

# S. empotrados y ubicuos

## *Computación ubicua*

Fernando Pérez Costoya

*fperez@fi.upm.es*

# Contenido

- ☐ Introducción
- ☐ Campo afín: Computación móvil
  - Retos de la computación móvil
- ☐ La visión de Mark Weiser
  - Otros trabajos pioneros
- ☐ Retos de la computación ubicua
- ☐ *UUI*
- ☐ *Wearable Computing*
- ☐ Espacios inteligentes
- ☐ Servicios de descubrimiento
- ☐ *Context-aware computing*
- ☐ Redes inalámbricas de sensores
- ☐ Sistemas de localización
- ☐ Seguridad en sistemas ubicuos

# Computación ubicua (*Ubiquitous Computing*)

- Tendencia: Progresiva miniaturización de computadores
  - Computadores empotrados en todo tipo de objetos
- Tendencia: Continua mejora en comunicación inalámbrica
  - Esos computadores empotrados interaccionan entre sí
- Nuevo modelo de computación:
  - Computadores omnipresentes, parte de ellos móviles
  - Algunos empotrados en sistemas físicos, invisibles al usuario
  - Otros portados, consciente o inconscientemente, por el usuario
  - Conectados entre sí ofreciendo un valor añadido
  - Plenamente integrados en el mundo para facilitar vida cotidiana
    - Aunque, probablemente, con menos privacidad
- **Computación ubicua (*UbiComp*)**
  - Propuesta de Mark Weiser en PARC de Xerox finales de los 80
    - *Pervasive Computing*: Propuesta de IBM; finalmente sinónimo
- Nueva era en la historia de la computación moderna

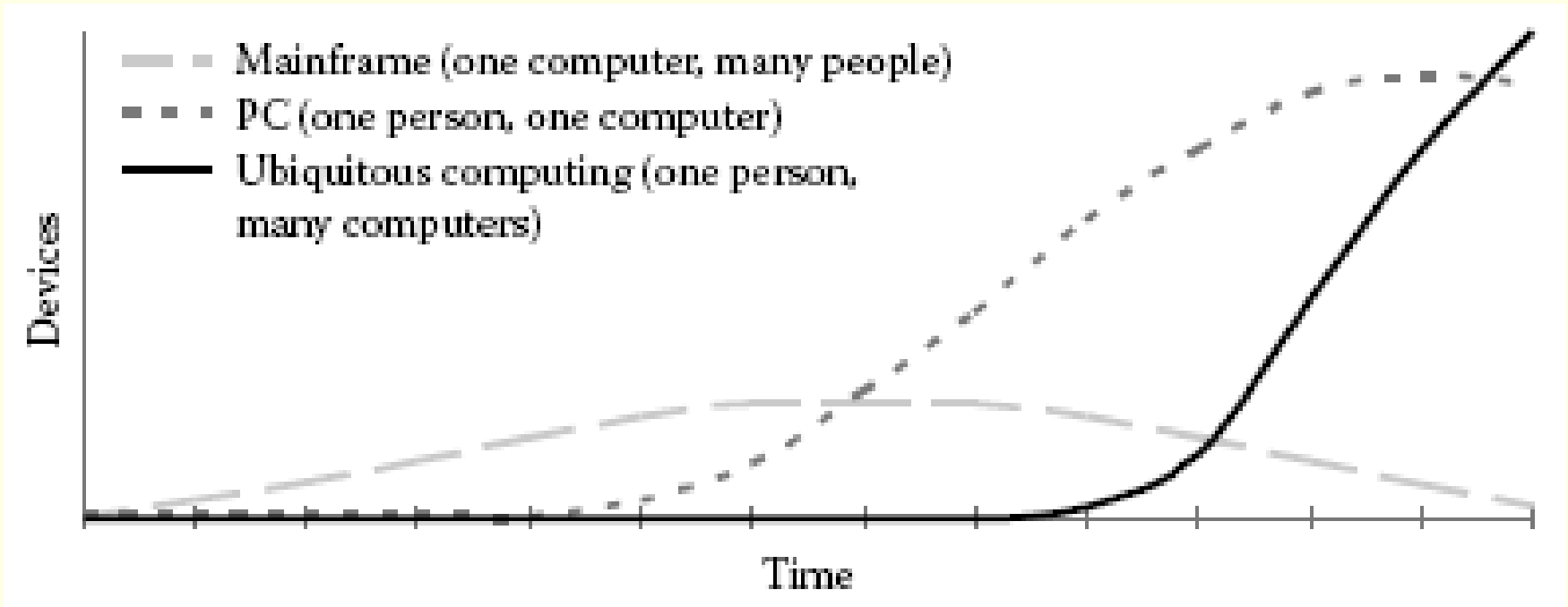
# Cuatro eras en la computación

- *Mainframes*
- Sistemas distribuidos (desde principio década 80):
  - Gracias a PCs y mejoras en redes
  - Máquinas en red trabajando de forma coordinada
  - Tecnologías maduras
- Computación móvil (desde principio década 90)
  - Gracias a mejoras en portátiles y redes inalámbricas
  - Conectados a infraestructura cableada o en redes *ad hoc*
  - Información “*anywhere anytime*”
  - Investigación desde década 90; tecnologías en maduración
- Computación ubicua (actualmente)
  - Información “*everywhere everytime*”
  - Tecnologías en efervescente investigación

# Tipos de redes (extraído del libro de Coulouris)

	<i>Example</i>	<i>Range</i>	<i>Bandwidth</i> <i>(Mbps)</i>	<i>Latency</i> <i>(ms)</i>	
<i>Wired:</i>					
LAN	Ethernet	1-2 kms	10-1000	1-10	
WAN	IP routing	worldwide	0.010-600	100-500	
MAN	ATM	250 kms	1-150	10	
Internetwork	Internet	worldwide	0.5-600	100-500	
<i>Wireless:</i>					
	+ Comunicación corto alcance: IR, NFC,...				
WPAN	Bluetooth (802.15.1)	10 - 30m	0.5-2	5-20	clásico vs lowEnergy
WLAN	WiFi (IEEE 802.11)	0.15-1.5 km	2-54	5-20	
WMAN	WiMAX (802.16)	550 km	1.5-20	5-20	
WWAN	GSM, 3G phone nets	worldwide	0.01-02	100-500	

# Evolución de la computación



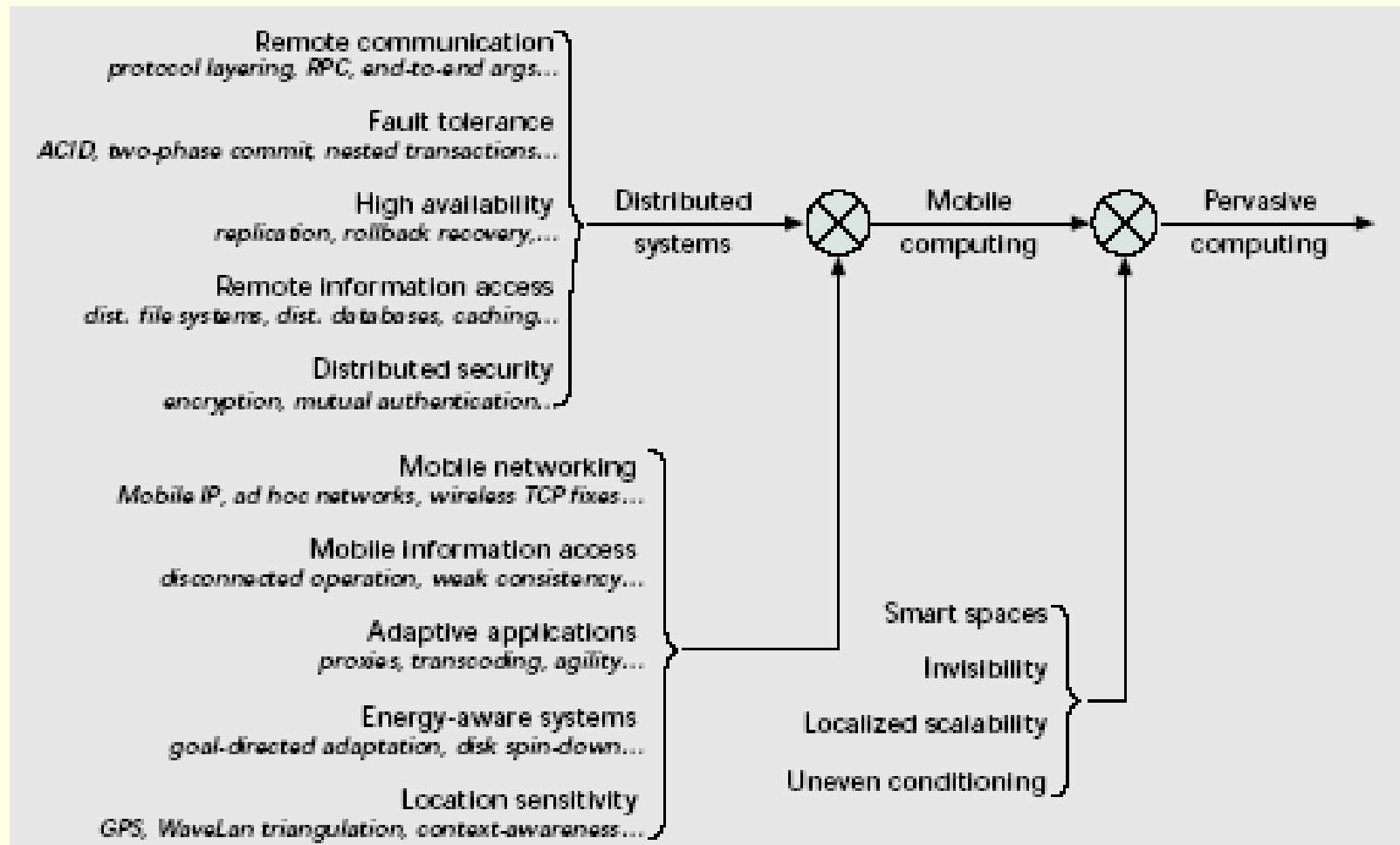
## Computación ubicua:

