữ liệu:

- Thu thập
- Trích xuất
- Xuất bản
- Hiển thị

```
+CENG: <mode>,<Ncell>,<cell num>,<System Mode>

[+CENG:
<cell>,<earfcn>,<pci>,<rsrp>,<rssi>,<rsrq>,<sinr>,<tac>,<cellid>
,<mcc>,<mnc>,<tx power>"<CR><LF>+CENG:
<cell>,<earfcn>,<pci>,<rsrp>,<rssi>,<rsrq>,<sinr>"...

]OK
```

```
ESP_LOGI(TAG, "pci: %d", pci);
ESP_LOGI(TAG, "rsrp: %d", rsrp);
ESP_LOGI(TAG, "rsrq: %d", rsrq);
ESP_LOGI(TAG, "sinr: %d", sinr);
ESP_LOGI(TAG, "cellid: %d", cellid);
```

2023-05-09 08:55:57	cellid	2633929
2023-05-09 08:55:57	pci	83
2023-05-09 08:55:57	rsrp	-79
2023-05-09 08:55:57	rsrq	-11
2023-05-09 08:55:57	sinr	-3

Entity name ↑	Entity type	cellid	pci	rsrp	rsrq	sinr
NB-IoT	Device	2633929	83	-79	-11	-3

Thu thập dữ liệu từ chế độ kỹ thuật và dữ liệu tọa độ từ module NB-IoT

Trích xuất và chuẩn hoá dữ liệu

Xuất bản lên nền tảng IoT Thingsboard

Hiển thị giao diện Dashboard

Tạo Mẫu thiết bị (Device profiles):

- Tên mẫu: **VHT**
- Vận chuyển: **MQTT**, dạng payload: **JSON**
- Topic dạng Telemetry (biểu diễn chuỗi thời gian): **v1/devices/me/telemetry**
- Topic dạng Attributes (biểu diễn dạng thuộc tính): **v1/devices/me/attributes**

The screenshot displays the 'Device profiles' management interface. On the left, a table lists existing profiles. The main panel shows the configuration for the 'VHT' profile, which is set as the default.

Created time ↓	Name	Profile type
2023-06-01 15:29:14	VHT	Default
2023-05-29 11:23:00	Charging port	Default
2023-05-29 11:23:00	Air Quality Sensor	Default
2023-05-29 11:23:00	Temperature Sensor	Default
2023-05-29 11:22:39	default	Default

VHT
Device profile details

Details | **Transport configuration** | Alarm rules (0) | Device provisioning

Transport type*
MQTT

Enables advanced MQTT transport settings

☐ MQTT Sparkplug B Edge of Network (EoN) node.

MQTT device topic filters

Telemetry topic filter*	Attributes publish topic filter*	Attributes subscribe topic filter*
v1/devices/me/telemetry	v1/devices/me/attributes	v1/devices/me/attributes

