Diseño y simulación de un sistema de alquiler de bicicletas e integración en red LoRaWAN

Juan Luis Mayor Puyol
Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación

Tutor: Víctor Monzón Baeza
Junio 2021

Universitat Oberta de Catalunya

Índice

- Justificación
- Objetivos
- Diseño
  - Sistema de alquiler BSS (Bike Sharing System)
  - Interfaz aire. Red LoRaWAN
- Arquitectura Simulación
- Entorno de simulación
- Resultados
- Conclusiones

Justificación

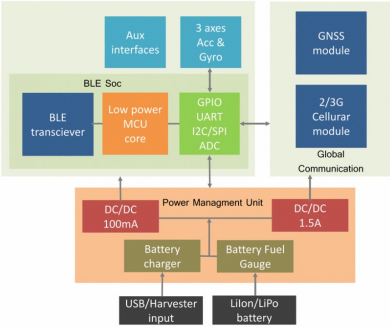
- Aumento del tráfico rodado en las grandes ciudades
  - Mejorar la seguridad de los trayectos en bicicleta.
  - Reducir la contaminación.
  - Fomentar el uso responsable del sistema de transporte no motorizado.
- Internet de las cosas IoT y LPWAN
  - Dispositivo IoT de bajo coste y bajo consumo.
  - Redes de transmisión de amplia cobertura y mínimo consumo.
- Simulador de dispositivos IoT
  - Uso de simulador en aplicaciones de Smart Cities.

Objetivos

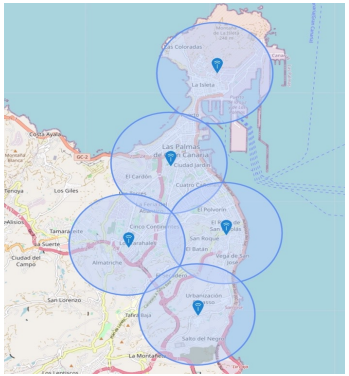
- Diseño sistema alquiler bicicletas orientado a la seguridad vial.
- Desarrollar un sistema de adquisición de datos geográficos.
- Estudio/Aplicación de un simulador de dispositivos IoT en entornos de Smart Cities.
- Integración y simulación en un entorno diseñado.

Diseño. Sistema BSS. Requerimientos

- Bicicleta
  - Dispositivo IoT
  - Receptor GPS
  - Velocímetro y acelerómetro
  - Sistema de alimentación



- Red LoRaWAN
  - Gateway
  - Servidor de red



- Servidor de aplicaciones
  - Base de datos Georreferenciada
  - Base de datos usuarios
  - Servidor Web

