

Tema 8: Comunicación inalámbrica

SOLUCIÓN DE EJERCICIOS PROPUESTOS

Ejercicio 1

Haz una comparación entre las siguientes 3 tecnologías inalámbricas: Bluetooth, WiFi y ZigBee. Para ello, responde razonablemente cuál sería la mejor solución para las siguientes características:

1. Puesta en marcha.
2. Velocidad de transferencia.
3. Alcance.
4. Robustez.

Además, indique una aplicación diferente para cada tecnología.

1. Puesta en marcha: La tecnología más rápida para la puesta en marcha es ZigBee. En realidad está diseñada para ello porque los diferentes sensores y actuadores deben ponerse en marcha inmediatamente cuando aparece cualquier incidencia en la red (<30 ms). Entre WiFi y Bluetooth, la tecnología más lenta para la puesta en marcha es Bluetooth, aunque ésta depende del número de componentes utilizados en cada tecnología.
2. Velocidad de transferencia: La tecnología más rápida para la transmisión de datos es WiFi (hasta 1,3 Gbit/s), mientras que Bluetooth admite hasta 50 Mbps y ZigBee está diseñada para comunicaciones muy robustas pero con una tasa de transferencia de hasta 250 Kbps.
3. Alcance: En cuanto a las distancias máximas alcanzadas, las 3 tecnologías son muy similares (100 metros para Bluetooth, 200 metros para WiFi y 100 metros para ZigBee). Sin embargo, teniendo en cuenta los sistemas normales de cada tecnología, la mejor solución para el alcance sería WiFi, donde se alcanzan fácilmente 200 metros en campo abierto, y ZigBee, donde sus 100 metros también se alcanzan fácilmente en campo abierto. Sin embargo, las aplicaciones más comunes para Bluetooth tienen una distancia máxima de 10 metros porque su alcance suele ser bastante reducido (por ejemplo, dentro de un coche).
4. Robustez: Por su diseño y construcción, el sistema más robusto es ZigBee. Fue diseñado para poder trabajar en entornos industriales (robusto frente a interferencias electromagnéticas) utilizando un sistema de codificación muy robusto. Sin embargo, Bluetooth es menos fiable y estable, especialmente en

el intercambio de datos cuando hay más de 2 dispositivos en la comunicación. Además, el sistema de codificación intrínseco de Bluetooth se utiliza muy poco. WiFi es la solución intermedia entre Bluetooth y ZigBee. Su fiabilidad en el intercambio de datos es mejor que la de Bluetooth e incluye actualmente sistemas de autenticación más robustos que los integrados en Bluetooth (por ejemplo, WPA2).

Diferentes aplicaciones para cada tecnología.

- Bluetooth: Comunicación entre dos teléfonos móviles
- ZigBee: Conexión entre sensores y actuadores en un sistema domótico
- WiFi: Conexión a Internet de ordenadores portátiles dentro de una LAN.

Ejercicio 2

Una empresa multinacional quiere rediseñar la comunicación entre sus 3 sedes (repartidas por varias partes del mundo) y entre los dispositivos dentro de la sede, empezando desde el principio. Hay que ofrecer una solución integral para la empresa, teniendo en cuenta los siguientes requisitos.

- Cada sede está ubicada en 5 plantas de un edificio, y cada planta se utiliza para un departamento diferente.
- Todos los departamentos de una misma sede comparten unos recursos centrales de alto rendimiento (servidores de datos, servidores de backup, etc.) y deben trabajar con la máxima velocidad posible utilizando una velocidad mínima de 20Mbps.
- Cada departamento tiene una red interna, con la que todos los dispositivos trabajan entre sí, utilizando una velocidad mínima de 10Mbps. Estas redes se conectarán posteriormente a los recursos comunes.
- Los departamentos tienen la libertad de organizar la disposición de sus empleados en cualquier momento.
- Cada sede debe disponer de 3 salas de reuniones con acceso a Internet para los participantes en las mismas.
- Se realiza una interconexión entre las sedes cada hora para compensar los datos entre el servidor de datos (la cantidad de información es de 100 MB como máximo).
- Considerar no sólo los índices de velocidad para la comunicación de la información, sino también los requisitos de seguridad que pueda necesitar la empresa.

Dibuje la solución con los componentes y redes necesarios.