- 1 persona → N computadores
- 1 computador → N personas

*Ubiquitous Computing Fundamentals*

John Krumm

# De Sistemas Distribuidos a Computación ubicua



***Pervasive Computing: Vision and Challenges***

**M. Satyanarayanan**

# Retos de la computación móvil

- Sist. distribuidos → Computación móvil → Computación ubicua
  - Retos existentes más complejos y aparecen nuevos
- C. móvil comparte “problemas” con c. ubicua
  - Sistemas volátiles y con limitación en recursos disponibles
  - Pero exacerbados en computación ubicua
- Revisemos cómo se han afrontado los retos de la c. móvil por
  - Uso de comunicaciones inalámbricas
  - Movilidad de los equipos
  - Portabilidad de los equipos



# Retos de c. móvil por comunicaciones inalámbricas

- Ancho de banda menor y más variable que en redes cableadas
  - Agrupar (*pre-fetching/delayed write*) y comprimir datos
  - **Adaptación** a ancho de banda disponible
    - P. e. Ajustar calidad de videoconferencia
    - Tipos de adaptación
      - ▶ Automática: SO y/o aplicación
      - ▶ Consultando a usuario
- Mayor propensión a errores y a la desconexión
  - Modo de operación desconectado
    - Requiere “*thick client*”: más recursos en clientes
      - ▶ “Fricción” entre autonomía y consumo de recursos
    - Por ejemplo, sistema de ficheros CODA
- Menos seguras: cifrado (adaptado a posible limitación de recursos)

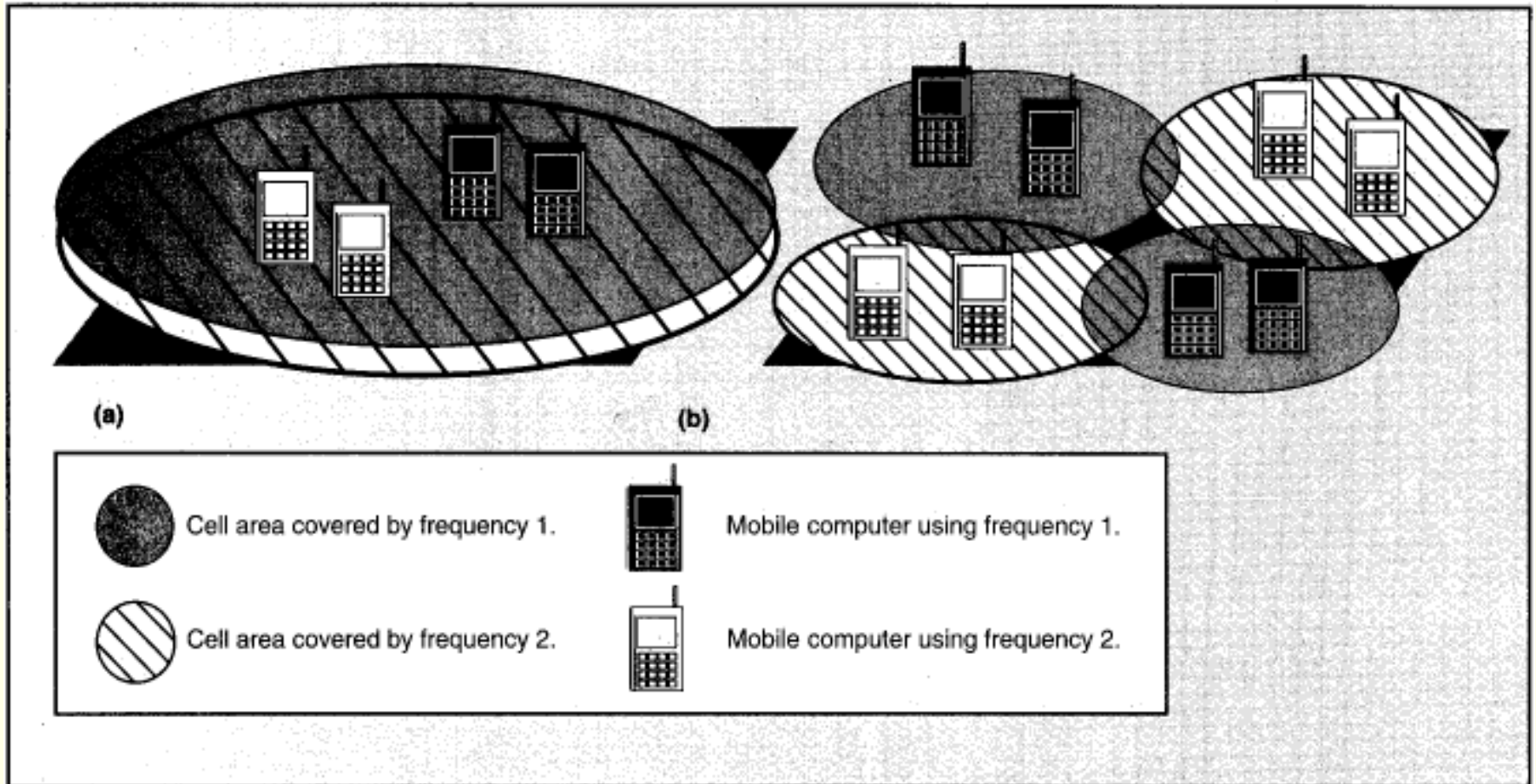
# Sistema de ficheros CODA

- Sucesor de AFS con mantenimiento de réplicas
- Ideado inicialmente para Sistemas Distribuidos “convencionales”
  - Si red partida: cliente sólo actualiza copias accesibles
  - En reconexión de particiones:
    - Si no conflicto → se propaga a todas las copias la última versión
    - Si conflicto → reconciliación automática o manual
- Posteriormente aplicado a computación móvil
  - Desconexión: cliente actualiza ficheros de los que tiene copia
  - Reconexión: conciliación entre copias del cliente y del sistema
  - Usuario puede sugerir de qué ficheros tener siempre copia

# Rango de alcance y capacidad de la red

- ¿Cuánto mayor alcance mejor?
  - Intuitivamente, sí pero no es siempre así en c. móvil/*UbiComp*
- Limitar alcance de la comunicación:
  - Reduce consumo dispositivo móvil
  - Muy corto alcance posibilita comunicación directa entre nodos
  - Permite reutilización de ancho de banda
    - Más nodos en el mismo espacio físico
    - Concepto de bits/s/m<sup>3</sup> de Weiser

# Rango de alcance y capacidad de la red

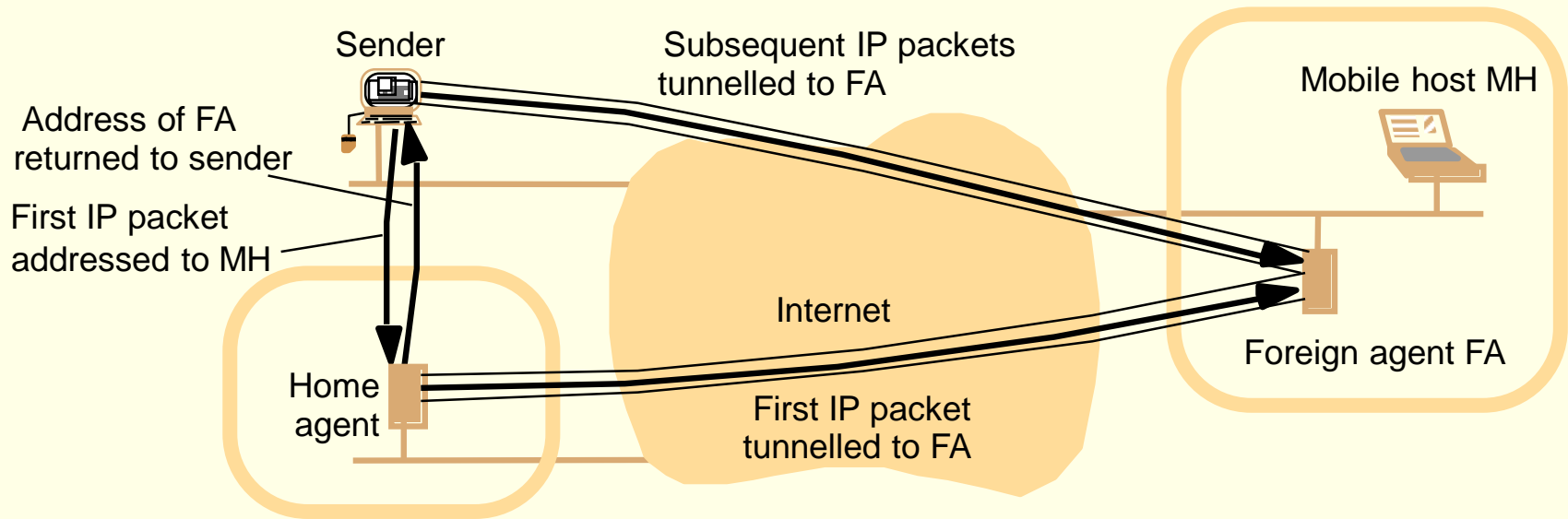


*The Challenges of Mobile Computing*  
G.H. Forman y John Zahorjan

# Retos de la computación móvil por movilidad

- Puede implicar cambio en tecnología de red usada
  - Variabilidad en ancho de banda
- Puede implicar cambio en punto de acceso a red cableada
  - Facilitar configuración automática
    - P. ej. DHCP, *dynamic DNS*, *Zero configuration*
  - Migración de direcciones
    - *Mobile-IP*
- Además de retos, abre nuevas posibilidades
  - *Location-based computing*
    - Comportamiento de aplicación depende de ubicación
    - Aspecto clave en computación ubicua
    - Implicaciones en aspectos de privacidad

# Mobile IP



*Distributed Systems: Concepts and Design*  
Coulouris, Dollimore y Kindberg

# Retos de la computación móvil por portabilidad

- Portátiles: recursos limitados (energía, UCP, memoria, HW de IU)
- Energía por baterías (alternativa: *Power Harvesting*)
  - HW de bajo consumo (p. e. UCP menor frecuencia y voltaje)
  - SW diseñado para reducir consumo
    - Algoritmos que premien bajo consumo sobre eficiencia o calidad
    - Esquemas con más cómputo y menos comunicación
      - ▶ Con más recepción que envío en el portátil
    - Poner en bajo consumo recursos no usados
  - *Cyber foraging*:
    - Envío tareas complejas a máquinas de infraestructura red cableada
  - **Adaptación** a energía disponible (*energy-aware adaptation*)
    - P. e. Ajustar calidad de videoconferencia
  - *Resource-aware computing*
    - Aplicación notificada de nivel de disponibilidad recursos vitales

# Retos de la computación móvil por portabilidad

- HW de IU limitado
  - Pantalla de “menos calidad”
  - Dispositivos de entrada alternativos: *pen*, voz, táctil, ...
  - Objetivo: aplicaciones independientes del dispositivo
  - **Adaptación** de la aplicación a:
    - Características del dispositivo
      - ▶ HW de IU (y limitaciones de recursos: energía, ancho de banda,...)
    - Preferencias del usuario
  - Generación de contenido adecuado para un dispositivo:
    - Estática:  $N$  versiones del contenido previamente generadas
    - Dinámica: por demanda
      - ▶ Se genera sobre la marcha contenido adaptado al dispositivo
      - ▶ Si contenido multimedia → *transcoding*
- “Fragilidad”: golpes, pérdidas, robos, ...



