

Trường Đại Học Công Nghệ Thông Tin – ĐH Quốc Gia TP HCM

Khoa Kỹ Thuật Máy Tính

Tài Liệu

Hiện thực mô hình mạng cảm biến không dây sử dụng
công nghệ LoRa thông qua giao thức LoRaWan

Sinh Viên:

Bùi Văn Xúng -13521067

Sinh Viên:

Phạm Lê Đình Duy -13520159

Giáo viên hướng dẫn:

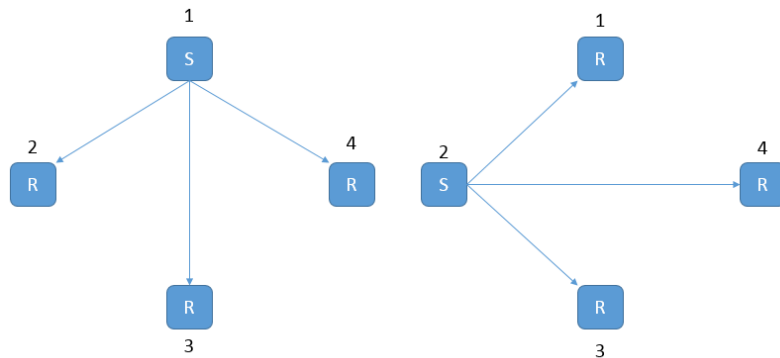
TS Trịnh Lê Huy

LoRa

LoRa là một công nghệ truyền thông không dây mới ra đời vào năm 2014 với nhà phát triển SemTech tại Pháp. LoRa đảm bảo được các yếu tố: Tiết kiệm năng lượng, giao tiếp với khoảng cách xa, băng thông truyền nhận thấp. Nó là một trong những đối tượng đáng chú ý của các nhà phát triển, công ty doanh nghiệp... chọn làm một phần của dự án của mình.

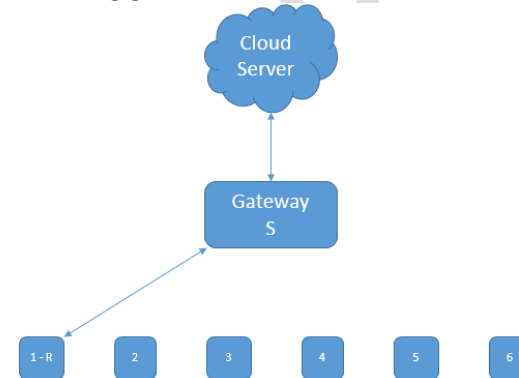
Sự khác biệt giữa LoRa không dùng giao thức và khi dùng giao thức LoRaWan.

LoRa không sử dụng giao thức



Khi sử dụng nhiều Node (Thiết bị đầu cuối) cùng một dải tần số thì một Node gửi tất cả các Node kia đều nhận được gói tin

LoRa sử dụng giao thức LoRaWan



Khi có giao thức Gateway sẽ chịu trách nhiệm thu gửi thông tin của từng Node thông qua các mã ID của từng Node và được quản lý bởi Cloud Server

LoRaWan

Ba lớp truyền dữ liệu đối lớp LoRa.

Lớp A Mở kết nối truyền nhận dữ liệu, thiết bị đầu cuối sẽ gửi dữ liệu theo thời gian do người dùng cài đặt. Tại nơi thu thập dữ liệu (Network Server) sẽ có quyết định nhận dữ liệu ngay lúc đó hay không, hay là bỏ qua. Vì vậy muốn được sự phản hồi từ nơi thu thập dữ liệu thì thiết bị đầu cuối phải gửi lên đến khi nào được chấp nhận. Với lớp này sẽ ít tiêu thụ điện năng nhất. Nhưng ít sự linh hoạt nhất vì cần nơi thu thập phải mở chế độ nhận dữ liệu. Lớp B Mở kết nối hai chiều. Quá trình truyền nhận được đồng bộ dữ liệu thiết bị đầu cuối và nơi thu thập dữ liệu theo thời gian. Và thiết bị đầu cuối sẽ truyền nhận dữ liệu theo

thời gian đã đặt ra. Mức độ tiêu tốn năng lượng nhiều hơn lớp A và thua lớp C Lớp C Mở cổng hai chiều. Thiết bị đầu cuối sau khi được xác nhận từ nơi thu thập dữ liệu sẽ phản hồi tín hiệu kết nối. Kết nối luôn mở liên tục. Nên năng lượng tiêu thụ nhiều nhất trong ba lớp.