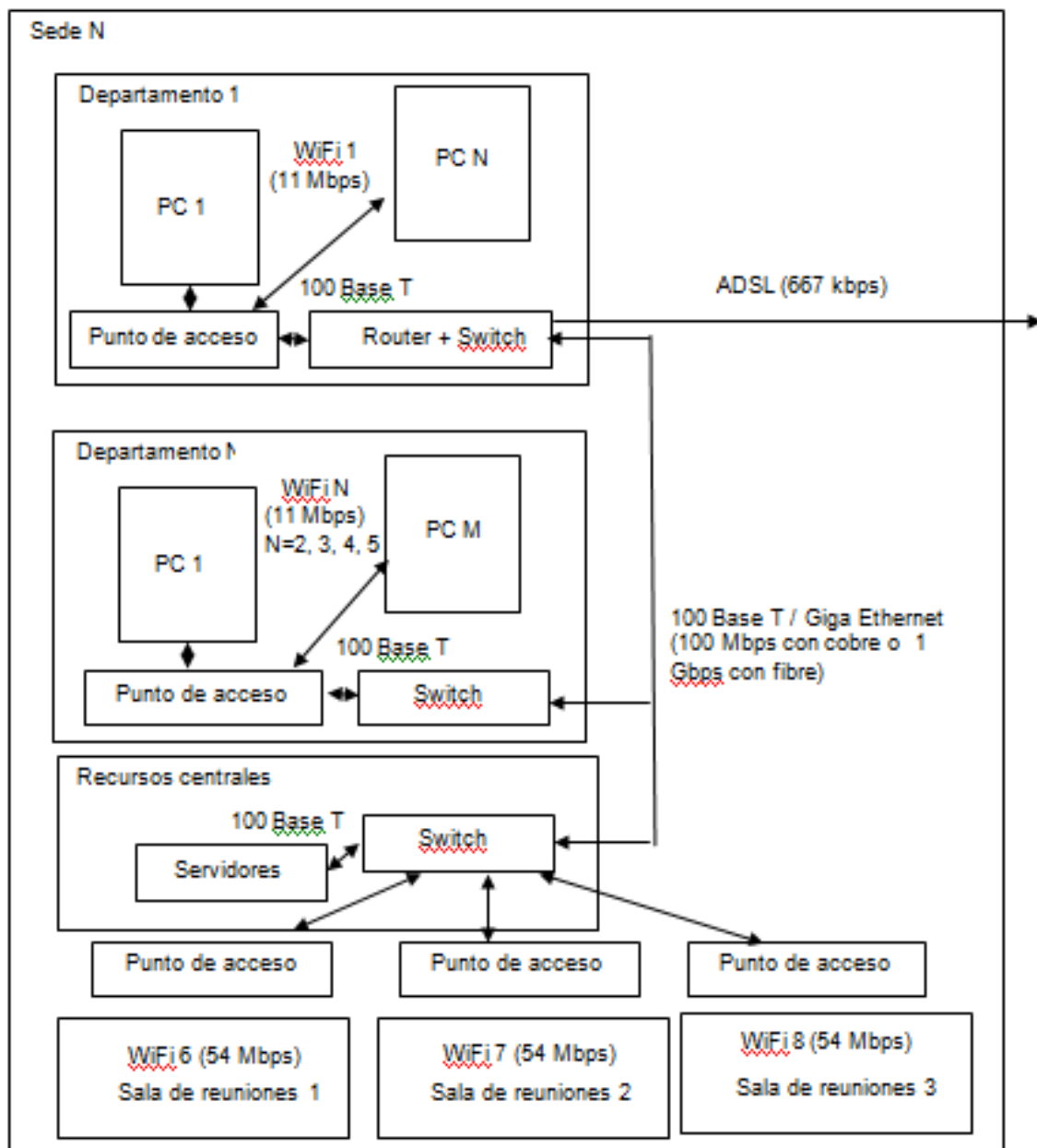
Es necesario hacer un cálculo de las necesidades de comunicación.

- Para la comunicación dentro de cada departamento, deben tener la libertad de organizar la disposición de sus empleados en cualquier momento (en número y ubicación), por lo que la solución más interesante podría ser WiFi (10 Mbps está cubierto por WiFi trabajando a 11 Mbps).
- Para la comunicación de cada departamento con los recursos centrales (trabajando con la máxima capacidad para pedir información a los servidores centrales), los 5 departamentos necesitan $20 \text{ Mbps} * 5 \text{ redes} = 100 \text{ Mbps}$. Esto sólo es posible utilizando cable, por ejemplo con 100Base-T Ethernet,

aunque pensando en futuras ampliaciones sería más lógico construir una red en cada sede utilizando Gigabit Ethernet con fibra.