# Computación ubicua: la Visión de Weiser

- Computadores deberían integrarse en nuestro entorno
  - Haciéndose “invisibles”, no requiriendo nuestra atención
    - *Invisible computing*
      - ▶ Como la escritura o el uso de la electricidad en el hogar
  - Facilitando contacto personal directo en vez de aislar
  - *Calm technology*: que se mantiene en la “periferia”
    - Puntualmente centro de nuestra atención y vuelve a periferia
- Lo opuesto a realidad virtual (realidad aumentada)
  - RV. Simula el mundo real: mundo → computador
  - CU. Mejora/“aumenta” el mundo real: mundo ← computador
- Prueba de concepto: CU en dispositivos que muestran información
  - Tres escalas: *tab* (nota), *pad* (bloc) y *board* (pizarra)
    - ▶ Pulgada, pie, yarda
    - En cada oficina 100-200 *tabs* , 10-20 *pads* , 1-2 *boards*
  - Actualmente, otras escalas: *dust, skin, clay,...*

# *The Computer for the 21st Century, Weiser 1991*

*“The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it”*

*“Specialized elements of hardware and software, connected by wires, radio waves and infrared, will be so ubiquitous that no one will notice their presence”*

*“We are therefore trying to conceive a new way of thinking about computers, one that takes into account the human world and allows the computers themselves to vanish into the background”*

*“There is more information available at our fingertips during a walk in the woods than in any computer system, yet people find a walk among trees relaxing and computers frustrating. Machines that fit the human environment instead of forcing humans to enter theirs will make using a computer as refreshing as taking a walk in the woods”*

# *Tabs*

- ☐ Actúa como terminal de la infraestructura de red
  - Muestra información recibida y envía acciones del usuario
- ☐ Puede “vestirlo” el usuario: *Wearable Computing*
  - *Active badge*
- ☐ Pantalla de contacto con 3 botones
- ☐ Comunicación inalámbrica IR
  - Menos consumo que RF: factor crítico en *Tabs*
- ☐ Detector IR en techo de oficina conectado a red cableada
- ☐ Capacidad de conocer su ubicación en un edificio
  - *Tab* emite su ID mediante IR
- ☐ Posibilita aplicaciones *context-aware* (*location-aware*)
  - Desvío de llamada a oficina donde se encuentra destinatario
  - *Proximity Browser*
    - Ver ficheros consultados última vez en misma ubicación

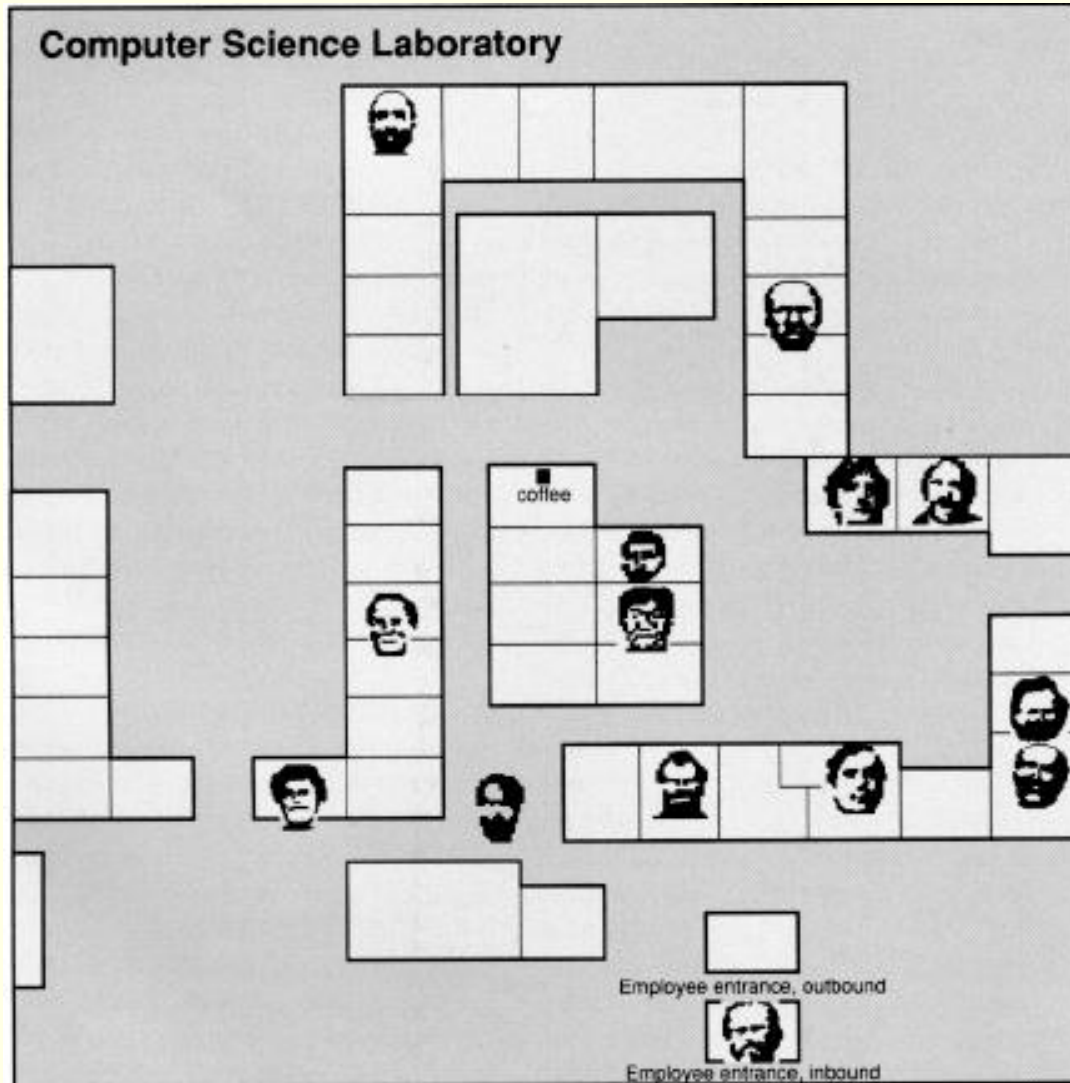
# *Tabs*



*Some CS issues in UC*  
Mark Weiser

*UC Fundamentals*  
John Krumm

# Seguimiento de ubicación mediante *tabs*

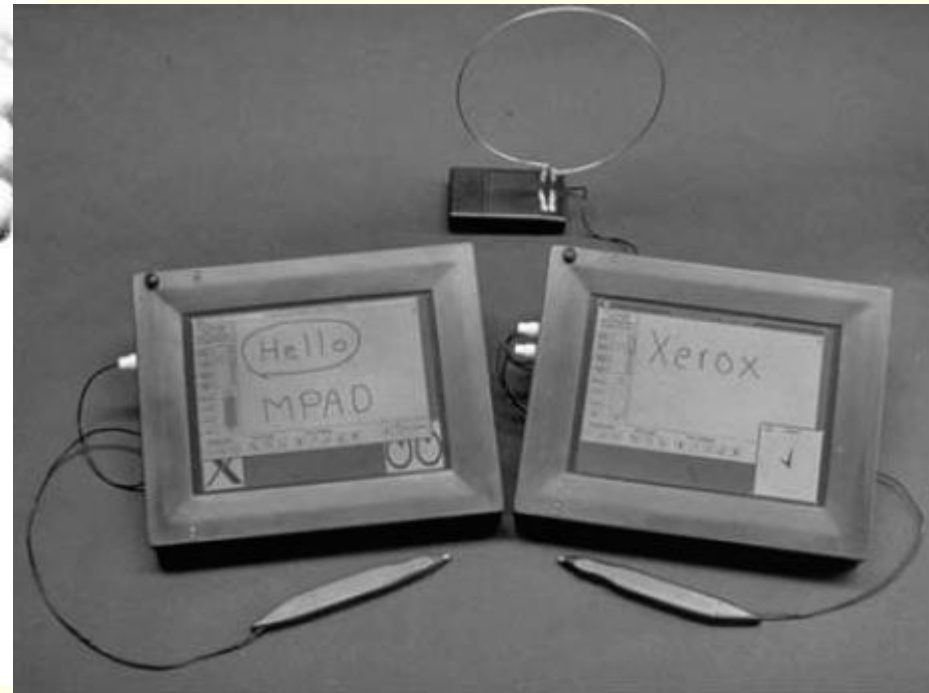
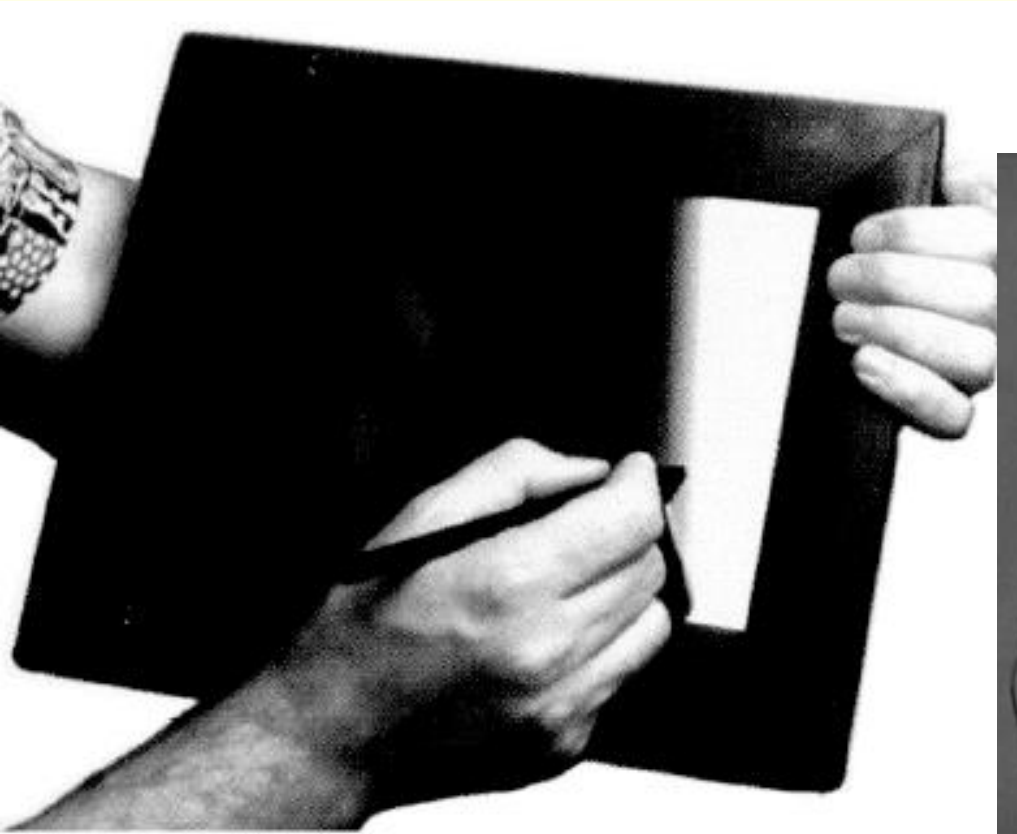