○ **Các chế độ trong LoRaWAN trong lớp C.** Chế độ OTAA Kích hoạt tự động thông qua mã thiết bị (DevAddr), mã ứng dụng (Appkey). Chế độ ABP Kích hoạt thủ công dựa vào giao thức LoRaWAN.

○ **Các mã cần thiết đối với thiết bị đầu cuối**

• DevAddr là mã do người phát triển tự đặt. Tại nơi thu thập dữ liệu Network Server sẽ xác định nhận dạng thiết bị đầu cuối thông qua mã này. Mã này đối với Network Server là duy nhất. Mã có độ dài 8 byte

• Appkey là mã xác định thiết bị đầu cuối đối với người dùng thông qua các API trên Network Server. Mã bao gồm 16 byte.

Khung truyền gói dữ liệu của LoRaWAN

PHYPayload:	MHDR : 8	MACPayload	MIC : 32
MACPayload:	FHDR : 56..176	FPort : 8	FRMPayload (encrypted)
FHDR:	DevAddr : 32	FCtrl : 8	FCnt : 16 FOpts : 0..120
MHDR:	MType : 3	RFU : 3	Major : 2
FCtrl:	Uplink:	ADR : 1	ADRAckReq : 1 ACK : 1 FPending : 1 FOptsLen : 4
	Downlink:	ADR : 1	ADRAckReq : 1 ACK : 1 RFU : 1 FOptsLen : 4
FOpts:	MACCommand_1 : 8..40	...	MACCommand_n : 8..40
MACCommand:	CID : 8	Args : 0..32	

Đây là quy định được đưa ra theo chuẩn LoRaWAN. Là sự kết hợp giữa thiết bị đầu cuối đến Gateway cuối cùng đến Network Server.

Trong đó:

MACPayload là địa chỉ vật lí của Gateway

MIC là mã nhận dạng toàn vẹn thông tin truyền nhận

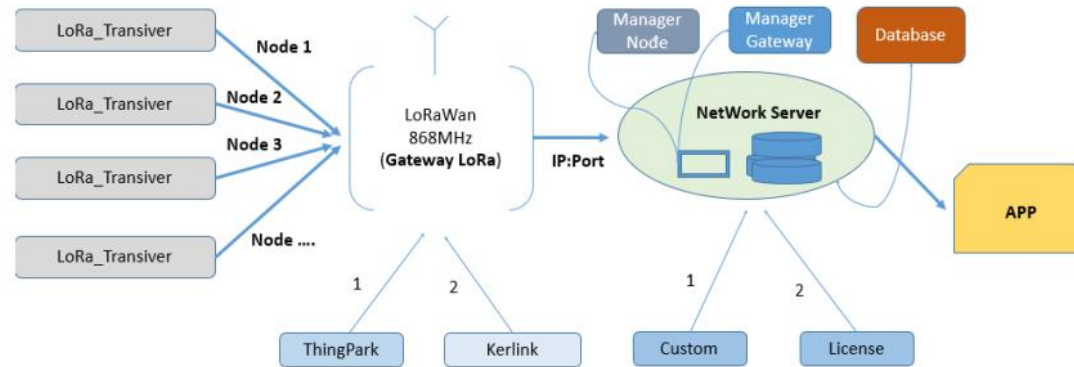
CID Là mã nhận dạng xác nhận địa chỉ MAC

FRMPayload là tải trọng, được mã hóa sử dụng

FOptsLen là chiều dài của trường

43

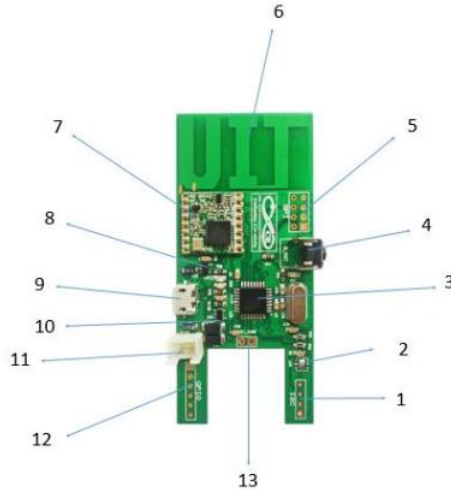
FRMPayload dữ liệu được mã hóa theo base64