- Para la interconexión entre las sedes, un intercambio de 100MB entre ellas da un resultado de 300 Mbytes = 2,4Gbits, y teniendo en cuenta que una hora tiene 3600 segundos, la tasa de velocidad necesaria debe ser de 667 Kbps. Esta velocidad sólo puede ser soportada en largas distancias por ADSL (los módems tradicionales no podrían alcanzar esa velocidad y otras soluciones necesitarían un sistema de cableado muy caro).
- Para cada sala de reuniones se podrían utilizar redes WiFi adicionales, separadas de cualquier otra red de comunicación con protección y codificación (por ejemplo con 54 Mbps).
- Todas las comunicaciones (excepto las de las salas de reuniones) deben estar protegidas mediante codificación para evitar el espionaje industrial.

El dibujo podría ser el siguiente.



Ejercicio 3

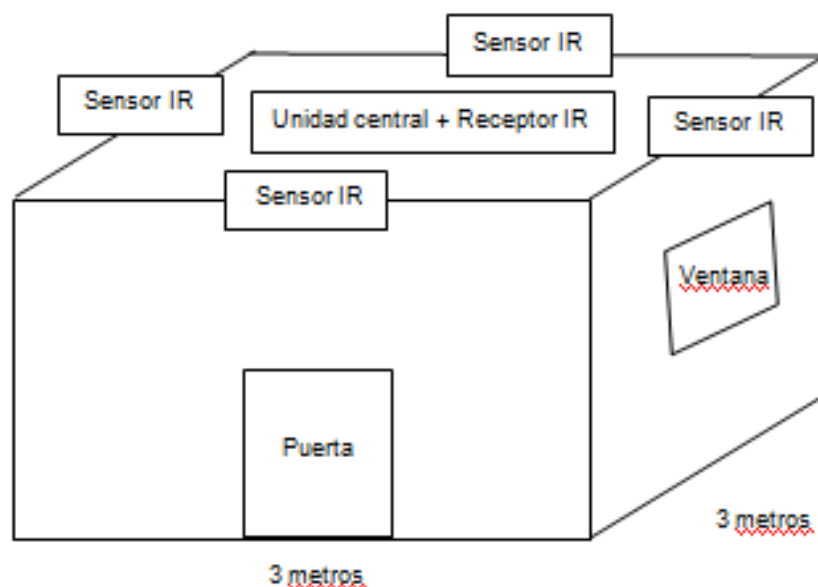
En una estación de medición terrestre de campos electromagnéticos es necesario instalar un equipo de seguridad para controlar el acceso físico a dicha estación (tanto puertas como ventanas). Para implementar dicho sistema, los ingenieros están pensando en instalar un sistema distribuido basado en una unidad central, que se ubicará en el centro del techo de la estación (con una superficie cuadrada de 9 m²) y varios sensores en las 3 ventanas (un sensor en cada pared con ventana) y en la puerta.

Indique qué tecnología utilizaría y cómo conectaría los dispositivos entre sí (dibuje un diagrama), de modo que las medidas de la estación no se vean influidas por el entorno, la solución no sea muy cara y la velocidad de transferencia sea la adecuada para las necesidades de transmisión de datos.

Debido a que las mediciones de la estación están relacionadas con los campos electromagnéticos, es imposible utilizar cualquier tecnología basada en la radiofrecuencia, que podría crear interferencias con el trabajo de la estación. Por lo tanto, WiFi, ZigBee y Bluetooth están prohibidos. Por otro lado, el uso de tecnologías de cableado también podría verse perturbado por el campo electromagnético si los cables no están perfectamente apantallados y la solución podría ser más cara.

Por estas razones, la mejor solución podría ser la comunicación por infrarrojos, que no tiene ninguna influencia con el campo electromagnético, es unidireccional y también permite las comunicaciones rectas con las distancias indicadas (IR permite 2 metros, y la distancia entre el sensor y la unidad central es de 1,5 metros). La conexión se realizaría punto a multipunto utilizando la última versión de IrDA, situando el receptor IrDA en el centro del techo y los 4 sensores IrDA orientados a las ventanas o a la puerta.

En cuanto a las necesidades de comunicación de datos, los sensores sólo darán información sobre la presencia o no de personas (información binaria muy simple), por lo que la cantidad de datos estimada es muy baja e IrDA ofrece 2400 bps - 4Mbps, por lo que la solución es adecuada con los requisitos.