Universitat Oberta de Catalunya

Diseño. Sistema BSS. Procesos

Alquiler bicicleta

↓

Obtención de datos durante trayecto

↓

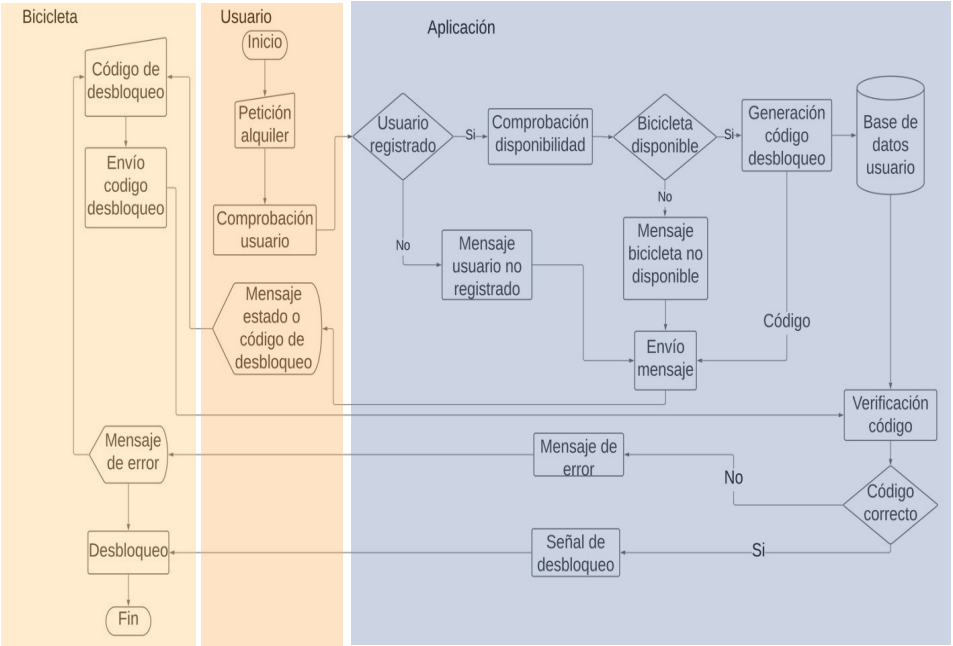
Comprobación comportamiento

↓

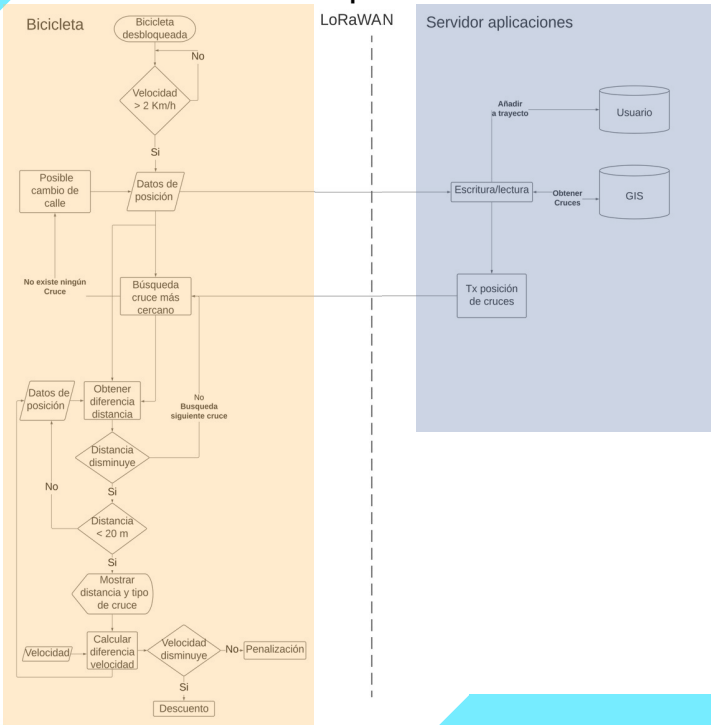
Fin de trayecto y cálculo coste de alquiler

Diseño. Sistema BSS. Procesos

Inicio alquiler

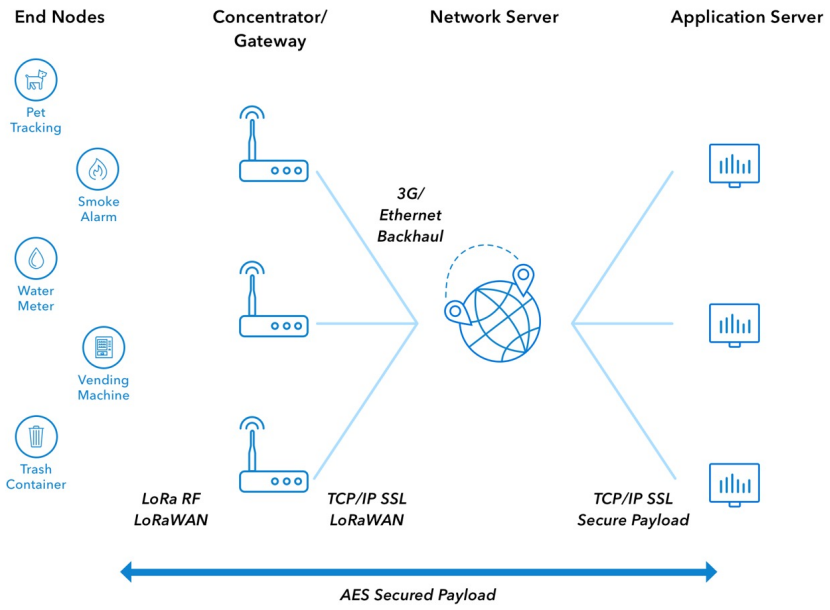


Obtención de datos y comportamiento



Diseño. Interfaz Aire red LoRaWAN

- Red no licenciada ISM (Industrial, Scientific and Medical)
- Tiempo máximo de transmisión el 1% del total
- The Things Stack V3.