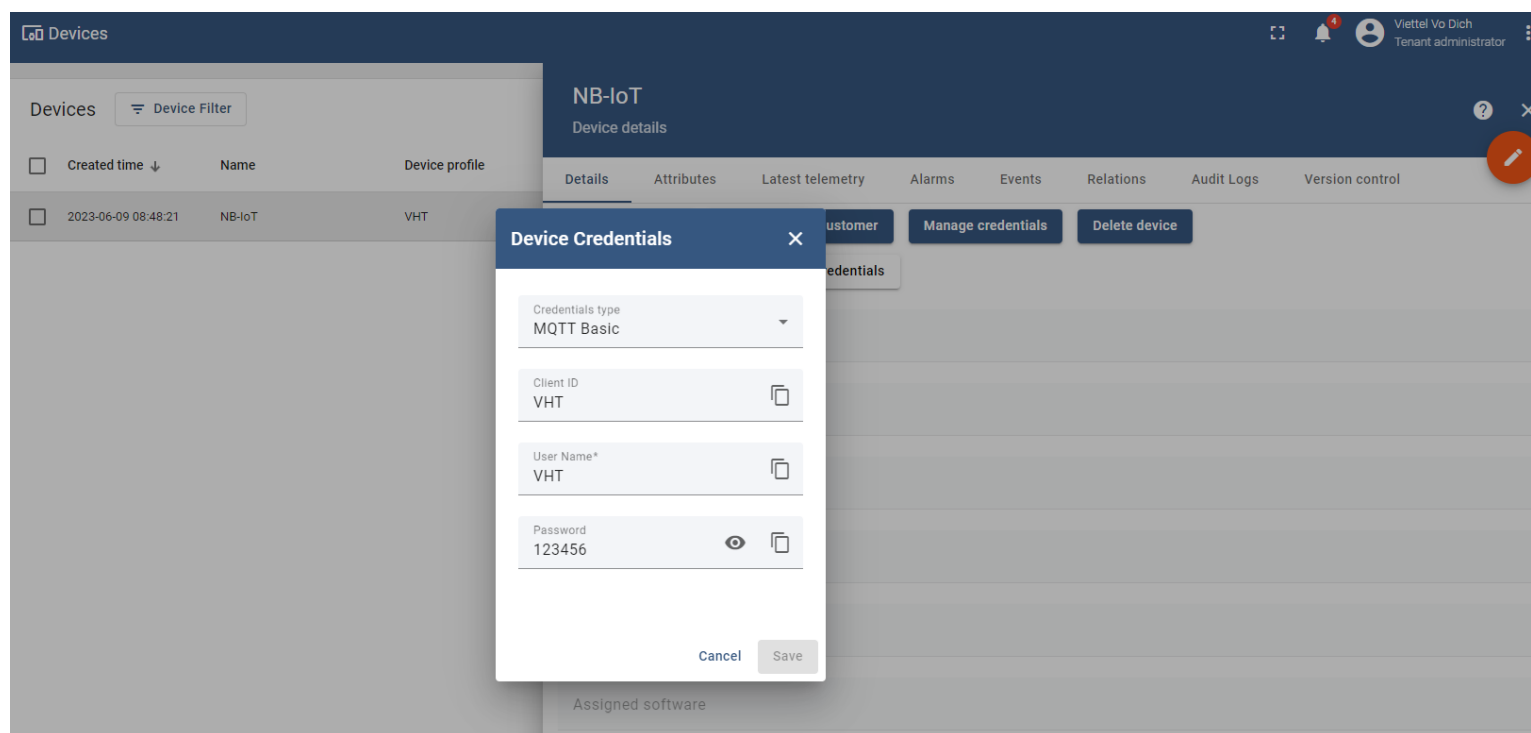
Single [*] and multi-level [#] wildcards supported.
[*] is suitable for any topic filter level. Ex.: v1/devices/*telemetry or */devices/*attributes.
[#] can replace the topic filter itself and must be the last symbol of the topic. Ex.: # or v1/devices/me/#.

MQTT device payload
JSON

2 Cấu hình nền tảng IoT

Tạo Thiết bị (Device):

- Tên thiết bị: **NB-IoT**
- Mẫu thiết bị: **VHT**
- Đăng nhập: **MQTT Basic**, Client ID: **VHT**, Username: **VHT**, Password: **123456**



Thiết lập UART:

- UART_NUM_2 (GPIO **17, 16**)
- baud_rate: **115200**
- data_bits: **UART_DATA_8_BITS**
- stop_bits: **UART_STOP_BITS_1**
- Nội dung: **<Atcommand><CR><LF>** tương ứng với **“Atcommand\r\n”**

Kiểm tra dịch vụ mạng:

- Gửi lệnh AT: **AT_CENG**, nếu kết quả trả về có chứa “NO SERVICE” thiết lập cờ báo AT_NO_SERVICE. Nếu kết quả trả về “LTE NB-IOT” thiết lập cờ báo AT_CENG.
- Việc kiểm tra dịch vụ mạng nhằm mục đích kiểm tra trạng thái kết nối internet của module NB-IoT, là cơ sở để thực hiện các lệnh tiếp theo của chương trình.