Ejercicio 4

En la figura adjunta se puede ver el diagrama de bloques de un transductor de una tecnología inalámbrica.

- Identifique los diferentes bloques (puede agrupar algunos de ellos. Los grupos de bloques se pueden hacer en la propia figura)
- Explique su funcionalidad e indique los requisitos mínimos para algunos de los componentes de los bloques.

a) Los bloques son los siguientes.

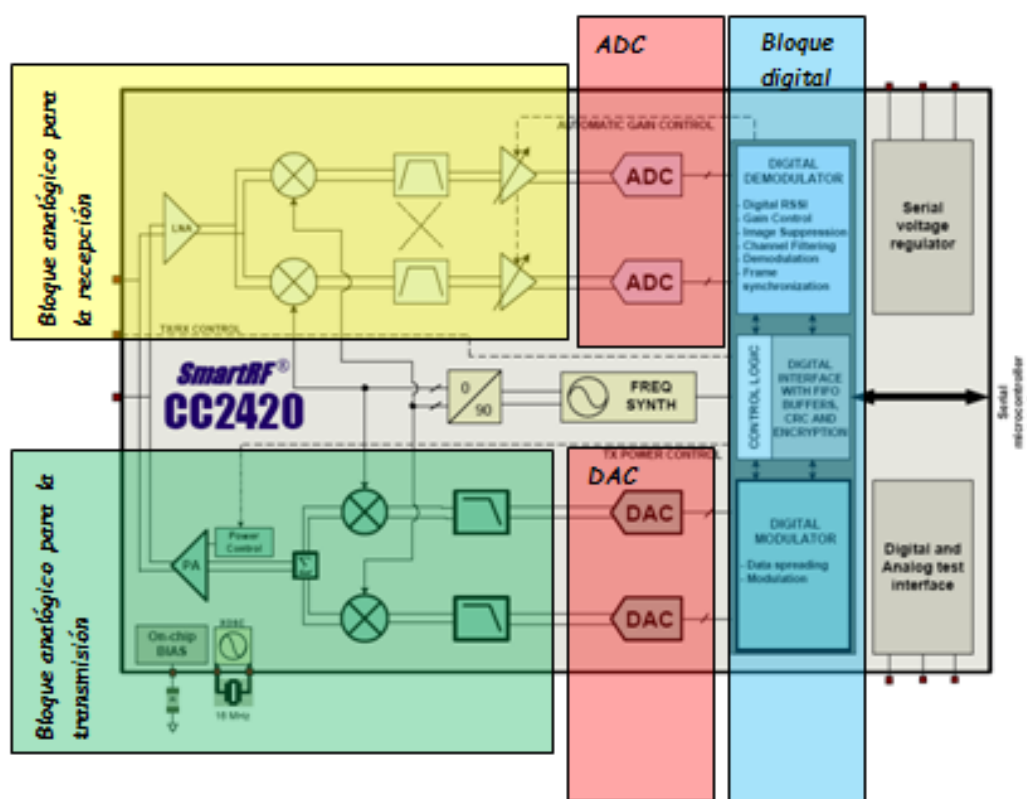


Figura 1: Archivo "Chipcon AS SmartRF® CC2420 - Preliminary Data Sheet", Rev. 1.2, 2009, Pag. 16

El transductor se puede dividir en 5 bloques principales que convierten la comunicación de radiofrecuencia en digital y al revés. Explicándolo desde el punto de vista de la recepción de radiofrecuencia, su descripción es la siguiente.

- Bloque analógico de recepción.

En este paso se capta la información de radiofrecuencia mediante una antena y esta información es amplificada, demodulada (para extraer la frecuencia base), filtrada (para eliminar aquella información existente en el rango de frecuencias que no interesa) y amplificada de nuevo (para ajustar la señal para el siguiente paso)

- Bloque ADC.

Para convertir el valor analógico amplificado en información digital. Las características de este ADC deben ser las siguientes.

- El número de niveles del ADC debe ser suficiente para detectar todos los casos que permitan el control automático de la ganancia del paso anterior (es decir, la última señal amplificada en el bloque analógico para la recepción).
- La velocidad de conversión debe ser compatible con la velocidad de transmisión de los bits recibidos.
- Bloque digital.

En este paso se interpretan los bits recibidos (conversión del protocolo de comunicación utilizado para la transmisión por RF) y se toman las decisiones adecuadas. Los datos se validan mediante los mecanismos de detección de errores implementados y se almacenan en un búfer. También se avisa al host (por ejemplo, un microprocesador) de que la información está disponible. Este paso también convertirá la información del buffer al formato de los datos digitales soportados por el host (RS/232, USB, etc.).