*Some CS issues in UC*  
**Mark Weiser**

# *Pads*

- Pantalla de visualización y escritura con bolígrafo
- Compatible con sistema de ventanas X
- Comunicación inalámbrica RF de corto alcance
  - Similar alcance que IR pero mucho mayor ancho de banda
  - Detector RF en techo de oficina conectado a red cableada
- Uso como “papel de borrador”
  - No dispositivos de uso personal: no es un portátil
- Metáfora en PC:
  - Pantalla → escritorio; Ventana → documento sobre escritorio
- *Pad* hace real la metáfora → documento sobre escritorio físico

# *Pads*



***Some CS issues in UC***  
**Mark Weiser**

***UC Fundamentals***  
**John Krumm**

# *Boards*

- Gran pantalla fija con entrada basada en bolígrafo IR
- Conectados directamente a infraestructura de red y a alimentación
- Actúan como tabloneros, pizarras, carteleros, ...
- Trabajo remoto en colaboración usando múltiples *boards*
- Ejemplo de uso: en docencia
  - Capturar anotaciones y gráficos del profesor durante la clase
  - Añadir info. de contexto para poder accederlos posteriormente
  - Gestión línea de tiempo para moverse a lo largo de presentación



# Boards



*Some CS issues in UC*  
Mark Weiser

*UC Fundamentals*  
John Krumm

# Otros trabajos pioneros

## ☐ *HP Cooltown*

- Precedente de *Web of Things*: todo objeto tiene una URL
  - *Web of Things*: “nivel de aplicación” de la *Internet of Things*

## ☐ MIT Media Labortary

- *Wearable Computing* y realidad aumentada
  - Precedente de Google Glass

## ☐ Georgia Tech: edificios inteligentes

- Classroom 2000, Aware Home

## ☐ Olivetti: sistemas de localización

- Active Badge, Active BAT

## ☐ Karlsruhe: *Things that Think*

- MediaCup, Smart-Its
  - <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128600001808>

## ☐ UC Berkeley: *Smart Dust*

- Redes de nodos sensores (*motes*) basados en MEMS

# Déficit tecnológicos detectados por Weiser

- ❑ Necesidad de computadores de bajo coste y consumo
- ❑ Mejoras en pantallas grandes y bolígrafos electrónicos
- ❑ Redes inalámbricas:
  - Mayor capacidad, mejores protocolos, distintos alcances, ...
  
- ❑ Más de 20 años después esos déficit parecen superados
- ❑ Algunas de las ideas se están incorporando a nuestra cotidianidad
- ❑ Sin embargo, CU no ha penetrado radicalmente en la sociedad
  
- ❑ ¿Qué retos quedan por resolver?

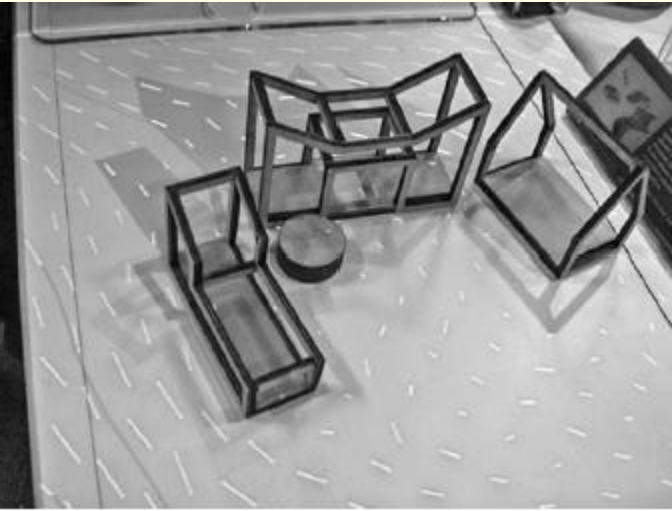
# Retos actuales de la computación ubicua

- Todos los de la computación móvil pero acentuados
  - HW con recursos más limitados (energía, UCP, HW de IU, ...)
    - Mayor necesidad de adaptación
  - Mayor escala por omnipresencia
  - Problemas de seguridad y privacidad exacerbados
- Gestión de espacios inteligentes
  - Sistemas volátiles con interacción espontánea
- Integración en el mundo físico: *Context-aware computing*
- Interfaces de usuario para sistemas ubicuos (UUI)

# UI para sistemas ubicuos (UUI)

- ¿Cómo construir IU de sistema que debe quedar en la “periferia”?
- Debe minimizar el nivel de distracción del usuario
  - *Distraction matrix* (Anhalt et al., 2001)
    - Clasifica actividades por grado de atención requerida
      - ▶ *Snap, Pause, Tangent, Extended*
- Múltiples propuestas de IU alternativos:
  - *Tangible User Interface*
  - *Surface User Interface*
  - *Ambient User Interface*
  - *Natural User Interface*
  - .....
- Ejemplo: *The Marble Answering Machine*
  - <https://vimeo.com/183465991>

# Nuevos tipos de IU; extraído de *UC Fundamentals*



**IU tangible**



**IU de superficie**



**IU ambiental**

# Wearable Computing

- Dispositivos que “viste” el usuario
  - En la muñeca, como gafas, en general, como parte del vestuario
- Parte integrante de *UbiComp* (e *IoT*)
- Características deseables:
  - No deberían monopolizar la atención ( $\neq$  *smart phone*)
  - No deberían restringir el desenvolvimiento normal
  - Deberían ser controlables por el usuario
  - Debe proporcionar un UUI
  - Pueden incorporar sensores (p.e. biomédicos)
  - Pueden proporcionar mecanismos de realidad aumentada
  - Debe tener capacidad para comunicarse con otros dispositivos

# Espacios inteligentes (EI)

- EI: Sistema CU emplazado en un espacio físico determinado
  - P. ej. una habitación de un hotel o las oficinas de una empresa
- Delimitación precisa de confines de un EI
  - ¡Espero que mis fotos no se impriman en habitación contigua!
  - Problema del límite del EI en descubrimiento (más adelante)
- EI es un sistema dinámico, “espontáneo” y volátil
  - Usuarios y dispositivos entran y salen continuamente del mismo
    - Mi cámara digital y yo entramos en habitación de hotel
    - Vehículos entran y salen de área de control de un “semáforo”
  - Puede no haber conocimiento previo entre componentes del EI
    - Interacción espontánea
  - Problema de asociación:
    - ¿Cómo los componentes de un EI se descubren e interaccionan?



# Interacción entre componentes en sistema ubicuo

- Nodo entra en EI:
  - Se autoconfigura y descubre, y es descubierto, por restantes
  - Si proveedor de servicios, hace conocerlos a interesados
  - Si consumidor, descubre los de otros nodos que le interesen
  - *Plug & play* de servicios/dispositivos en el sistema
    - Notificación de aparición de nuevo servicio a nodos interesados
  - Necesidad de “lenguaje” de definición y búsqueda de servicios
- Nodo abandona EI: servicio/dispositivo desaparece
  - Abandono abrupto → uso de *leases*
- Se requiere **auto-configuración** y **descubrimiento de servicios**
  - Limitación de recursos y volatilidad pueden condicionarlos
- Ej. Jini, UPnP, Zeroconf, *Service Location Protocol* (RFC 2608)

# Ejemplo plantilla de servicio de SLP

```
service:printer://lj4050.tum.de:1020/queue1  
scopes = tum, bmw, administrator  
printer-name = lj4050  
printer-model = HP LJ4050 N  
printer-location = Room 0409  
color-supported = false  
pages-per-minute = 9  
sides-supported = one-sided, two-sided
```

Extraído de “*A Comparison Of Service Discovery Protocols And Implementation Of The Service Location Protocol*”, Christian Bettstetter y Christoph Renner