Tập lệnh cấu hình MQTT:

- Gửi lệnh kích hoạt: **AT+CNACT=0,1**
- Lệnh cấu hình MQTT: **AT+SMCONF=\"URL\", \"demo.thingsboard.io\", 1883, AT+SMCONF=\"USERNAME\", \"VHT\", AT+SMCONF=\"CLIENTID\", \"VHT\", AT+SMCONF=\"PASSWORD\", \"123456\"**
- Kiểm tra phản hồi của các lệnh, nếu phản hồi ACTIVE dựng cờ AT_ACTIVE, phản hồi OK dựng cờ AT_OK. Trong quá trình thực hiện, nếu không phải một trong cờ trên thì sẽ thực hiện gửi lại lệnh cấu hình với số lượng lần nhất định (mặc định 3 lần).

Trích xuất thông tin pci, sinr, rsrp, rsrq, cellID:

- Gửi lệnh: **AT_CENG**. Nếu thành công, trích xuất 5 thông tin trên sử dụng hàm sscanf() như sau:

```
sscanf(Simcom7090.buffer_rec,"%[^:]:%[^:]: %s",extract,extract,extract);
```

```
sscanf(extract,"%d,\"%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d",&dontcare,&dontcare,&pci,&rsrp,&dontcare,&rsrq,&sinr,&dontcare,&cellid);
```

- Đọc xâu dựa trên các điều kiện vào đặt giá trị cho các biến.

```
+CENG: <mode>,<Ncell>,<cell num>,<System Mode>
```

```
[+CENG:
```

```
<cell>,<earfcn>,<pci>,<rsrp>,<rssi>,<rsrq>,<sinr>,<tac>,<cellid>
```

```
,<mcc>,<mnc>,<tx power>"<CR><LF>+CENG:
```

```
<cell>,<earfcn>,<pci>,<rsrp>,<rssi>,<rsrq>,<sinr>"...
```

```
]OK
```

Trích xuất thông tin latitude, longitude:

- Gửi lệnh: **AT+CGNSINF**. Nếu thành công, trích xuất 2 thông tin tọa độ sử dụng hàm sscanf() như sau:

```
sscanf(Simcom7090.buffer_rec, "%[^:]: %s", extract, extract);
```

```
sscanf(extract, "%d,%d,%d,%f,%f",&dontcare,&dontcare,&dontcare,&latitude,&longitude);
```

- Đọc xâu dựa trên các điều kiện vào đặt giá trị cho các biến.

```
+CLBSCFG: <GNSS run status>,<Fix status>,<UTC date &  
Time>,<Latitude>,<Longitude>,<MSL Altitude>,<Speed Over  
Ground>,<Course Over Ground>,<Fix  
Mode>,<Reserved1>,<HDOP>,<PDOP>,<VDOP>,<Reserved2>,<G  
NSS Satellites in View>,<Reserved3>,<HPA>,<VPA>
```

OK

Trích xuất thông tin latitude, longitude:

- Nếu vì một lí do nào đó GNSS không trả về toạ độ, ta có thể sử dụng **AT+CLBS=1,0** để ước lượng vị trí hiện tại. Nếu thành công, trích xuất 2 thông tin toạ độ sử dụng hàm sscanf() như sau:
sscanf(Simcom7090.buffer_rec,"%[^:]:%d,%f,%f",extract,&dontcare,&longitude,&latitude);
- Đọc xâu dựa trên các điều kiện vào đặt giá trị cho các biến.

```
+CLBS: <locationcode>[,<longitude>,<latitude>,<acc>]
```

OK

Xuất bản lên nền tảng Thingsboard:

- Đối với dữ liệu từ chế độ kĩ thuật, xuất bản theo chủ đề Telemetry bằng lệnh: **AT+SMPUB=\"v1/devices/me/telemetry\",<length>,<qos>,<retain>**. <length> là độ dài bản tin được lấy từ hàm strlen(), <qos> mặc định 0 và <retain> mặc định 1. Sau đó gửi nội dung bản tin dạng JSON.
- Với dữ liệu toạ độ, xuất bản theo chủ đề Attributes bằng lệnh: **AT+SMPUB=\"v1/devices/me/attributes\",<length>,<qos>,<retain>** với phương pháp tương tự.
- Cần sử dụng hai chủ đề riêng như trên để phù hợp với khâu xử lý dữ liệu tại Dashboard của nền tảng Thingsboard.