Al mismo tiempo, este paso recibirá los datos que el host quiere enviar utilizando la comunicación RF. Estos datos serán validados y codificados de nuevo para adaptarlos a los requisitos del protocolo de RF, incluyendo los mecanismos de detección de errores necesarios. Una vez realizado todo esto, los datos se pasan al siguiente bloque.

- Bloque DAC.

Para convertir la información digital en valores analógicos para transmitirla posteriormente. Las características de este DAC deben ser las siguientes.

 - El nivel de tensiones dado al siguiente bloque debe ser suficiente para las propiedades del siguiente paso.
 - La velocidad de conversión debe ser compatible con la velocidad de transmisión de los bits de envío.
- Bloque analógico de transmisión.

En este paso, los valores de tensión generados por el DAC son filtrados (para evitar los ruidos añadidos por la conversión), modulados a la banda de transmisión, amplificados y entregados a la antena para su transmisión en la red de RF.

Ejercicio 5

Un nuevo edificio de oficinas, con 15 plantas y una superficie de 500 m² en cada planta, necesita automatizar todos sus recursos y suministrar servicios telemáticos de alto rendimiento y seguridad, sin perder la flexibilidad de ofrecer mecanismos de comunicación que no perturben la seguridad de las empresas ubicadas en el edificio. Los siguientes servicios quieren ser ofrecidos especialmente.

- Domotización dividida por plantas, con control de calefacción, control de iluminación, control de persianas y sistema de control de incendios.
- Conexión a Internet.
 - Para los servidores de datos y aplicaciones, con alta velocidad y seguridad.

- Para los puestos de trabajo, con altas prestaciones y seguridad, así como una velocidad aceptable, valorando la flexibilidad en su ubicación dentro del edificio.
- Para los visitantes, con una velocidad aceptable y total flexibilidad en la conexión.

Proponga una solución completa, justificando las tecnologías seleccionadas frente a otras posibles soluciones.

La solución completa se compone de varias tecnologías, cada una de ellas adecuada para cada requisito del ejercicio.

ZigBee es la mejor solución para la domotización ya que es la tecnología diseñada especialmente para ello. Permite una total flexibilidad en las conexiones y una gran seguridad contra los fallos de conexión.

Para la conexión a Internet, cada problema requiere una solución diferente.

- Para los servidores hay que ofrecer una comunicación muy rápida, sólo alcanzada hoy en día con Fast/Gigabit Ethernet usando fibra. Además, al tratarse de un sistema de cableado, se reducen enormemente las posibilidades de error en la comunicación y se aumenta la seguridad frente a las comunicaciones inalámbricas. No obstante, la comunicación debería añadir un sistema de codificación en el protocolo, por ejemplo AES.
- Para las estaciones de trabajo se puede optar por 2 soluciones. Una de ellas utilizando Ethernet con cable, que proporcionará una alta velocidad de transferencia, fiabilidad y seguridad, aunque ésta limitará la ubicación de los PCs. Otra solución podría ser un sistema WiFi de alta velocidad (54 Mbps) con codificación WPA2 para tener un nivel de seguridad bastante grande. La decisión entre las 2 soluciones necesitaría un estudio más profundo según la ubicación de los diferentes puestos de trabajo y las conexiones físicas a Internet, así como el número de puestos de trabajo por cada punto de acceso WiFi. Ambos sistemas podrían incluso instalarse al mismo tiempo.
- Para los visitantes la única solución razonable sería ofrecer una red WiFi gratuita e independiente con una velocidad aceptable (por ejemplo, 54 Mbps) utilizando autenticación WEP/WAP para garantizar que esta red sólo sea utilizada por los visitantes y no por los trabajadores de la empresa.

Ejercicio 6

Se quiere instalar un sistema de alarma en un edificio del año 1900, catalogado como edificio histórico. El edificio tiene 4 plantas y una superficie de 450 m² en cada una. Todas las plantas tienen paredes y la mayoría de las paredes tienen mosaicos o frescos.

El sistema a implementar tiene un PC central ubicado en la planta baja dentro del departamento de seguridad y tiene los siguientes componentes.

- 25 sensores de incendio (la información de cada uno se captura cada 2 segundos).
- 50 sensores de presencia (la información de cada uno se captura cada segundo).