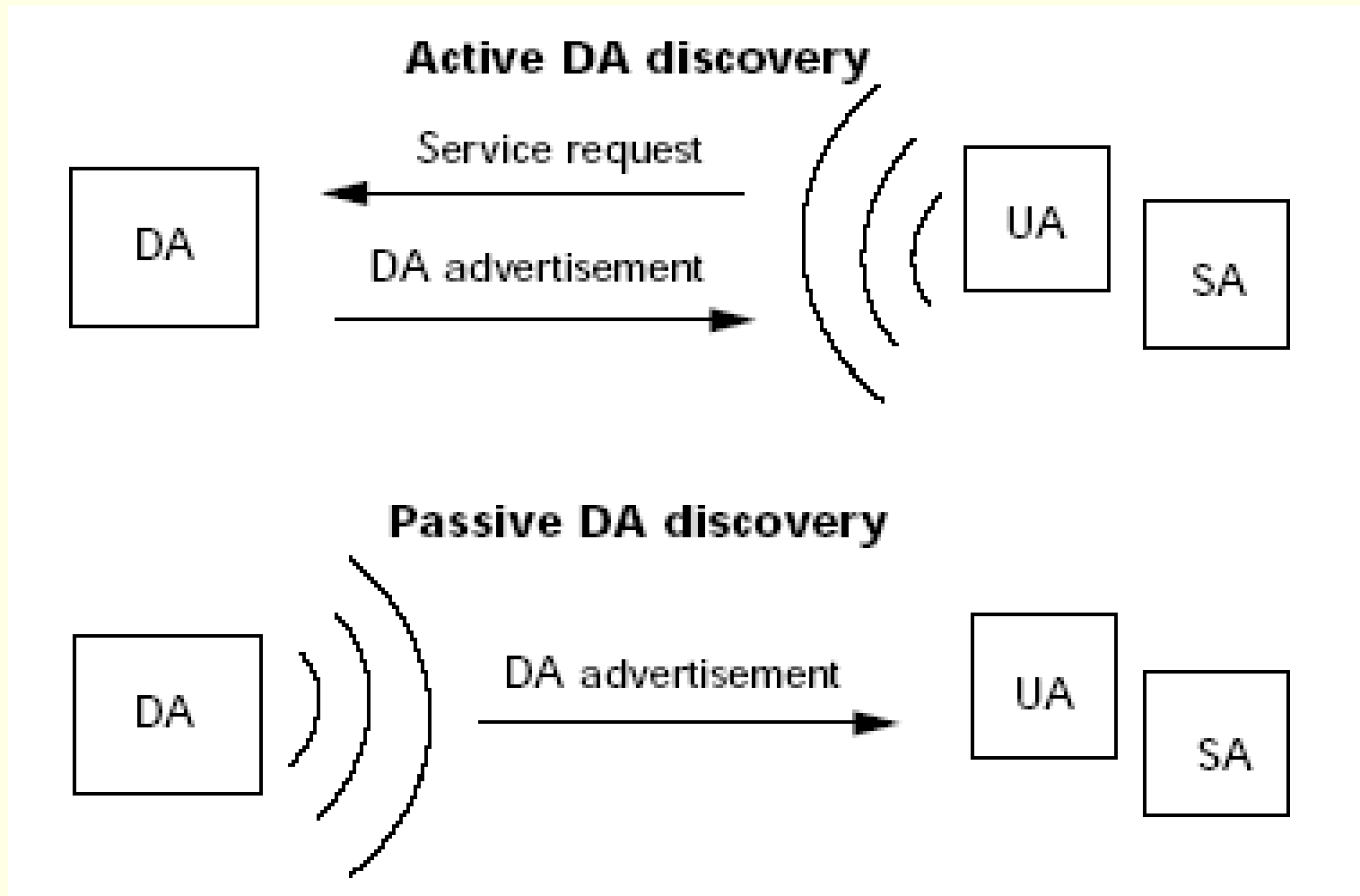
# Auto-configuración

- Nodo necesita dirección IP y, en ocasiones, también nombre DNS
- Obtención de dirección IP (e info asociada: máscara, *router*,...)
  - Uso de DHCP:
    - Nodo *broadcast* petición de dirección IP
    - Servidor DHCP asigna dirección IP con *lease* asociado
  - Si DHCP no disponible (por volatilidad o limitación recursos)
    - *Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses* (RFC3927)
    - Nodo elige su dir. IP y usa ARP para comprobar que no en uso
      - ▶ Si conflicto, selecciona otra
- Uso de nombre DNS (si requerido)
  - DNS con protocolo de actualización: *Dynamic-DNS*
  - Si DNS no disponible (volatil./limit. recursos): *Multicast-DNS*
    - Consultas a dominio `.local.` usan *multicast* dir. fija

# Servicios de descubrimiento de servicios (1/2)

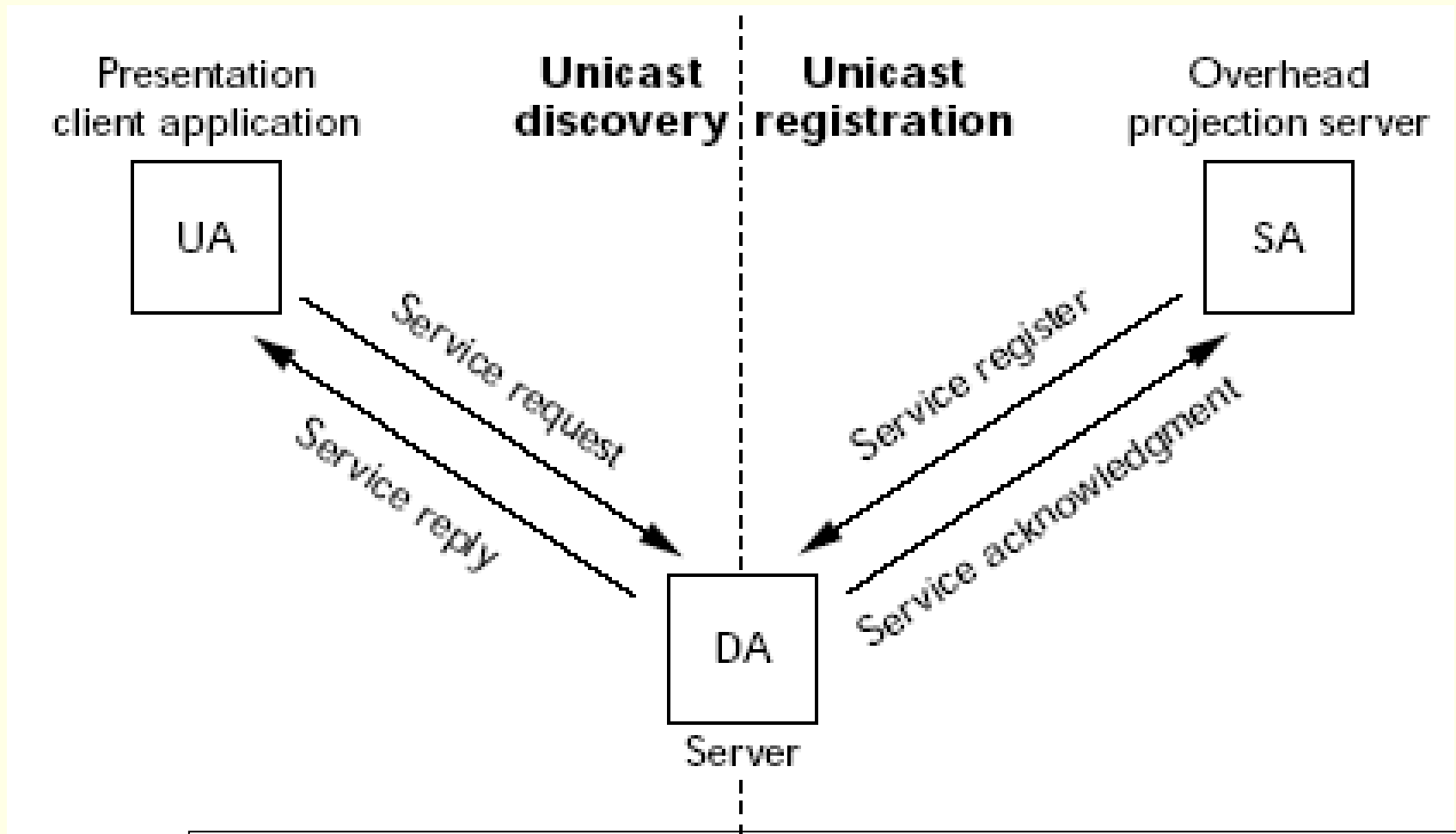
- Tres roles (usando terminología SLP):
  - cliente (UA), proveedor serv. (SA), serv. descubrimiento (DA)
- Alternativa principal: con o sin DA
  - Múltiples DA: replicación y/o info. de distintos ámbitos
- Con DAs:
  - UA y SA deben localizar DAs (posible filtro por ámbitos)
    - Localización pasiva: DA *multicast* a dirección fija
      - ▶ Facilita incorporación de nuevos DAs al sistema
    - Localización activa: UA/SA *multicast* a dirección fija
      - ▶ Descubrimiento de nuevos DAs mediante *polling* periódico
  - SA registra servicio mediante *unicast* en DAs localizados
  - UA consulta mediante *unicast* a alguno de los DAs localizados
  - UA puede pedir a DA notificación si aparece un cierto SA (PnP)

# Descubrimiento de DA en SLP



*Service Location Protocol: Automatic Discovery of IP Network Services. Erik Guttman*

# Registro y búsqueda de servicio en SLP



*Service Location Protocol: Automatic Discovery of IP Network Services. Erik Guttman*

# Servicios de descubrimiento de servicios (2/2)

- Sin DA: *pull* versus *push*
  - *Push*: SA *multicast* anuncio de servicio; UAs guardan esa info.
    - *push* descubrimiento automático nuevo SA
  - *Pull*: UA *multicast* petición; SA la recibe y responde
    - *pull* descubrimiento nuevo SA mediante *polling* periódico
- Esquema híbrido (SLP): suponiendo *pull* y descubrimiento pasivo
  - Mientras no haya ningún DA:
    - SA escucha dir. *multicast* peticiones de servicio
    - UA envía a dir. *multicast* peticiones de servicio
    - SAs/UAs escuchando dir. *multicast* posibles altas de DAs
  - Cuando aparece un DA no habiendo ninguno antes
    - SAs registran servicio en DA mediante *unicast*
    - UAs consultan DA usando *unicast*
  - Si desaparecen todos los DAs: vuelta al primer punto

# Problema del límite del EI en descubrimiento

- ¿Cómo asegurar que asociación se restringe a límites de EI?
- Uso de un **canal físicamente restringido**
  - *Physically constrained communication channel* (Coulouris)
  - Tecnología de comunicación no traspasa límites de EI
    - IR no puede atravesar paredes de habitación de hotel
  - Codificar información en audio restringido a EI
    - Música de fondo muy débil en la habitación
  - Lectura de código de barras
    - Dispositivo de cliente lee código presente en habitación
  - Aproximación física entre componentes
    - Uso de comunicación de muy corto alcance o direccional



# Contexto

- Sistema CU integrado en mundo físico
  - Tiene que conocer/sentir el mundo exterior → *Sensores*
- Contexto (mundo externo + usuario + dispositivo)
  - Entorno de computación
    - HW disponible, niveles de conectividad y energía actuales
  - Entorno del usuario
    - Ubicación, gente próxima, situación social
  - Entorno físico
    - Climatología, iluminación, nivel de ruido
  - ¿Dónde, quién, cuándo, qué?
- Del contexto se infiere una determinada situación de un usuario
  - Es difícil conocer realidad y eliminar ambigüedades

# *Context-aware computing*

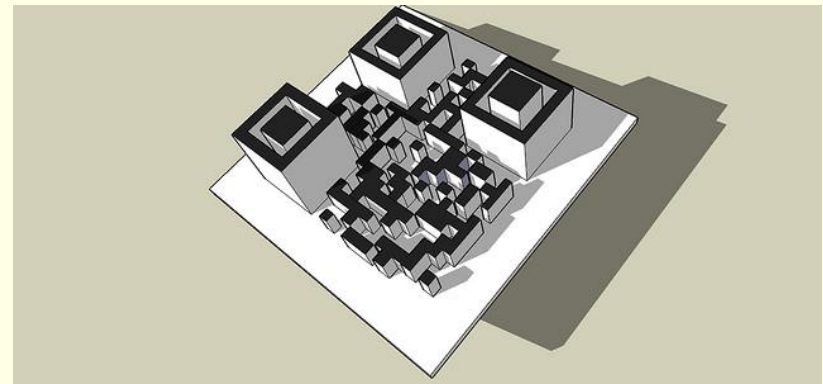
- Aplicación cuyo comportamiento depende del contexto
  - Se **adaptan** al contexto
    - Incluye adaptación a limitaciones del dispositivo
- El contexto puede influir en aspectos tales como:
  - Manera de presentar información y servicios
  - Ejecución automática de servicios
  - Etiquetado de datos con info. contexto para posterior uso
- Objetivo final de aplicación *context-aware*
  - Hacer lo querría el usuario en el contexto actual
    - Contexto + intenciones del usuario → acción
  - Ambigüedades en contexto y en expresión de intenciones
    - Prudencia con la pro-actividad

# Sensores

- Determinación de contexto comienza con lecturas de los sensores
- De muy diverso tipo
  - **Posición**
  - Presencia y proximidad
  - Movimiento (acelerómetros, giróscopos,...)
  - Ambientales (temperatura, luminosidad, humedad,...)
  - Biomédicos (pulso, temperatura corporal,...)
  - Identificación de personas: *Active badge*
  - Identificación de objetos

# Identificación de objetos

- Mecanismo para obtener ID de objeto. Alternativas:
- Código de barras
  - 1D, 2D (p.e. QR) y 3D
  - Leídos por escáner: iluminador + sensor + decodificador
- RFID (*Radio-Frequency Identification*):
  - Etiqueta: datos (ID) + antena + batería vs recolector energía
  - Lector: envía señal RF y obtiene info. enviada por etiqueta
  - Tipos:
    - **Pasiva**: sin batería; usa energía recibida del lector para responder
      - ▶ Lectura lenta (decenas de ms.), alcance corto (unos metros); WORM
    - **Semi-pasiva**: usa batería; lector usa señales < energía; + caros
    - **Activa**: usa batería; etiqueta puede iniciar comunicación; + caros
      - ▶ Lectura +rápida, +alcance (100 m.); RW; +capacidad almacenamiento



# Identif. objetos: NFC (*Near Field Communication*)

- Protocolo para comunicar 2 dispositivos muy cercanos (10cm.)
- Recoge funcionalidad RFID pero con mucho menor alcance
  - Adecuado para seguridad y canal físicamente restringido
- Dispositivo NFC puede leer (e incluso escribir) NFC *tags*
  - NFC *tag* no requiere baterías (igual que RFID pasiva)
- Dispositivo NFC tiene 2 modos de operación adicionales:
  - *Card emulation*
    - Dispositivo de pago establece conexión NFC con terminal de pago
      - ▶ Pago sin contacto; monedero digital (p.e. *Apple Pay*)
  - P2P: Comunicación bidireccional entre 2 dispositivos NFC
    - Intercambian datos entre sí

# *RFID vs NFC tag*



<http://news.thomasnet.com/imt/2014/03/04/passive-vs-semi-passive-vs-active-tags-in-rfid>



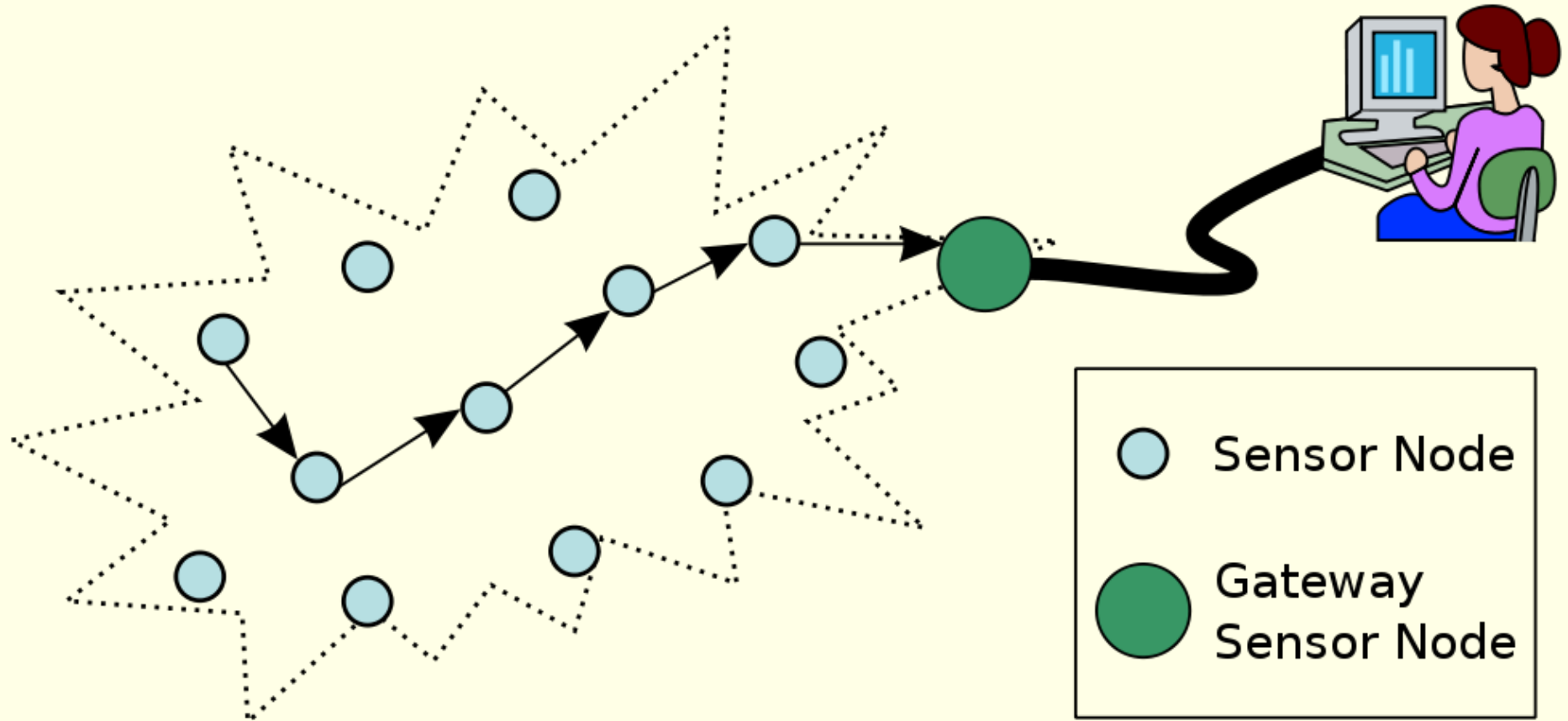
[http://www.phonearena.com/news/10-clever-uses-for-an-Android-smartphone-with-NFC-and-NFC-tags\\_id64874](http://www.phonearena.com/news/10-clever-uses-for-an-Android-smartphone-with-NFC-and-NFC-tags_id64874)

# Redes inalámbricas de sensores (*Wireless Sensor Networks, WSN*)

- Redes inalámbricas *ad hoc* de nodos sensores
  - Ideadas para funcionamiento desatendido
- Nodo sensor (*mote*): incluso tan pequeños como partículas polvo
  - Pequeño microcontrolador
  - Sensores
  - Equipo de comunicación basado en RF (p. e. Zigbee)
  - Batería
- Ejemplos de aplicación
  - Monitorización medioambiental de un bosque
  - Supervisión de flotas
- Propuesta: Redes de sensores RFID (RSN)



# Arquitectura de una WSN (wikipedia)



# Sistemas de localización

- Ubicación (dispositivo | usuario): elemento principal del contexto
- Características de un sistema de localización
  - Representación de información de ubicación
    - Física (latitud/longitud; GPS) o simbólica (“oficina 7”, *active badge*)
    - Absoluta o relativa (respecto a un punto conocido)
  - Obtenida por objeto (GPS) o por infraestructura
    - Objeto: mejor privacidad pero más cómputo
    - Infraestructura: Objeto emite señal
      - ▶ Periódica (*active badge*): consumo continuo de energía
      - ▶ Como respuesta (RFID, *ActiveBat*)
  - De interior (*ActiveBat*) o de exterior (GPS)
  - Resolución, grado de exactitud
  - Escala (mundial, metropolitana, edificio, ...)
  - Coste,...