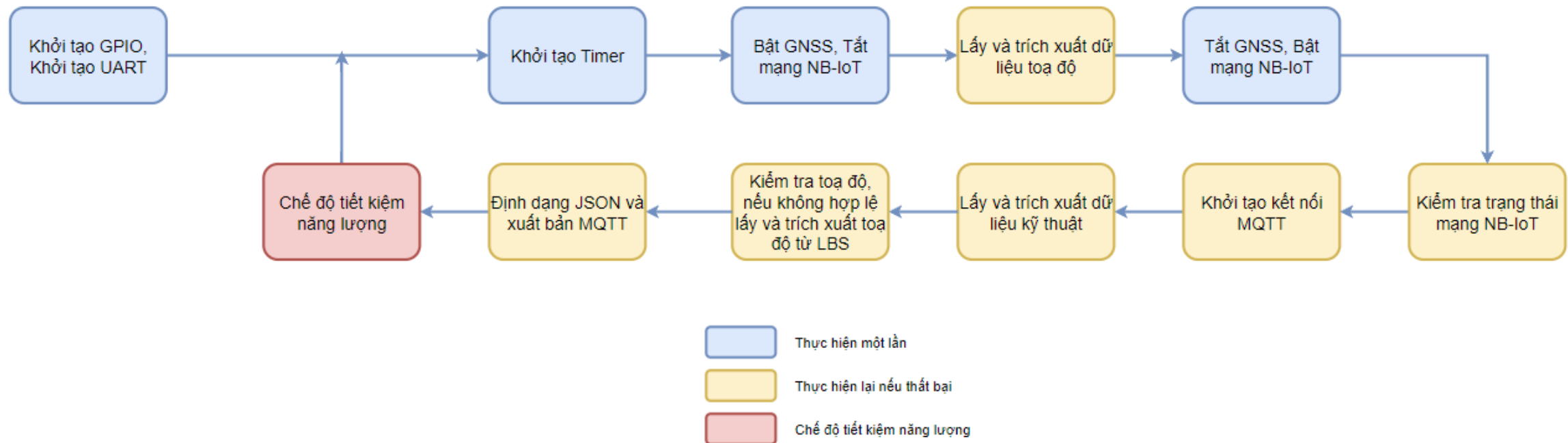
Thiết lập tắt module NB-IoT:

- Gửi lệnh **AT+CPOWD=1** và kiểm tra kết quả **NORMAL POWER DOWN**.
- Bật module bằng gửi tín hiệu mức thấp đến chân **PWR**.