- 3 cámaras de seguridad, que ofrecen una imagen en blanco y negro cada segundo con una resolución de 320 x 200 píxeles. Las cámaras envían las imágenes con una tasa de compresión de 10:1.

Responda razonablemente a las siguientes preguntas.

- a) ¿Cuál es la velocidad de comunicación mínima necesaria para el correcto funcionamiento de las cámaras de seguridad?
- b) ¿Qué tecnología de comunicación utilizaría para conectar cada componente con el PC central?
- c) ¿Hay que tener en cuenta la alimentación de cada componente? Si la respuesta es "sí", ¿qué consideraciones habrá?

a) Cada cámara toma una imagen en blanco y negro (1 bit/píxel) de 320 x 200 píxeles cada segundo. Debido a la tasa de compresión, cada cámara envía $320 \times 200 \times 1 / 10$ bits = 6.400 bits. Sumando las 3 cámaras, el PC central recibirá la siguiente cantidad de datos cada segundo: $6.400 \times 3 = 19.200$ bps.

b) Debido a las características del edificio, está prohibido instalar cables, por lo que la solución debe ser inalámbrica. Como hay paredes, no es posible utilizar IR y sería mucho mejor utilizar radiofrecuencia. Entre Bluetooth, RFID, WiFi y ZigBee, la mejor solución para la comunicación inalámbrica en el interior de los edificios es ZigBee, soportando perfectamente la velocidad de 19.200 bps para las cámaras (velocidad máxima de transferencia de 250 kbps) y 450 m² (distancia máxima de 100 metros lineales). Los requisitos de velocidad para los sensores son insignificantes en comparación con los de las cámaras.

c) Si los sistemas de cableado no son adecuados, sería necesario utilizar baterías, salvo aquellos sensores con un consumo extremadamente bajo que puedan alimentarse a través del campo de RF. Habría que diseñar estos componentes para que tuvieran el menor consumo posible (para que los que se alimentaran con pilas tuvieran la mayor duración). Hay que utilizar en los sensores y cámaras todos los mecanismos existentes de bajo consumo.

Ejercicio 7

Hay que diseñar un sistema de comunicación para poder transmitir información de vídeo en tiempo real desde una estación central a varias cámaras distribuidas en distintos puntos de un edificio. La información de vídeo está formada por varios fotogramas de 640 x 480 píxeles, codificados en color verdadero (true color) y refrescados con una frecuencia de 50 Hz.

Conteste razonablemente a las siguientes preguntas.

- a) ¿Cuál sería la velocidad de transferencia, considerando que la arquitectura es capaz de gestionar la información mediante buses de 32 bits?
- b) ¿Qué características debe tener el protocolo de comunicación?
- c) ¿Qué tecnología utilizaría para implementar la comunicación?

d) Si quiere utilizar ZigBee para resolver este problema, ¿qué requisitos de diseño tendría en cuenta? Indique si tendría que añadir o reducir algo en el sistema, justificando tu respuesta.

a) La información se envía utilizando el nivel de bytes, por lo que el color verdadero podría codificarse en 24 bits (3 bytes). De este modo, la información de una pantalla sería $640 \times 480 \times 4 = 1.228.800$ bytes.

Dado que la tasa de refresco es de 50 Hz, es decir, 50 pantallas cada segundo, la velocidad de transferencia debe ser de $1.228.800 \times 50 \times 8 = 492$ Mbps para cada cámara.

b) De acuerdo con la información proporcionada, la comunicación podría realizarse mediante Broadcast (es decir, la información se envía a todo el mundo y estos dispositivos deciden si la reciben o no) y sería recomendable utilizar el modo isócrono (no es necesario corregir los errores porque queremos que sea en tiempo real). El resultado es que el protocolo podría ser casi nulo, sólo añadiendo un inicio de trama y un final de trama. Se podría añadir al principio de la trama alguna información sobre su longitud, pero sólo si el tamaño de la trama es modificable.

c) Suponiendo los datos dados, es imposible tomar una solución inalámbrica. Teniendo en cuenta la velocidad de transferencia y que probablemente habrá más de una cámara, mirando el diagrama la mejor solución sería utilizar el protocolo 802.15.3 (Giga Ethernet).

d) El límite más importante para utilizar ZigBee es la velocidad de transferencia. Para utilizar ZigBee sería necesario aplicar algoritmos de compresión de datos (3500:1 más o menos) o reducir los requisitos de la pantalla (tamaño de la imagen, codificación del color y tasa de refresco). La solución más razonable sería la segunda porque es imposible comprimir 3500:1 en la práctica.