# Técnicas de localización: Trilateración (a)

- Basada en distancia a objetos referencia (OR) de posición conocida
- ¿Cómo medir distancia? → tiempo transmisión de la señal (GPS)
  - Otras opciones: atenuación de la señal,...
- ORs emiten su posición y tiempo actual
  - Velocidad de transmisión y tiempo empleado
    - → distancia de OR a objeto
- En 3-D: 4 ORs determinan posición del objeto
  - Punto de intersección de 4 esferas
- Requiere sincronización de relojes entre ORs y objeto
  - Muy precisa para señales de radiofrecuencia
  - Coste aceptable para ORs pero no para objetos

# Técnicas de localización adicionales

## ■ *Multilateración (b)* (Active Bat):

- Diferencia en t. llegada señal emitida por objeto a ORs
- En 3-D: 4 ORs determinan posición del objeto
  - Punto de intersección de 4 hiperboloides
- No requiere sincronización de reloj del objeto con ORs

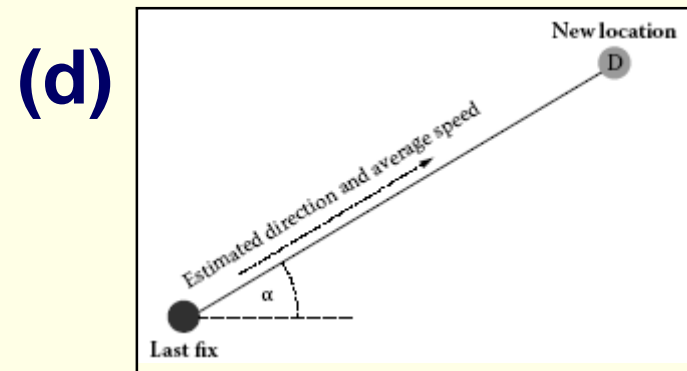
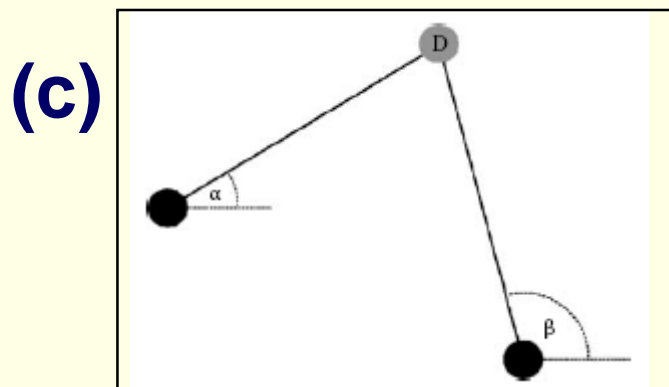
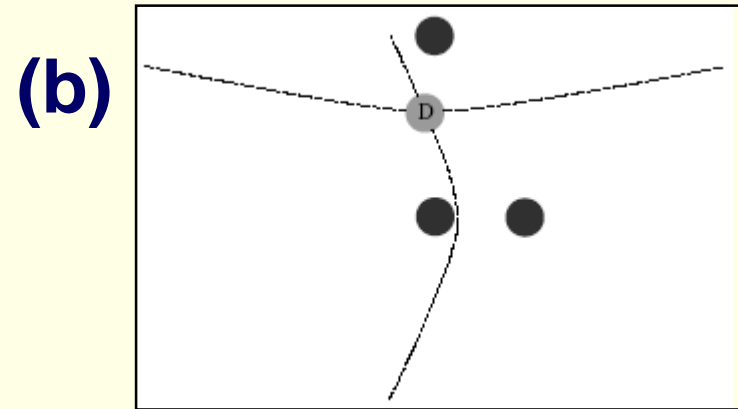
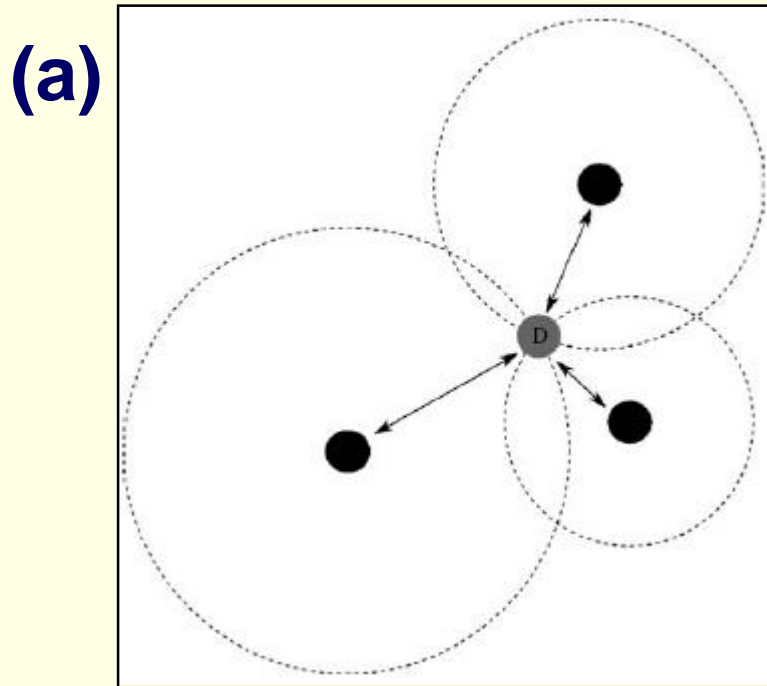
## ■ *Triangulación (c)*:

- Dif. en ángulo llegada señal emitida por objeto a ORs
  - Requiere antenas direccionales

## ■ Navegación por estima (*dead reckoning*) (**d**): Nueva posición $\approx$

- Posición previa, dirección y velocidad estimada
- Estimación cuando se pierde cobertura de sis. posicionamiento

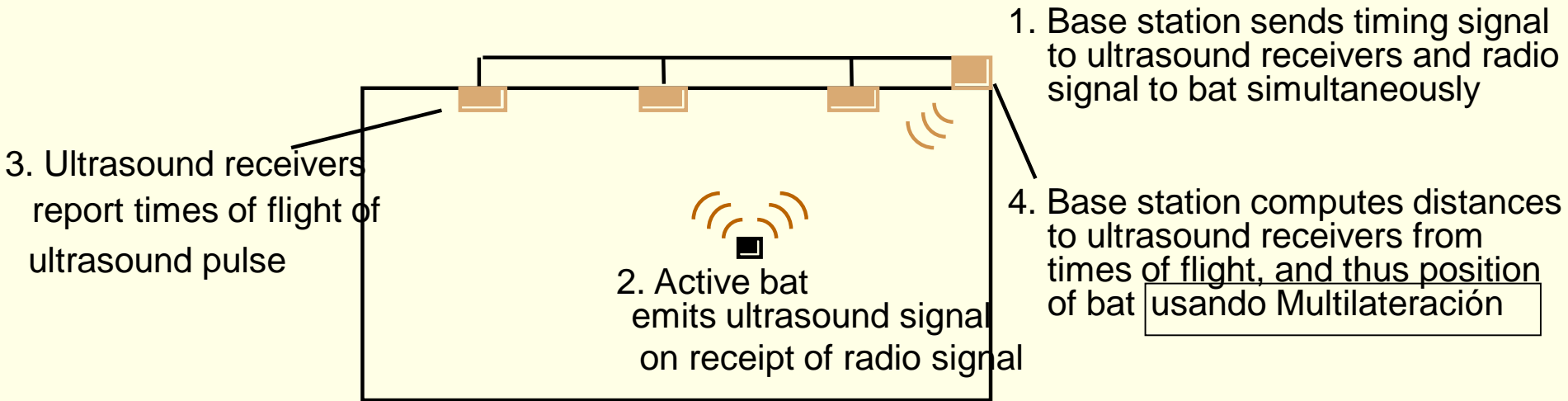
# Estrategias para obtener la ubicación (extraído de “*Ubiquitous Computing Fundamentals*”)



# Tecnologías de seguimiento de la ubicación (extraído de “*Ubiquitous Computing Fundamentals*”)

	Location Type	Resolution, Accuracy	Infrastructure Requirements	Location Data Storage	Spectral Requirements	Location System Type
Active Badge	Symbolic Indoor	Room level	IR Sensors and customs tag	Central	IR	Custom active tagging
ActiveBat	Absolute Indoor	3 cm, 90%	Ultrasonic (US) receivers and transmitters	Central	30 kHz ultrasound and 900 MHz RF	Custom active tagging
ActiveFloor	Symbolic Indoor	1 m, 91%	Custom floor tiles	Central	Load sensor	Passive
Airbus	Symbolic Indoor	Room level, 88%	Single sensor in HVAC	Central	Pressure sensor	Passive
Cricket	Absolute Indoor	3 cm, 90%	US receivers and transmitters	Local	30 kHz ultrasound and 900 MHz RF	Custom active tagging
GPS	Absolute Outdoor	10 m, 50%	GPS receiver	Local	1500 MHz RF	Custom active tagging
PlaceLab (GSM)	Symbolic Indoor/Outdoor	20 m, 90% 5 m, 50%	Existing GSM towers	Local	900–2000 MHz RF	Active tagging
LaceLab (WiFi)	Symbolic Indoor/Outdoor	20 m, 50%	Existing WiFi APs	Local	2.4 GHz RF	Active tagging
PowerLine Positioning	Symbolic Indoor	2 m, 93% 0.75 m, 50%	2 plug-in module and custom tag	Local or central	300–1600 kHz RF	Custom active tagging
RADAR	Symbolic Indoor	6 m, 90% 2–3 m, 50%	3–5 WiFi APs	Local	2.4 GHz RF	Active tagging
Ubisense	Absolute Indoor/Outdoor	15 cm, 90%	Custom sensors and tags	Central	2.5 GHz and 6–8 Ghz wideband RF	Custom active tagging
Vision	Absolute Indoor/Outdoor	1 m, 50–80% (varies by camera density)	Multiple cameras	Central	RF for wireless cameras	Passive

# Active Bat



***Distributed Systems: Concepts and Design***  
**Coulouris, Dollimore y Kindberg**

***UC Fundamentals***  
**John Krumm**

# *Global Positioning System (GPS)*

- ❑ Sistema de posicionamiento con las siguientes características:
  - física absoluta, trilateración, mundial, objeto calcula su posición
- ❑ ORs: 24 satélites geo-síncronos orbitando la tierra
- ❑ Objeto a localizar: receptor GPS
- ❑ ORs con relojes atómicos (sincronizados) pero receptor no
- ❑ OR envía su posición y tiempo
- ❑ En principio, bastarían 3 ORs para receptor determine posición:
  - Obtiene 2 puntos pero sólo uno de ellos será razonable
  - Necesario 4° OR para corregir falta sincronización reloj receptor
- ❑ Precisión limitada por problemas transmisión señal ( $\approx 10$  m.)
- ❑ Alternativa: *Differential GPS* (precisión  $\approx 10$  cm.)
  - Estaciones terrestres en posición conocida calculan desviación
  - Retransmiten desviación a receptores cercanos para reajuste
- ❑ Arranque lento receptor: info completa ORs y cálculos complejos
  - *Assisted-GPS*: info inicial obtenida externamente (ISP o CNP)



# Otras técnicas de localización

## ☐ Proximidad: cercanía a posición conocida

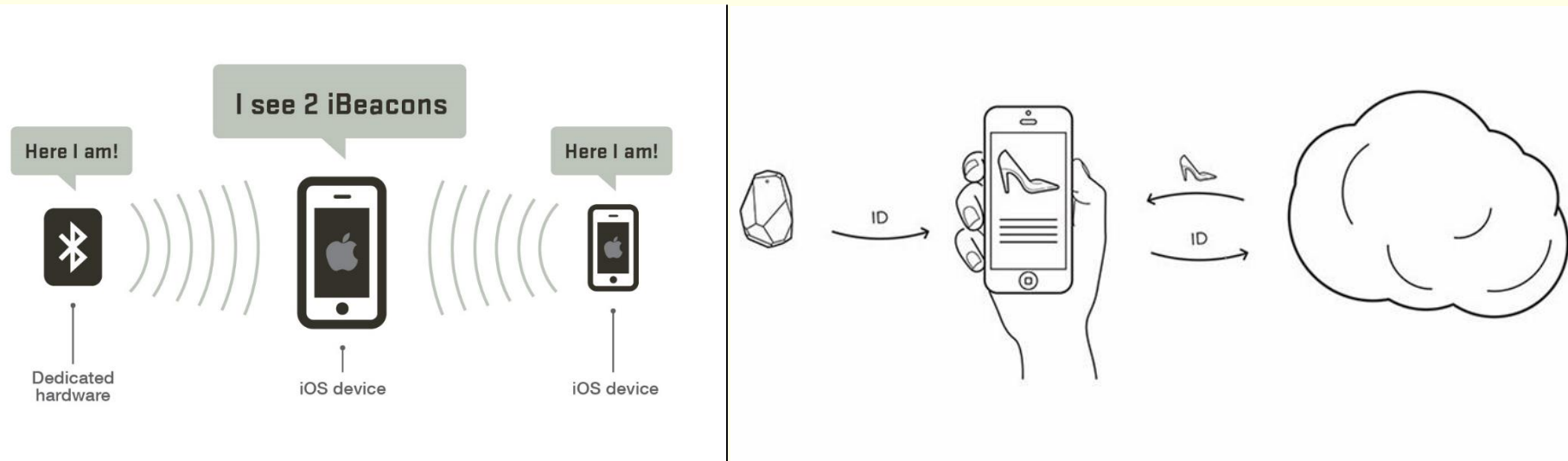
- Por contacto directo
- Por estar en rango señal emitida desde una posición (*iBeacon*)
  - *beacon broadcast* periódica. UUID usando *Bluetooth Low Energy*
  - Receptor puede estimar distancia a *beacon* por atenuación de señal
  - Normalmente, receptor contacta con servidor para obtener servicio
    - ▶ Localización, *mobile marketing* (p.e. anuncios dirigidos)

## ☐ Mapas de huella de intensidad de señal

- Uso en sist. con infraestructura de emisión de señal fija
  - Intensidad recibida en un punto debería mantenerse
    - ▶ P. ej. Señales RF recibidas desde APs en Wi-Fi
- Fase de calibración/entrenamiento obtiene mapa en varios ptos.
- Fase de operación: encaje en mapa de medida obtenida
  - Algoritmos de reconocimiento de patrones (k-NN)

## ☐ Análisis de escena visual

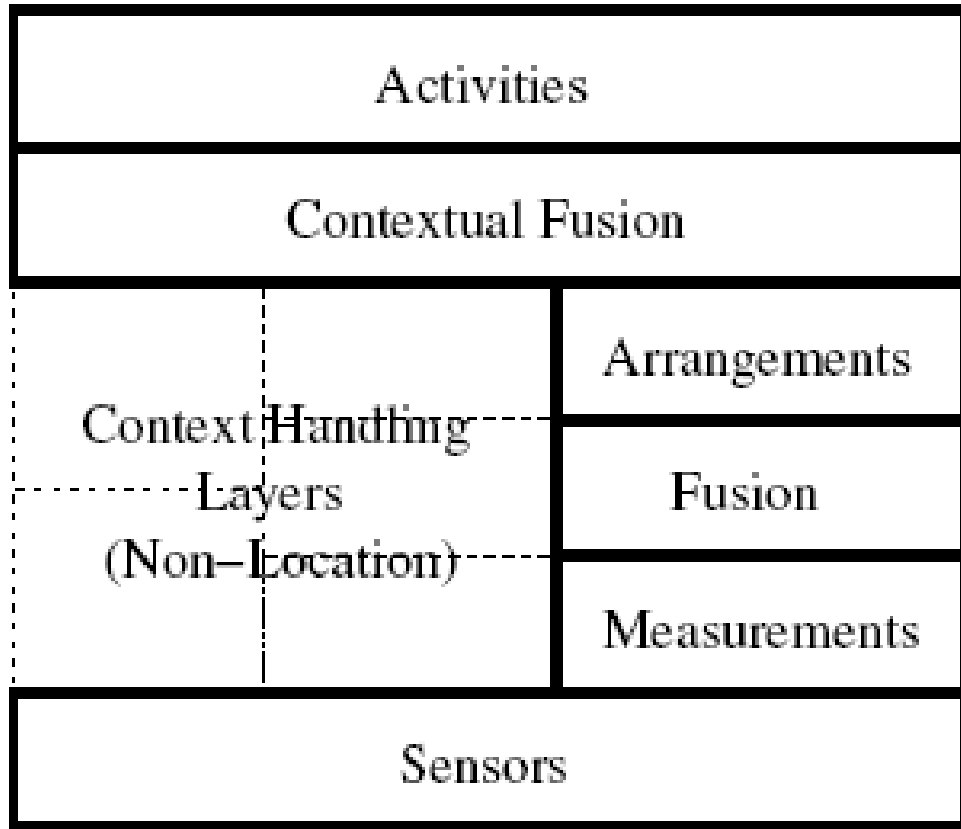
## ☐ Se pueden usar múltiples sensores/técnicas: pila de localización



- Debate NFC/BLE: Un poco ficticio
  - Tecnologías diferentes para distintas aplicaciones
    - Aunque ambas se proponen para pago con móvil

<http://www.thebma.com/files/547-ble-vs-nfc-infographic.pdf>

# La pila de localización



**Obtiene info. semántica**

**Combina con otra info.**

**Relaciones entre objetos**

**Combina medidas**

**Convertidas a medidas**

**Lecturas de sensores**

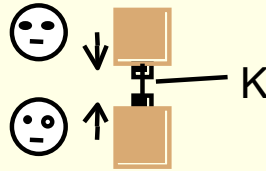
*Location systems for ubiquitous computing*

J. Hightower y G. Borriello

# Seguridad en sistema ubicuos

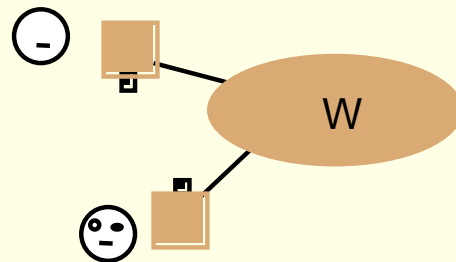
- Potencialmente mucho más inseguros
- Con limitación de recursos
  - Puede descartar uso de cifrado asimétrico
- Sistemas volátiles espontáneos: ¿cómo compartir claves?
  - Comunicación fuera banda por **canal físicamente restringido**
- Misma estrategia que para el problema del límite del EI
  - Mediante contacto o aproximación física entre componentes
    - Uso de comunicación de muy corto alcance o direccional
  - Infrarrojos
  - Audio
  - Láser
  - Código de barras,...

# Comunicación segura usando contacto físico



1. Fresh secret key  $K$  exchanged by physical contact

..



2. Devices communicate using secure channel constructed over  $W$  using  $K$

*Distributed Systems: Concepts and Design*

Coulouris, Dollimore y Kindberg

# Bibliografía

- ❑ “The Challenges of Mobile Computing”, G.H. Forman y John Zahorjan, *IEEE Computer*, 27(4): 38-47, Abril 1994.
- ❑ “Pervasive computing: Vision and challenges”, M. Satyanarayanan, *IEEE Personal Communications*, 8(4): 10–17, 2001
- ❑ “The Computer for the 21st Century”, M. Weiser, *Scientific American*, vol. 265, no. 3, Sept. 1991, pp. 94–104
- ❑ “Some computer science issues in ubiquitous computing”, M. Weiser, *Communications of the ACM*, 36(7): 74–84, 1993
- ❑ “System Software for Ubiquitous Computing”, Tim Kindberg y Armando Fox, *IEEE Pervasive Computing*, 1(1): 70–81, 2002
- ❑ “Location systems for ubiquitous computing”, J. Hightower y G. Borriello, *Computer* 34(8): 51–66, 2001
- ❑ “Toward Context-Aware Computing: Experiences and Lessons”, J. Anhalt et al., *IEEE Intelligent Systems*, 16(3), 38-46, 2001
- ❑ *Ubiquitous Computing Fundamentals*, editado por John Krumm, Taylor and Francis Group, 2010
- ❑ *Distributed Systems: Concepts and Design*, Coulouris, Dollimore y Kindberg, 4ª edición, Addison-Wesley, 2005