Diseño. Interfaz Aire red LoRaWAN

Uplink

Comienzo alquiler

$b_{15}\ldots b_2$	$b_1\ b_0$
Código desbloqueo	00

Trayecto

$b_{15}\ldots b_9$	$b_8\ldots b_2$	$b_1\ b_0$
Puntuación	Velocidad	01

Finalización Alquiler

$b_{15}\ldots b_2$	$b_1\ b_0$
xx	10

Alarmas

$b_{15}\ldots b_2$	$b_1\ b_0$
Código alarma	11

Downlink

$b_7\ldots b_4$	$b_3\ldots b_0$
Nº de Cedas el paso	Nº de STOPs

$b_{15}\ldots b_{12}$	$b_{11}\ldots b_8$
Nº Estaciones	Nº de Semáforos

Universitat Oberta de Catalunya

Diseño. Interfaz Aire red LoRaWAN

Uplink

- 2 Bytes de control
- 4 bytes Latitud
- 4 bytes longitud

Incluido los bytes de cabecera hace un total de 23 bytes

Downlink

- 2 bytes de control
- 5x4 bytes latitud
- 5x4 bytes longitud

Incluido los bytes de cabecera hace un total de 55 bytes

ToA (Time of Air)

Uplink

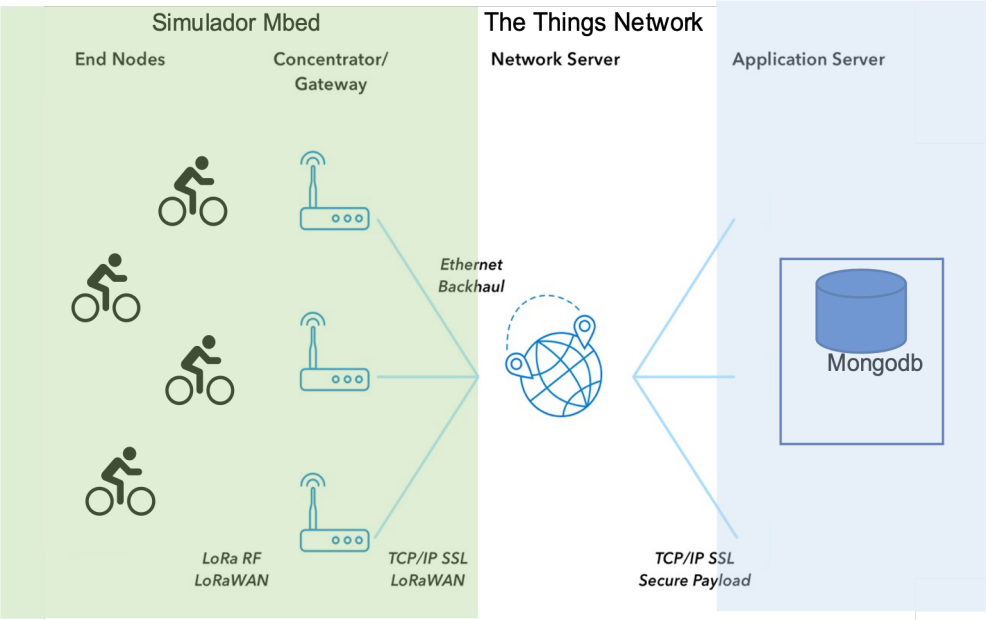
SF	BW(khz)	CR	T_{sym}(msg.)	$T_{preamble}$	payloadSymNb	$T_{payload}$	ToA	PL/hora	Sg.
7	125	1	1	12.5	48	49.1	61.7	583	6.1
8	125	1	2	25	43	88	113.1	318	11.3
9	125	1	4	50.2	38	155.6	205.8	174	20.7
10	125	1	8.2	100.4	33	270.3	370.7	97	37.1
11	125	1	16.4	200.7	38	622.6	823.3	43	83.7
12	125	1	32.76	401.4	33	1081.3	1482.8	24	150

Downlink

SF	BW(khz)	CR	T_{sym}(msg.)	$T_{preamble}$	payloadSymNb	$T_{payload}$	ToA	PL/hora	Sg.
7	125	1	1	12.5	93	95.2	107.8	334	10.8
8	125	1	2	25	83	170	195	184	20
9	125	1	4	50.2	73	299	349.2	103	35
10	125	1	8.2	100.4	68	557	657.4	54	66
11	125	1	16.4	200.7	73	1196	1396.7	25	144
12	125	1	32.76	401.4	63	2064.4	2465.8	14	257.1