Mô hình LoRaWAN 868MHz

Sản phẩm

Node (Thiết bị đầu cuối)



Trong đó:

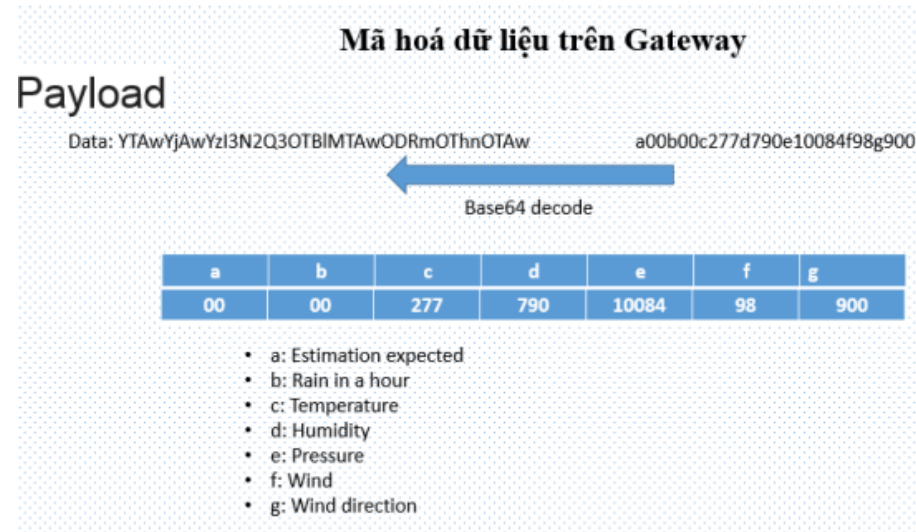
- 1 Cửa ngõ giao tiếp I2C
- 2 IC Si720L cảm biến nhiệt độ, độ ẩm với độ chính xác cao
- 3 MCU Atmega328 vi điều khiển chính của thiết bị đầu cuối
- 4 Button Reset mạch
- 5 Ngõ ra giao tiếp SPI
- 6 Anten tần số 868MHz UIT
- 7 Module LoRa 868MHz
- 8 Ic giám áp xuống 3.3v
- 9 MicroUSB dùng để giao tiếp RS232/RS485 và nạp code cho mạch
- 10 IC sạc Pin LiPo
- 11 Ngõ ra cắm Pin LiPo
- 12 6 ngõ ra GPIO truyền nhận tín hiệu Analog và Digital
- 13 Ngõ vào điện áp với củ sạc 220V/60Hz – 5V/0.5A

Gateway (Trạm cơ sở)



Điện áp hoạt động input nguồn xoay chiều hoặc 5VDC/2.5A.

- Môi trường nhiệt độ chạy ổn định từ 15 – 35oC
- LoRa Gateway chạy tần số 868MHz, nhận và xử lý dữ liệu đồng thời 8 kênh cùng lúc. Dải tần số chạy từ 867.5 → 869.5MHz.
- Hỗ trợ kết nối mạng thông qua Cáp Ethernet, WiFi, Dcom 3G được tích hợp sẵn trên thiết bị.
- Hệ thống phần cứng đảm bảo cách li bên ngoài. Chống nước mưa tránh ánh nắng trực tiếp.
- Tuổi thọ của sản phẩm phụ thuộc vào thẻ nhớ chứa hệ điều hành Raspbian
- Tần số hỗ trợ 868MHz
- Hỗ trợ chuyển đổi truyền nhận tín hiệu 8 kênh song song với nhau.
- Nguồn cung cấp từ 9 – 50V
- Bộ phận xử lý Board Raspbery Pi 3
- Hỗ trợ truyền nhận dữ liệu LoRaWAN
- GPS được tích hợp ngay trên thiết bị.



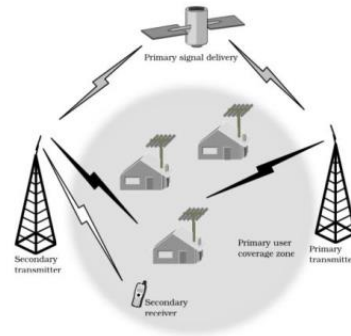
Gửi tin bắt được trên Gateway

<pre>"2017-03-16 00:16:40.878Z", 8638116, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -28, +8.8, "00000000-00000000-000000", "2017-03-16 00:16:41.690Z", 10893180, 86810000.0, 1, "CRC_BAD", 235, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -127, +10.5, "7124444-7444444-4A87007", "2017-03-16 00:16:44.452Z", 13413636, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -54, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:16:44.328Z", 17188420, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -32, +10.2, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:17:11.435Z", 40396340, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -37, +8.5, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:17:14.184Z", 42643556, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -85, +4.8, "4124344", "2017-03-16 00:17:18.590Z", 47547988, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -55, +6.0, "4124344", "2017-03-16 00:17:20.790Z", 48710304, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -57, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:17:21.340Z", 50199732, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -31, +6.0, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:17:38.180Z", 67347076, 86810000.0, 0, "CRC_BAD", 221, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -120, +10.0, "C1217873-A7C47294-F81587F-8", "2017-03-16 00:17:38.480Z", 67367832, 86780000.0, 5, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -49, +2.3, "4124344", "2017-03-16 00:17:40.612Z", 69570148, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -55, +6.0, "4124344", "2017-03-16 00:17:42.804Z", 71772384, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -85, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:17:52.750Z", 81682332, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -53, +4.0, "4124344", "2017-03-16 00:18:07.038Z", 91998740, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -34, +10.0, "0A4C444-46532CF-096718E-0", "2017-03-16 00:18:13.687Z", 12442548, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -31, +8.4, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:18:37.870Z", 12682736, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -31, +8.0, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:18:43.020Z", 13187804, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -34, +10.0, "0A4C444-46532CF-096718E-0", "2017-03-16 00:18:53.460Z", 14242472, 86810000.0, 1, "CRC_BAD", 199, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -109, +18.2, "7CC232CF-F580239-8F4A998", "2017-03-16 00:19:02.092Z", 15102522, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -37, +4.0, "4124344", "2017-03-16 00:19:05.390Z", 15435480, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -59, +5.0, "4124344", "2017-03-16 00:19:06.121Z", 15508520, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -34, +7.5, "00000000-00000000-000000", "2017-03-16 00:19:15.000Z", 16395926, 86780000.0, 3, "CRC_BAD", 95, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -34, +10.0, "0A4C444-46532CF-096718E-0", "2017-03-16 00:19:19.328Z", 16829084, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -35, +11.2, "00000000-00000000-000000", "2017-03-16 00:19:20.182Z", 16824040, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -31, +8.4, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:19:30.722Z", 17868940, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -48, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:19:33.382Z", 18234480, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -36, +10.2, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:19:36.228Z", 18318684, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -31, +4.5, "4124344", "2017-03-16 00:19:43.822Z", 18717816, 86810000.0, 0, "CRC_BAD", 235, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -36, +8.5, "93127933-A7C47294-F81587F-C", "2017-03-16 00:19:46.138Z", 19599642, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -48, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:19:57.148Z", 20610732, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -37, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:00.450Z", 20641880, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -42, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:02.632Z", 211633076, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -42, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:03.092Z", 21205104, 86810000.0, 1, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -29, +9.2, "4C4F3241-00000000-000000", "2017-03-16 00:20:05.544Z", 21450574, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -29, +4.8, "00000000-00000000-000000", "2017-03-16 00:20:05.956Z", 21491636, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -43, +4.8, "4124344", "2017-03-16 00:20:18.750Z", 22711016, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -35, +7.6, "00000000-00000000-000000", "2017-03-16 00:20:19.168Z", 22812960, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -51, +4.8, "4124344", "2017-03-16 00:20:25.332Z", 23431248, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -32, +10.0, "00000000-00000000-000000", "2017-03-16 00:20:26.082Z", 23807868, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -42, +4.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:36.182Z", 23954072, 86780000.0, 5, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -45, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:35.687Z", 24464616, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -41, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:38.990Z", 24749616, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -51, +4.8, "4124344", "2017-03-16 00:20:43.394Z", 25254068, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -45, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:57.700Z", 266068476, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -40, +5.5, "4124344", "2017-03-16 00:20:58.022Z", 27577132, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -43, +4.8, "4124344", "2017-03-16 00:21:17.328Z", 286488412, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -41, +5.8, "4124344", "2017-03-16 00:21:21.032Z", 29199396, 86780000.0, 3, "CRC_OK", 4, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -31, +5.0, "4124344", "2017-03-16 00:21:34.672Z", 30781384, 86810000.0, 0, "CRC_OK", 11, "LORA", 125000, "SF10", 4/5, -33, +10.8, "00000000-00000000-000000"</pre>	<p>Trong đó:</p> <ol style="list-style-type: none">1) là địa chỉ MAC của Gateway.2) Ngày nhận dữ liệu.3) Tần số nhận được từ Node.4) Kiểm tra lỗi gói tin.5) Bảng tần nhận dữ liệu.6) Chỉ số lan truyền của thiết bị phát.7) Code Rate của thiết bị phát.8) Mức độ tín hiệu RSSI mà thiết bị nhận, nhận được.9) SNR chỉ số sóng nhiễu trong môi trường.10) Gói dữ liệu mà Gateway nhận được ở dạng mã hóa ASCII
--	--

Bảng thống kê dữ liệu cho người dùng cuối bằng file Excel hoặc csv. Bảng hiển thị những thông tin cần thiết theo nhu cầu của người dùng cuối.

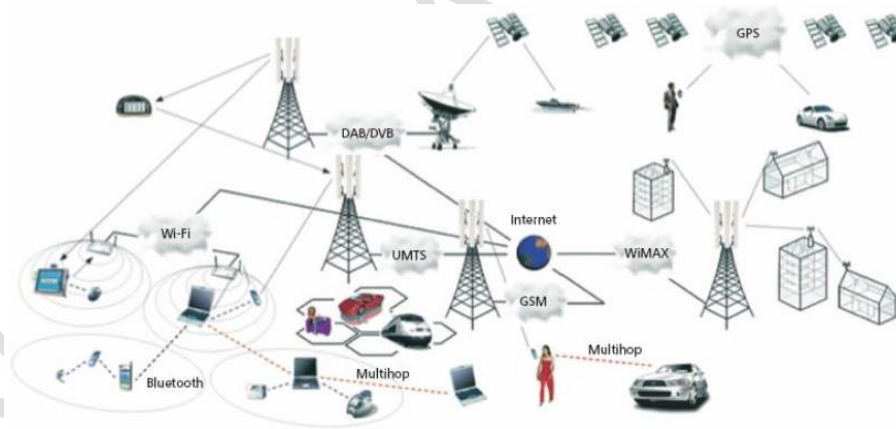
494	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-115	888100000	4/5	-2.5	7	125	NqYnQcsmYnMzM=	28.33	66.67	Sun Jan 14 2018 08:02:17 GMT+0000 (UTC)
495	1	BuVanXang	Node_3	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-114	888500000	4/5	-3	7	125	NTUwMTEwMjYnMjA=	28.2	55.1	Sun Jan 14 2018 08:02:22 GMT+0000 (UTC)
497	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-112	888500000	4/5	2.8	7	125	NjYnNjEwMjYnMjc=	28.27	66.61	Sun Jan 14 2018 08:02:38 GMT+0000 (UTC)
498	1	BuVanXang	Node_3	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-115	888100000	4/5	-4.5	7	125	NTUwMTEwMjYnMjE=	28.21	55.11	Sun Jan 14 2018 08:02:38 GMT+0000 (UTC)
500	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-112	888100000	4/5	-1.2	7	125	NqYnNDkxMjYnMjc=	28.27	66.49	Sun Jan 14 2018 08:02:52 GMT+0000 (UTC)
501	1	BuVanXang	Node_3	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-112	888500000	4/5	0.5	7	125	NTUwMTEwMjYnMjM=	28.23	55.11	Sun Jan 14 2018 08:02:55 GMT+0000 (UTC)
503	1	BuVanXang	Node_5	0000000000000005	aa555a0000000101	lona-gateway	-114	888100000	4/5	-0.8	7	125	NTMwOTg0MjYnNDg=	28.48	53.98	Sun Jan 14 2018 08:03:07 GMT+0000 (UTC)
504	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-110	888100000	4/5	3.2	7	125	NjYnNDkxMjYnMjU=	28.25	66.41	Sun Jan 14 2018 08:03:13 GMT+0000 (UTC)
506	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-111	888500000	4/5	-0.5	7	125	NjYnMzUwMjYnMjM=	28.23	66.35	Sun Jan 14 2018 08:03:24 GMT+0000 (UTC)
507	1	BuVanXang	Node_5	0000000000000005	aa555a0000000101	lona-gateway	-111	888500000	4/5	0.2	7	125	NTMwOTQwMjYnMDg=	28.08	53.94	Sun Jan 14 2018 08:03:24 GMT+0000 (UTC)
509	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-107	888500000	4/5	5	7	125	NjYnMjc0MjYnMjE=	28.21	66.29	Sun Jan 14 2018 08:03:38 GMT+0000 (UTC)
510	1	BuVanXang	Node_5	0000000000000005	aa555a0000000101	lona-gateway	-112	888500000	4/5	1	7	125	NTMwOTkxMjYnODQ=	27.84	53.92	Sun Jan 14 2018 08:03:48 GMT+0000 (UTC)
511	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-113	888100000	4/5	1	7	125	NjYnMjYwMjYnMjM=	28.23	66.23	Sun Jan 14 2018 08:03:48 GMT+0000 (UTC)
513	1	BuVanXang	Node_3	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-112	888500000	4/5	1.5	7	125	NTUwMTEwMjYnMjMDM=	28.03	55.11	Sun Jan 14 2018 08:03:48 GMT+0000 (UTC)
514	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-107	888500000	4/5	6.2	7	125	NjYnMTEwMjYnMjI=	28.18	66.11	Sun Jan 14 2018 08:03:58 GMT+0000 (UTC)
516	1	BuVanXang	Node_3	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-115	888100000	4/5	-6.5	7	125	NTUwMjUwMjYnUwOTI=	25.82	55.05	Sun Jan 14 2018 08:04:05 GMT+0000 (UTC)
517	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-108	888500000	4/5	3.2	7	125	NjUwOTkxMjYnMjI=	28.12	65.99	Sun Jan 14 2018 08:04:09 GMT+0000 (UTC)
518	1	BuVanXang	Node_5	0000000000000005	aa555a0000000101	lona-gateway	-107	888500000	4/5	5	7	125	NTMwODkxMjYnMDI=	27.17	53.89	Sun Jan 14 2018 08:04:13 GMT+0000 (UTC)
520	1	BuVanXang	Node_1	0000000000000001	aa555a0000000101	lona-gateway	-113	888100000	4/5	-2	7	125	NjUwODkxMjYnMjM=	28.13	65.87	Sun Jan 14 2018 08:04:28 GMT+0000 (UTC)

Lí thuyết tìm thấy sự tương quang về quá trình truyền dữ liệu thông qua các công nghệ truyền thông phổ biến hiện nay. Phân tích và tìm thấy sự khác biệt giữa các mô hình truyền dữ liệu. Mỗi mô hình có các đặc tính và các thông số truyền riêng.



Mô hình truyền dữ liệu với sóng Radio

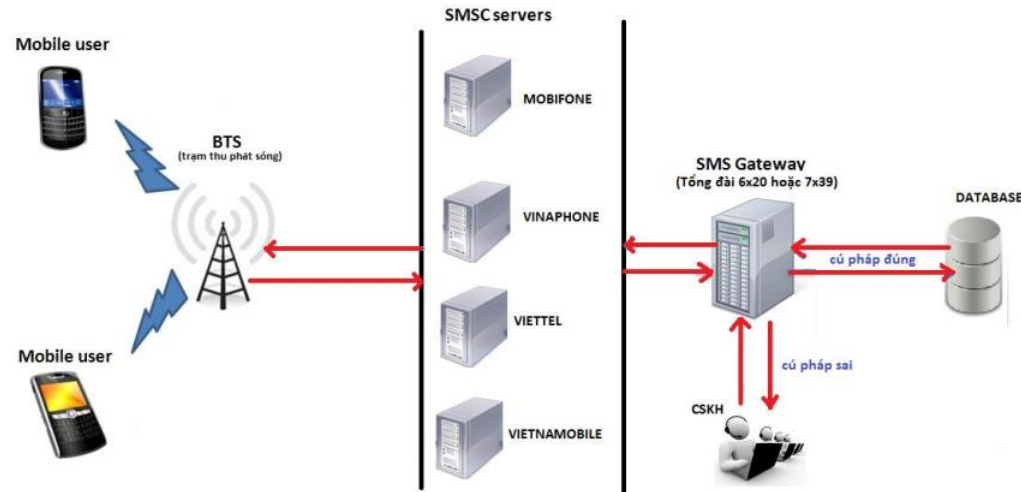
Với nhiều thành phần cấu thành quá trình kết nối giúp tăng tốc độ truyền dữ liệu phân tách và chia sẻ đầu ra giúp quá trình kết nối để hàng triệu người dùng được diễn ra bình thường.



Mô hình kết nối truyền dữ liệu đối với sóng 3G/4G

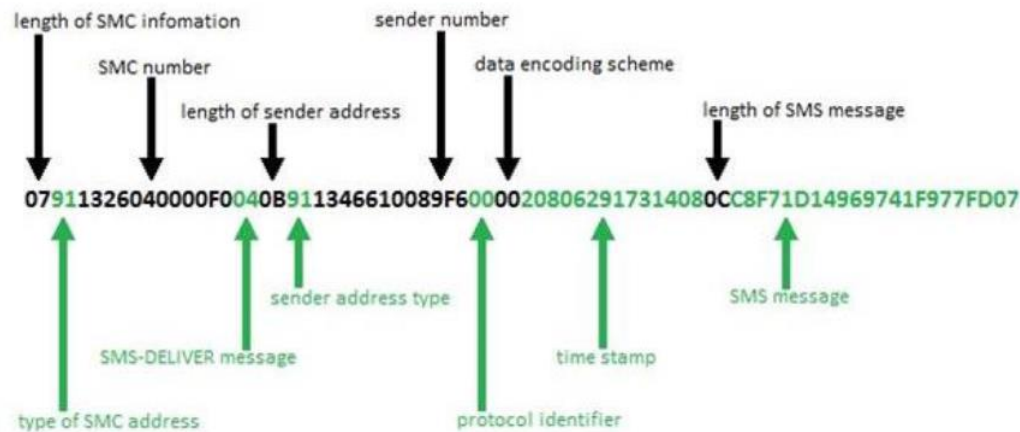
Đối với mô hình mạng 2G có sự tương đồng nhiều nhất đối với mô hình LoRaWan. Quá trình truyền và xử lý dữ liệu cho thấy được sự tương đồng về Node, Gateway, Server. Mô hình truyền nhận dữ liệu quyết định tầm quan trọng bảo mật, tốc độ, khả năng đáp ứng đối với số lượng nhiều. Quan trọng hơn hết đó là sự quản lý chặt chẽ các thành phần có trong mô hình.

Mô hình 2G truyền gói tin dạng Text hoặc một cuộc gọi được thể hiện cụ thể như hình bên dưới.



Mô hình truyền dữ liệu 2G

Định dạng gói tin cho thấy sự mã hóa, cấu trúc hóa quá trình truyền nhận một gói dữ liệu.



Cấu trúc gói tin với 1 gói tin SMS

PHYPayload:	MHDR : 8	MACPayload	MIC : 32
MACPayload:	FHDR : 56..176	FPort : 8	FRMPayload (encrypted)
FHDR:	DevAddr : 32	FCtrl : 8	FCnt : 16
	FOpts : 0..120		
MHDR:	MType : 3	RFU : 3	Major : 2
FCtrl:	Uplink:	ADR : 1	ADRAckReq : 1
	Downlink:	ADR : 1	ADRAckReq : 1
		ACK : 1	FPending : 1
		RFU : 1	FOptsLen : 4
FOpts:	MACCommand_1 : 8..40	...	MACCommand_n : 8..40
MACCommand:	CID : 8	Args : 0..32	

Cấu trúc và định dạng gói tin với LoRaWan

Dưới đây là một ví dụ về mã hóa chuỗi tín hiệu của LoRaWAN

Assuming base64-encoded packet

ADFGUkFEshgAdAoAAACyGADXQ5rzpZs=

Message Type = Join Request

PHYPayload = 003146524144B21800740A000000B21800D7439AF3A59B

(PHYPayload = MHDR[1] | MACPayload[..] | MIC[4])

MHDR = 00

MACPayload = 3146524144B21800740A000000B21800D743

MIC = 9AF3A59B

(MACPayload = AppEUI[8] | DevEUI[8] | DevNonce[2])

AppEUI = 0018B24441524631

DevEUI = 0018B20000000A74

DevNonce = 43D7