

ARQUITECTURA Y CONECTIVIDAD

TST – 2023

Grupo #7:

Alejandro Toloza
Daniel Rodriguez
Dario Arriola
Oscar Gazzola
Miguel Segnana
Silvana Barea

Módulo 2: Transmisión de Datos y Modulación en IoT

Cuestionario:

4) Cómo se aplica la Cuadratura de Amplitud (QAM) en sistemas IoT? Dónde se usa? Ejemplifique.

La **modulación de amplitud en cuadratura**, en inglés *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM), es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, técnica en la cual la información va a ser modulada tanto en amplitud como en fase (la señal de portadora va a ser modificada en amplitud y fase) o sea que la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando 90° la fase y la amplitud.

La señal modulada en QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en DBL-PS (Doble Banda Lateral - con Portadora Suprimida)

Se asocian a esta tecnología aplicaciones tales como:

- Es empleada por modem para velocidades superiores a los 2400bps por ejemplo V.22bis y V.32.
- Es utilizada en multitud de sistemas de transmisión de televisión, microondas, satélite (datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido).
- Es la base de la modulación TCM (Trellis Coded Modulation), que consigue velocidades de transmisión muy elevadas combinando la modulación con la codificación de canal.
- Es la base de los módems ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) que trabajan en el bucle de abonado, a frecuencias situadas entre 24KHz y 1104KHz, pudiendo obtener velocidades de hasta 9Mbps, modulando en QAM diferentes portadoras.

Hoy nos encontramos en una bifurcación del camino. Un camino puede aprovechar Gigabit LTE para aplicaciones de alta velocidad en industrias minoristas, empresariales o de transporte que necesitan conectar sitios o personas con soluciones de alto ancho de banda -y mayor coste- alimentadas por la red eléctrica. El otro camino puede aprovechar 4G LTE optimizado para aplicaciones de IoT en ubicaciones industriales para conectar máquinas y otros activos críticos que requieren un ancho de banda bajo, un coste bajo y una potencia baja o de batería, como se indica en el gráfico siguiente.

Evolución de 4G LTE para IoT

Cada tecnología 4G LTE tiene sus pros y sus contras, mientras que los operadores que se plantean el despliegue de LTE-M o NB-IoT como red secundaria no hacen más que aumentar la complejidad. A continuación, se analizan las opciones tecnológicas para los dispositivos de IoT :

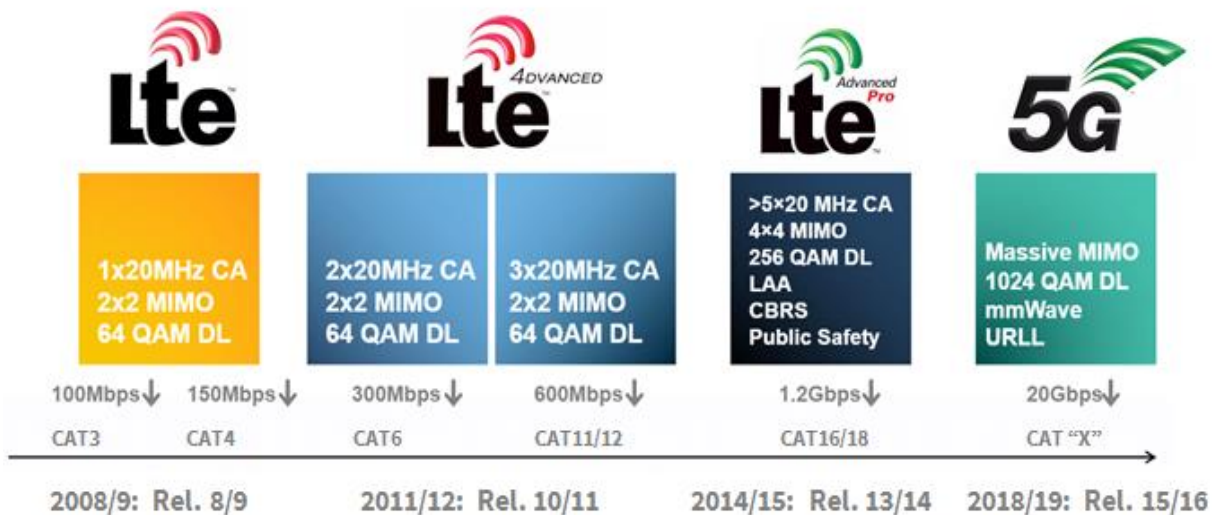
- **CAT 1:** representa una buena opción para muchas aplicaciones de un solo dispositivo IoT con alimentación de red, como señalización digital y quioscos, controladores industriales y cámaras de seguridad. Está disponible en todo el mundo donde se puede acceder a LTE.
- **CAT 3/4:** con el potencial de velocidades de hasta 100-150 Mbps, esta tecnología está diseñada para los routers de IoT que conectan varios dispositivos. Sin embargo, puede ser excesiva para la mayoría de las aplicaciones de un solo dispositivo IoT .
- **CAT-M/LTE-M:** se adapta a las aplicaciones tradicionales de tipo 2G, a los dispositivos que requieren movilidad, como los rastreadores de activos, así como a los sensores alimentados por batería IoT . Definida en 2016, aún no está totalmente disponible en todo el mundo, pero predomina en los mercados de América del Norte y América Latina y en los mercados asiáticos con una adopción temprana de LTE.
- **NB-IoT:** se adapta mejor a los dispositivos alimentados por batería que no requieren movilidad, como los sensores de activos fijos. Definido también en 2016, no está disponible en todo el mundo por el momento, pero se adapta a los mercados con adopción tardía de LTE, como Europa.

	CAT3/4	CAT1	CAT-M	NB-IoT
Released	2008 (Rel. 8)	2008 (Rel. 8)	2016 (Rel. 13)	2016 (Rel. 13)
Downlink speed	100/150 Mbps	10 Mbps	~375 kbps	~20 kbps
Uplink speed	50 Mbps	5 Mbps	~375 kbps	~60 kbps
Number of antennas	2	2	1	1
Duplex mode / Latency	Full duplex / 50-100 ms	Full duplex / 50-100 ms	Half duplex / < 1s	Half duplex / < 10s
Receive bandwidth	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	200 kHz
Transmit power	23 dBm	23 dBm	20 dBm	23 dBm
Mobility	Yes	Yes	Yes	No
IP-based	Yes	Yes	Yes	Yes/No

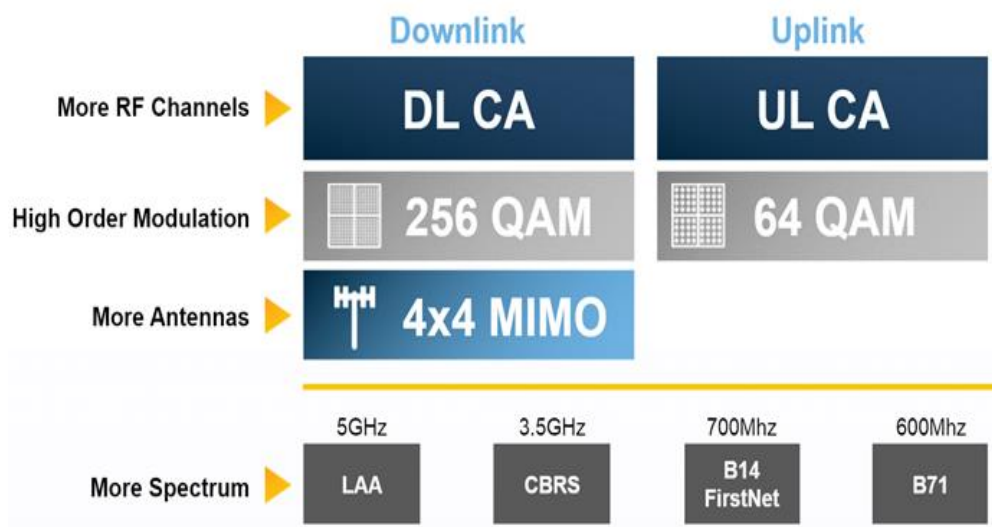
Evolución de 4G LTE para Gigabit LTE

Ahora vayamos por el otro camino con una mirada a Gigabit LTE y la evolución de 4G a 5G.

El Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) es un grupo de colaboración de asociaciones de telecomunicaciones que define los estándares para construir la base de las redes celulares, como LTE.

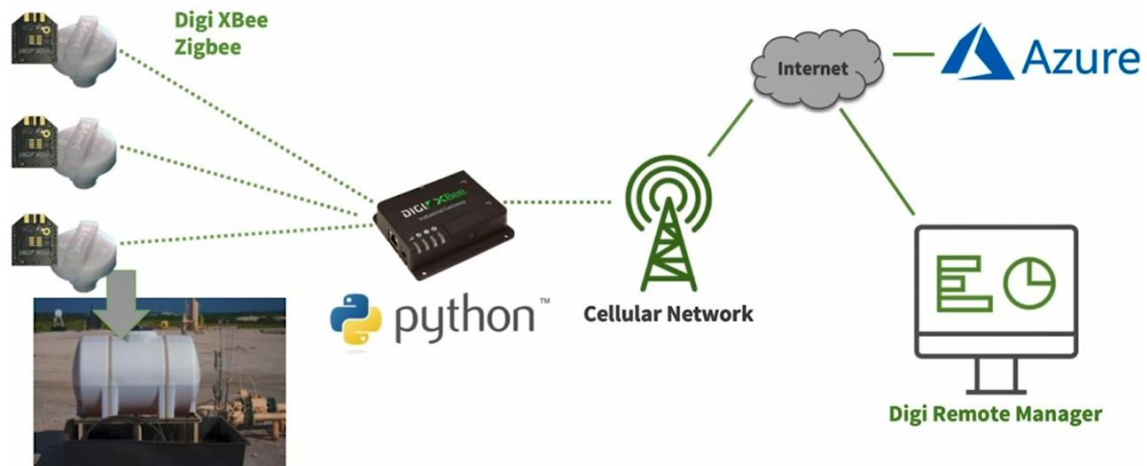


Desde su lanzamiento inicial en 2008, LTE (Long Term Evolution) ha evolucionado, y sigue evolucionando hacia la 5G con el tiempo. Normalmente, el 3GPP publica una actualización importante del estándar cada tres años, seguida de una versión menor. Para diferenciar las versiones mayores de LTE, el 3GPP introdujo nombres comerciales como LTE-Advanced y LTE Advanced Pro. Las versiones 13/14 fueron un hito clave para Gigabit LTE porque la velocidad se duplicó a 1,2 Gbps. La versión 15, que se publicará a finales de 2018, será el primer estándar que defina la 5G.



Un ejemplo de IoT con modulación QAM a través de Red celular LTE, está dada por el siguiente caso real de la empresa WiseConn:

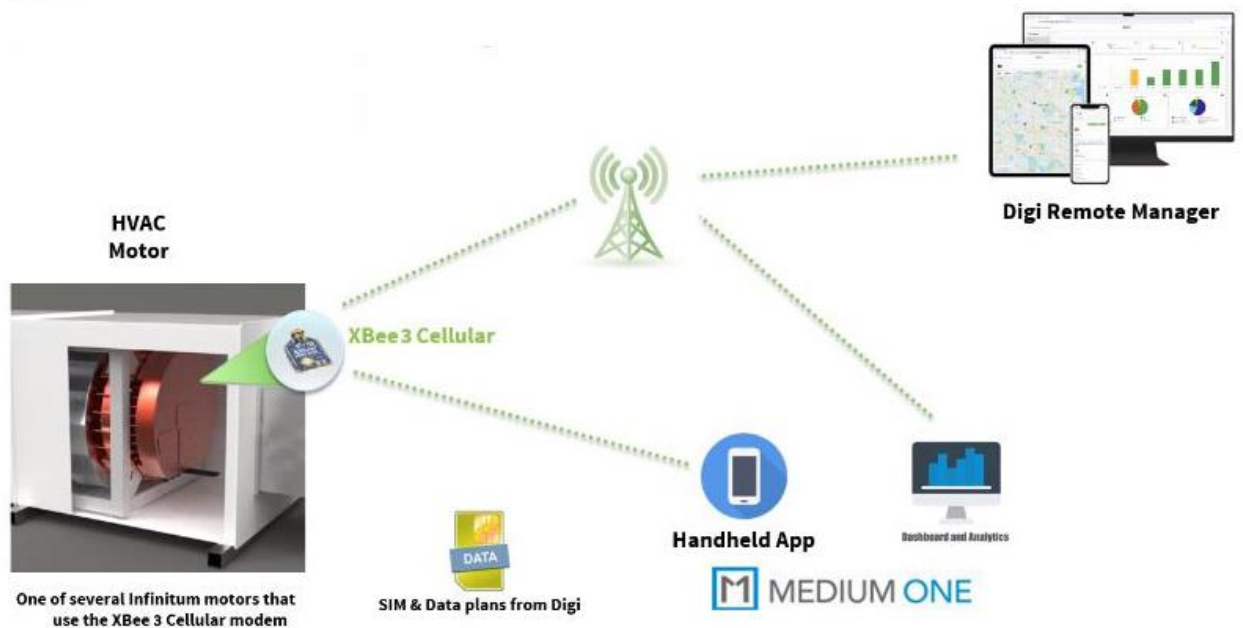
OILFIELD DOSING TANK MONITORING



[WiseConn](#) desarrolló DropControl para mejorar los sistemas de riego y ahorrar dinero a los agricultores y ayudar a reducir el uso del agua, y cómo [Nobel Systems](#) desarrolló un sistema de gestión del agua que permite a los clientes orquestar y supervisar de forma centralizada los sistemas de agua para evitar costosas fugas.

Otro ejemplo de IoT con Modulación QAM a través de Red celular LTE:

Los sistemas de calefacción y aire acondicionado deben funcionar a la perfección en los edificios públicos y de oficinas, y los sistemas HVAC son excelentes ejemplos de sistemas que requieren un mantenimiento predictivo. [Infinitum Electric](#) aceptó el reto, con el objetivo de reinventar el panorama de la electrificación con su tecnología patentada de estator de PCB que crea motores y generadores eléctricos más inteligentes, ligeros, silenciosos y respetuosos con el medio ambiente que ofrecen una eficiencia y una durabilidad superiores.



Desarrollaron su motor conectado basado en PCB con módulos de comunicación integrados Digi XBee , diseñados para mejorar el tamaño, el peso y la durabilidad, y luego añadieron sensores para supervisar varios aspectos del rendimiento del motor. A continuación, trasladaron esos datos a la nube para que los clientes pudieran recopilar datos operativos y ejecutar análisis en una cartera de miles de dispositivos para predecir fallos u optimizar los protocolos de mantenimiento.