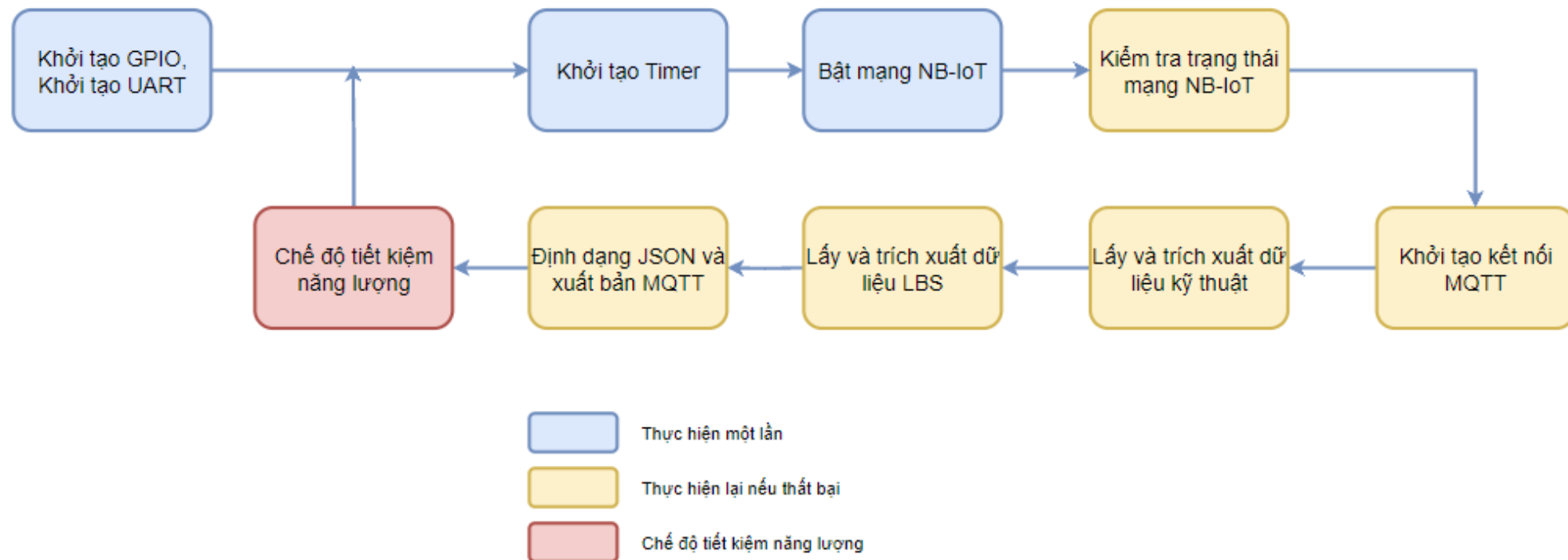
Thiết lập ngủ module VĐK ESP32:

- Đặt bộ định thời cho thời gian thực hiện toàn bộ chương trình, thiết lập thời gian ngủ bằng chu kỳ gửi 5 phút trừ thời gian thực hiện.
- Kích hoạt chế độ ngủ light sleep.

Sơ đồ khối với chức năng:



Sơ đồ khối chức năng với phần cứng không có GNSS:

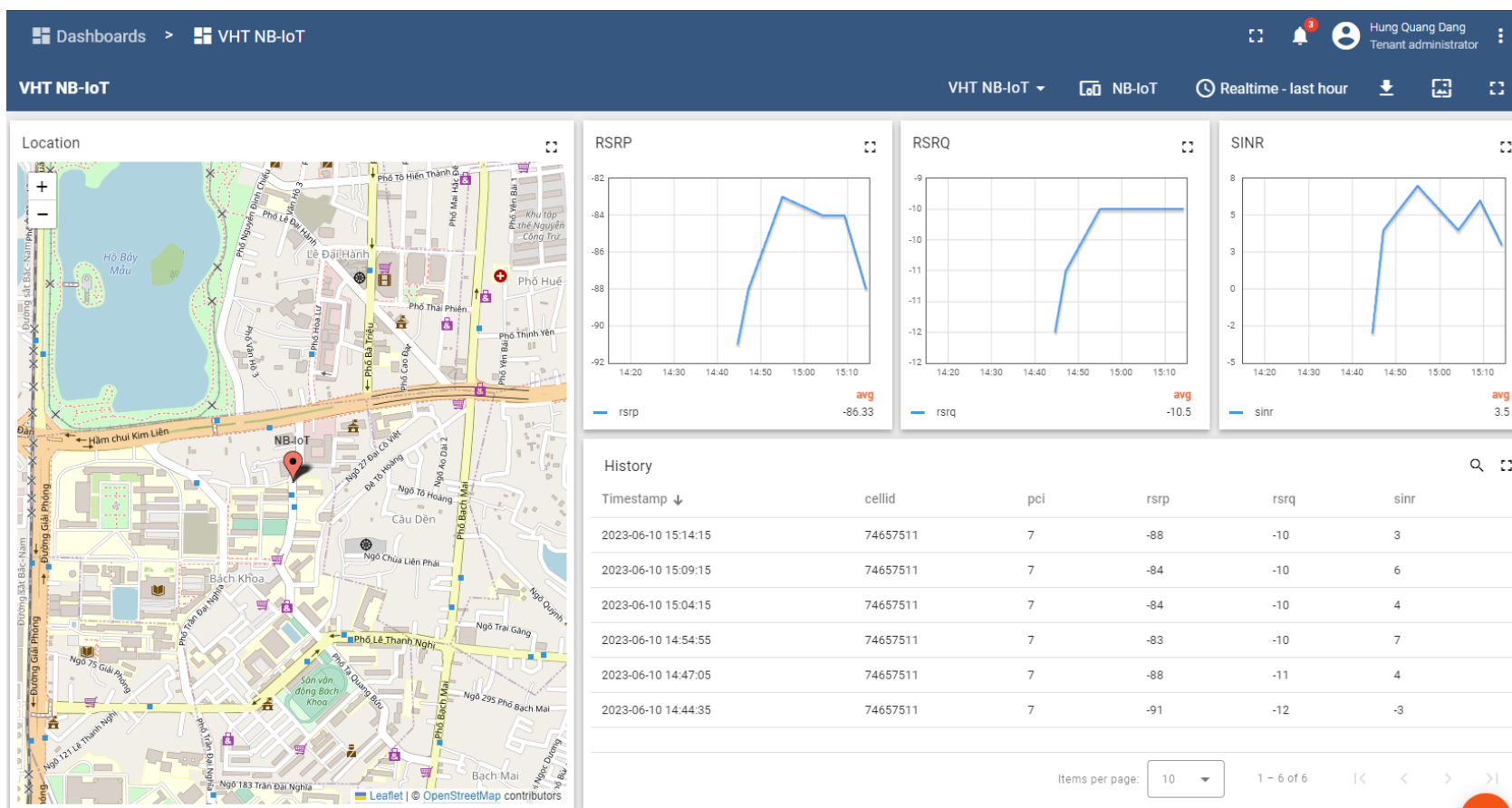


PHẦN 3

Kết quả thực hiện

1 Kết quả thực hiện

Giao diện hiển thị tại nền tảng Thingsboard:



2 Đánh giá hệ thống

- **Về mức độ hoàn thành:** Đáp ứng yêu cầu đề ra của dự án.
- **Về giải pháp:** Xây dựng thành công giải pháp điều khiển sử dụng ESP32 với khung phát triển ESP-IDF, tích hợp nền tảng IoT Thingsboard
- **Kết quả triển khai:** Vận hành tốt tại những khu vực trống, thoáng. Tại các khu vực bị che chắn, đôi khi không lấy được dữ liệu GNSS.

- **Bản trình bày:**

<https://drive.google.com/drive/folders/1KGw89rP2oPJDixyEUkVqjSMnyzfOy22J?usp=sharing>

- **Mã nguồn ESP32:** https://github.com/hungdaqg/VDT_Exam_02
- **Nền tảng Thingsboard** (Tài khoản: hungdaqg@gmail.com, Mật khẩu: 123456) tại server <https://demo.thingsboard.io>

- **Tài liệu đào tạo** thực tập sinh tài năng Viettel, lĩnh vực IoT:
https://drive.google.com/drive/folders/1jo_8g-l8FcsMtxSg4xgN9u_33fFpw5aq
- **SIM7070_SIM7080_SIM7090 Series_AT Command Manual_V1.05**, SIM7090G Module LPWA Wireless Solutions, SIMCOM,
<https://www.simcom.com/product/SIM7080G.html>
- **ESP32 Series Datasheet**, ESPRESSIF,
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf