

ARQUITECTURA Y CONECTIVIDAD

Profesor: Jorge Morales

Alumno: Fernando Gimenez Coria

Módulo I: Transmision de Datos y Modulacion en IoT

Informe trabajo práctico #2

Actividades:

Apartado 4) TP#2:

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

La **modulación en cuadratura de amplitud (QAM)** es una técnica de modulación digital que combina dos métodos: la modulación por amplitud y la modulación por fase. En términos simples, QAM modifica tanto la **amplitud** como la **fase** de una señal portadora para representar los datos binarios. Esto se logra enviando dos señales (en fase y en cuadratura) que, combinadas, forman un "punto" en una constelación.

Cuanto más puntos tiene esta constelación (por ejemplo, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM), más bits se pueden transmitir por símbolo, aumentando la eficiencia espectral. Sin embargo, esto también hace que la señal sea más sensible al ruido.

16-QAM Constellation

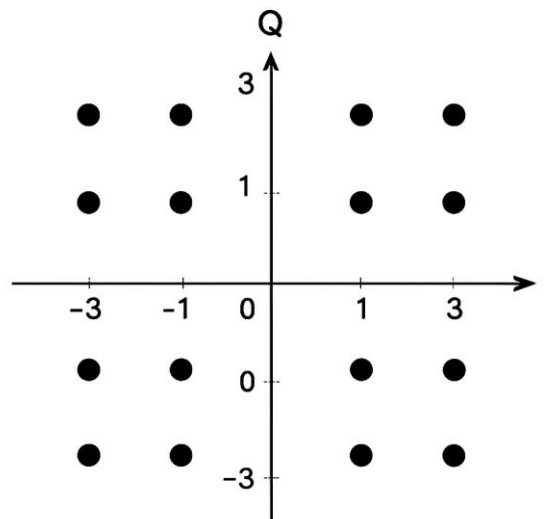


Ilustración 1

En la **ilustración 1** se muestra **16 puntos** diferentes, cada uno representando un símbolo posible en el esquema de modulación **16-QAM**.

¿Qué representan los ejes?

- **Eje X (horizontal):** Representa la **componente en fase (I)** de la señal.
 - Esta parte está relacionada con una portadora de coseno.
 - Cuanto más a la derecha o izquierda esté el punto, mayor es la amplitud de esta componente.
- **Eje Y (vertical):** Representa la **componente en cuadratura (Q)** de la señal.
 - Esta parte está relacionada con una portadora de seno.
 - Cuanto más arriba o abajo esté el punto, mayor es la amplitud de esta componente.

Cada punto (símbolo) se obtiene combinando una cierta amplitud de la señal en fase (I) y en cuadratura (Q).

¿Por qué hay 16 puntos?

Porque en **16-QAM**, cada símbolo representa **4 bits** ($2^4 = 16$ combinaciones posibles).

Por ejemplo:

- El punto más a la derecha y arriba podría representar 1111.
- El punto más a la izquierda y abajo, 0000.

¿Por qué es útil este diagrama?

- Permite visualizar la **complejidad** y la **densidad** de la modulación.
- Muestra cómo QAM codifica **más bits por símbolo**, lo que permite **mayores tasas de datos**.
- También ilustra que cuanto más cerca están los puntos, **más sensible es al ruido**, lo que es clave en IoT y comunicaciones inalámbricas.

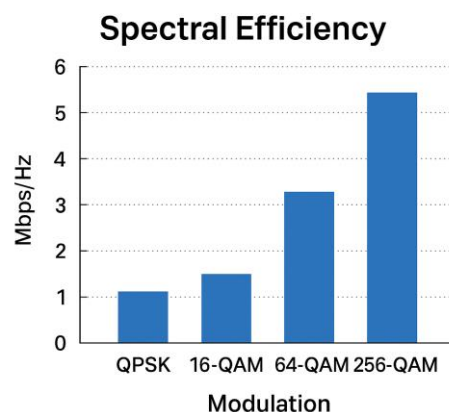


Ilustración 2

La **ilustración 2** muestra el gráfico de **eficiencia espectral** comparando distintos tipos de modulaciones digitales. Es un concepto clave en comunicaciones, especialmente en sistemas como IoT donde **la eficiencia y el uso del espectro son fundamentales**.

¿Qué es la eficiencia espectral?

La **eficiencia espectral** indica **cuántos bits por segundo** se pueden transmitir por **cada Hertz de ancho de banda**.

Se expresa en la unidad: **bits/s/Hz** (bits por segundo por Hertz)

¿Qué representa el eje Y?

El **eje Y** del gráfico muestra la eficiencia espectral de cada tipo de modulación:

- Si una técnica tiene, por ejemplo, **2 bits/s/Hz**, significa que por cada Hz de ancho de banda, transmite 2 bits por segundo.
- Cuanto **más alto esté el valor, más eficiente es la técnica** para transmitir información usando el espectro disponible.

¿Por qué es importante esto?

En los sistemas **IoT**, donde:

- El **ancho de banda disponible** suele ser limitado (por ejemplo, en redes LoRa, Zigbee, Sigfox).
- Hay **muchos dispositivos compartiendo el mismo canal**.

Es clave elegir modulaciones que **optimicen la eficiencia espectral** según la necesidad:

- Si queremos **alcance y robustez**, usamos modulaciones simples (como FSK o PSK).
- Si queremos **velocidad y eficiencia**, usamos modulaciones más densas como QAM.

Aplicación en IoT

En el mundo del IoT, donde los dispositivos muchas veces están limitados por energía o por disponibilidad de espectro, QAM se aplica en escenarios donde se necesita una **alta tasa de transferencia de datos y eficiencia espectral**, por ejemplo:

- Redes Wi-Fi (802.11ac usa 256-QAM).
- Redes celulares IoT como **LTE-M** y **NB-IoT**.

- Comunicación de corto alcance con alta velocidad (gateways, backhaul de datos).

En general, QAM no se usa en los nodos sensores más básicos, sino en las capas de conectividad más robustas, como los **concentradores**, **puertas de enlace** o en nodos que recopilan grandes volúmenes de datos (video, imágenes, múltiples sensores).

Ejemplo práctico

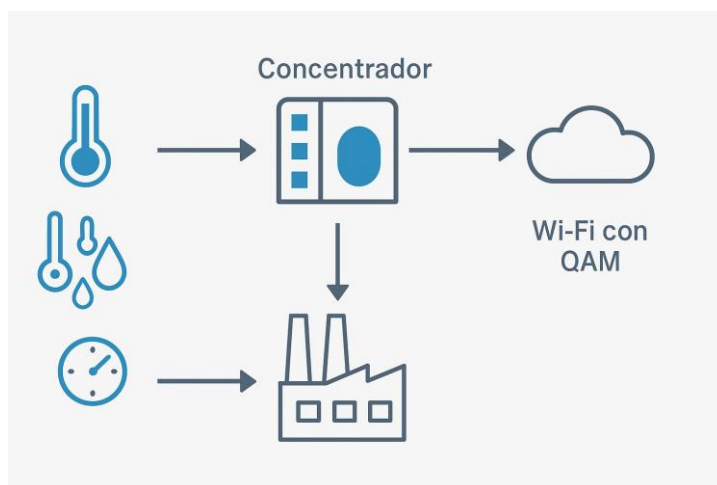


Ilustración 3

La **ilustración 3** muestra una planta industrial inteligente que puede tener:

- Sensores simples distribuidos por el piso de la planta (temperatura, presión).
- Un concentrador central que recopila los datos de estos sensores vía ZigBee o LoRa.
- Luego, el concentrador transmite esta información hacia la nube utilizando una red **Wi-Fi 802.11ac**.

Aquí, el módulo Wi-Fi usa **256-QAM** para aprovechar el canal y enviar grandes cantidades de datos con alta velocidad hacia la nube, minimizando interferencias.