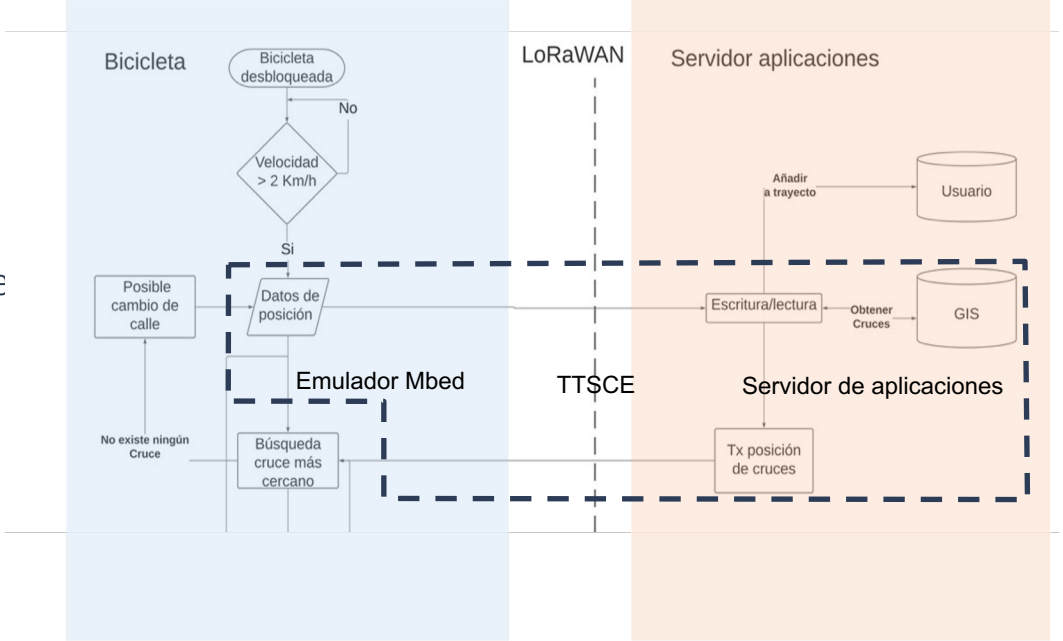
Arquitectura simulación

- Simulador Mbed
  - Maquina virtual Ubuntu
- The Things Network TTSCE
  - Servidor de red LoRaWAN
- Servidor de red
  - Base de datos georreferenciada MongoDB
  - Servidor Web



Entorno de simulación

- Simulador Mbed
  - Aplicación en C++ codificación y decodificación de uplink/downlink
- The Things Network TTSCE
  - Conexión Webhook con servidor de aplicaciones.
- Servidor de aplicaciones
  - Aplicación en Python
    - Búsqueda de vía
    - Cruces señalizados
    - Estaciones cercanas



Ejemplo simulación

Serial output

```
[DBG ][LSTK]: OTAA Connection OK!
Conexión realizada con éxito
Enviando 10 bytes: 6a 91 c6 10 fe a1 cd f6 05 09
[INFO][LMAC]: RTS = 10 bytes, PEND = 0, Port: 15
[DBG ][LMAC]: Frame prepared to send at port 15
[DBG ][LMAC]: TX: Channel=4, TX DR=5, RX1 DR=5
[DBG ][LRAD]: transmit channel=867300000 power=13 bandwidth=7 datarate=7
10 bytes preparados para transmitir
[DBG ][LSTK]: Transmission completed
[DBG ][LMAC]: RX1 slot open, Freq = 868500000
[DBG ][LRAD]:  ][LMAC]: RX1 slot open, Freq = 868500000
[DBG ][LMAC]: RX2 slot open, Freq = 869525000
[DBG ][LSTK]: Packet Received 42 bytes, Port=15
Mensaje enviado al servidor
Mensaje recibido del servidor
Datos recibido por puerto 15 (número de bytes 42): 7c a1 c6 10 84 8f cd f6 8
 c7 10 9d 04 ce f6 7e e4 c5 10 13 d9 cd f6 c3 c9 c5 10 49 83 cd f6 ac 0d c6
d 94 cd f6 40 01
est. cercana: long.: -15.430054, lat.: 28.145292 distancia: 65.14 m
est. cercana: long.: -15.427056, lat.: 28.148365 distancia: 459.77 m
est. cercana: long.: -15.428171, lat.: 28.140454 distancia: 511.29 m
est. cercana: long.: -15.430367, lat.: 28.139770 distancia: 573.53 m
stop:         long.: -15.429925, lat.: 28.141508 distancia: 376.53 m
```

Simulador MBED

Pause Clear

Time	Type	Data preview
18:35:57	Successfully scheduled data dow…	DevAddr: 26 0B FC C5
18:35:57	Schedule data downlink for tran…	DevAddr: 26 0B FC C5 FPort: 15 MAC payload: 31 6A D1 5B 8B A8 C0 56 5E 21 DF 4A 73 E8 0C 64 1A 34 48 8F DA 99 DA 98 1F 78 8D D9 93 22 33 2F 92 E9 82 71 B
18:35:57	Forward downlink data message	FPort: 15 Payload: 7C A1 C6 10 84 8F CD F6 86 19 C7 10 9D 04 CE F6 7E E4 C5 10 13 D9 CD F6 C3 C9 C5 10 49 83 CD F6 AC 0D C6 10 8D 94 CD F6 40 01
18:35:57	Receive downlink data message	FPort: 15 Payload: 7C A1 C6 10 84 8F CD F6 86 19 C7 10 9D 04 CE F6 7E E4 C5 10 13 D9 CD F6 C3 C9 C5 10 49 83 CD F6 AC 0D C6 10 8D 94 CD F6 40 01
18:35:55	Forward data message to Applica…	DevAddr: 26 0B FC C5 MAC payload: C4 5B EE 25 87 4C F3 74 DC 6C FPort: 15 SNR: 5 RSSI: -35 Bandwidth: 125000
18:35:55	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B FC C5 MAC payload: 6A 91 C6 10 FE A1 CD F6 05 09 FPort: 15 SNR: 5 RSSI: -35 Bandwidth: 125000
18:35:55	Receive uplink data message	DevAddr: 26 0B FC C5
18:35:55	Successfully processed data mes…	DevAddr: 26 0B FC C5 FPort: 15 MAC payload: C4 5B EE 25 87 4C F3 74 DC 6C Bandwidth: 125000 SNR: 5 RSSI: -35 Raw payload: 40 C5 FC 0B 26 00
18:35:55	Receive data message	DevAddr: 26 0B FC C5 FPort: 15 MAC payload: C4 5B EE 25 87 4C F3 74 DC 6C Bandwidth: 125000 SNR: 5 RSSI: -35 Raw payload: 40 C5 FC 0B 26 00

Consola The Things Network

```
bike@aplicacion:/var/www/html/bike$ tail -f bikelog.log
2021-05-06 17:35:56.529215 ; mensaje recibido: apHGEP6hzfYFCQ==
2021-05-06 17:35:56.529262 ; Bytes recibidos:b'j\x91\xc6\x10\xfe\xa1\xcd\xf6\x05\t'
2021-05-06 17:35:56.529280 ; Latitud y Longitud :28.144881,-15.429581
2021-05-06 17:35:56.540141 ; Via: Calle General Balmes
2021-05-06 17:35:56.689248 ; Resultado busqueda: {'esta': [[28.1452924, -15.430054], [28.1483654, -15.4270563], [28.1404542, -15.4281709], [28.1397699,
8.1415084, -15.4299251]], 'sem': [], 'ceda': []}
2021-05-06 17:35:56.689338 ; Bytes a enviar: b'|\xa1\xc6\x10\x84\x8f\xcd\xf6\x86\x19\xc7\x10\x9d\x04\xce\xf6~\xe4\xc5\x10\x13\xd9\xcd\xf6\xc3\xc9\xc5\x
10\x8d\x94\xcd\xf6@\x01'
2021-05-06 17:35:56.689349 ; Mensaje codificado: fKHGEISPzfaGGccQnQTO9n7kxRAT2c32w8nFEEmDzfasDcYQjZTN9kAB
2021-05-06 17:35:56.689418 ; enlace a enviar: https://eu1.cloud.thethings.network/api/v3/as/applications/test-bici/webhooks/bike-app-server/devices/bik
2021-05-06 17:35:56.689424 ; Json a enviar: {"downlinks":[{"frm_payload":"fKHGEISPzfaGGccQnQTO9n7kxRAT2c32w8nFEEmDzfasDcYQjZTN9kAB","f_port":15,"priori
2021-05-06 17:35:57.161800 ; resultado envio: 200 OK
```

Servidor de aplicaciones

Universitat Oberta de Catalunya

Resultados

- Comparación ToA calculado y medido

SF	BW(khz)	data_rate_index	ToA Teórico (ms)	ToA Simulación (ms)
7	125	5	61.7	69.9
8	125	4	113.1	127.5
9	125	3	205.8	230.4
10	125	2	370.7	411.6
11	125	1	823.3	921.6
12	125	0	1482.8	1646.6

Conclusiones

- Se puede usar redes LPWAN en el diseño de sistemas BSS en un entorno de Smart Cities.
- El sistema de alquiler propuesto fomenta el uso responsable de vehículos no motorizados.
- La arquitectura de simulación permite facilitar el desarrollo de aplicaciones IoT para entornos de Smart Cities.