

# Control de Asistencia y Tiempo de Permanencia de Personas en un Área Laboral Mediante la Detección de Smartphones

Nicolás Quiroz Hernández<sup>a,b</sup>, Mauro Martín Letras Luna<sup>b</sup>, Mario Bustillo Díaz<sup>b</sup>, Apolonio Ata Pérez<sup>b</sup>, Alejandro Rangel Huerta<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación.  
Av. San Claudio y 14 Sur, Ciudad Universitaria, Puebla, México 72570  
[nquiroz@cs.buap.mx](mailto:nquiroz@cs.buap.mx)

<sup>b</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica.  
Av. San Claudio y 18 Sur, Ciudad Universitaria, Puebla, México 72570  
[{romauro\\_11,bustillo1956}@hotmail.com](mailto:{romauro_11,bustillo1956}@hotmail.com), [{apolonio,arangel}@solarium.cs.buap.mx](mailto:{apolonio,arangel}@solarium.cs.buap.mx)

2013 Published by  $\mathcal{UT}$ 100ci@ <http://www2.uaz.edu.mx/web/www/publicaciones>  
Selection and peer-review under responsibility of the Organizing Committee of the CICOMP-2013, [www.cicomp.org](http://www.cicomp.org)

---

## Resumen

Se presenta un sistema desarrollado para la detección de personas dentro de un área laboral haciendo uso de teléfonos inteligentes (smartphones) a través del módulo Bluetooth integrado. Utilizando una serie de módulos (equipados con un transceptor Bluetooth-Ethernet) se puedan detectar los smartphones de un grupo de trabajadores para así llevar un control de la asistencia y tiempo de permanencia en el lugar trabajo asignado. Debido al impacto que los smartphones han tenido en la sociedad moderna, es muy común que la mayoría de las personas tengan uno de estos dispositivos, los cuales tienen un transceptor Bluetooth integrado.

*Palabras clave:* Bluetooth, Control de Asistencia, Detección de smartphone, Ethernet.

---

## 1. Introducción

Un trabajador en un ambiente laboral tiene la obligación de asistir, llegar puntual y permanecer en el trabajo, estos aspectos repercuten directamente en el rendimiento de la empresa en la que trabaja, esto puede representar ganancias o pérdidas (si el empleado es impuntual y falta mucho). En base al cumplimiento de los puntos mencionados anteriormen-

te a un trabajador se le puede premiar (con algún tipo de bono de puntualidad y/o asistencia) o castigar (con algún descuento en el salario). Es aquí donde surge la necesidad de llevar un registro de la asistencia y puntualidad de un grupo de trabajadores, y proporcionar un mecanismo que permita garantizar la permanencia de los mismos en su lugar de trabajo durante un horario asignado. La solución propuesta consiste en el uso de tecnología Bluetooth. El objetivo radica en la



Figura 1. Comparativa del uso de telefonía celular y el servicio de internet, (Comisión Federal de Telecomunicaciones).

localización de smartphones utilizando el transceptor Bluetooth que tienen integrado, se estará supervisando constantemente un grupo de smartphones que esta ligados con un grupo de trabajadores. Para garantizar la asistencia se asignará un smartphone únicamente con un trabajador, aprovechando que los dispositivos Bluetooth tienen asignada una dirección única llamada dirección Bluetooth (muy similar a la dirección MAC que también es única para cada tarjeta de red Ethernet).

Uno de los motivos para usar smartphones es el gran impacto que han tenido en la sociedad moderna. Actualmente hay seis billones de usuarios de tecnología celular a nivel mundial, lo cual representa tres cuartas partes de la población mundial. Además hay un incremento acelerado del uso de telefonía celular en países en vías de desarrollo en comparación con países desarrollados [1, 2]. En lo que respecta a México, la población registrada en 2010 por INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) fue de 112 millones 336 mil 538, de esta población según cifras de la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones) hay 97.6 millones usuarios de telefonía celular [3]. Este indicador quiere decir que de cada 100 mexicanos 86.9 tienen acceso a un equipo celular (Figura 1).

Además realizando una consulta de los equipos que ofrece la más grande empresa de telefonía celular en el país, hay 216 equipos disponibles en el mercado de los cuales 180 cuentan con un transceptor Bluetooth.

Estas razones fueron el motivo por el cual usar Bluetooth, ya que no es necesario comprar algún tipo

de transceptor adicional, usando la tecnología disponible y debido a la gran difusión de los smartphones se

puede dar solución a este problema.

## 2. Antecedentes

El control de asistencia consiste en verificar que una persona va a estar en un lugar por determinado tiempo realizando una tarea en específico (trabajo, escuela, etc.). No solo es necesario indicar que la persona asistió a un sitio a una hora determinada sino saber cuánto tiempo permaneció en su área de trabajo, cuánto tiempo estuvo ausente de la misma y la hora en la cual se retiró del sitio. Por eso un sistema que se encargue de controlar la asistencia debe de garantizar, por lo mínimo los siguientes puntos.

- Registrar hora de entrada, para comprobar puntualidad.
- Registrar permanencia en el área de trabajo.
- Registrar salida.

La manera más común de comprobar la asistencia de un grupo de personas es a través de pase de lista, esto se observa dentro de los salones de clases, donde el profesor menciona el nombre de cada alumno para así saber si se encuentra presente. La desventaja principal de esta propuesta, es que no se puede garantizar la permanencia de las personas, debido que una vez pasada la lista, la persona puede abandonar el lugar sin que se vea afectada su asistencia. También existen sistemas basados en biométricos que sirven para control de acceso y asistencia, algunos de estos sistemas usan reconocimiento de huella digital, geometría de la mano, reconocimiento de iris, escáner de retina [4], etc.

Aplicados a sistemas de acceso y control de asistencia, los sistemas biométricos están orientados para identificar a la persona que requiere el acceso.

Los sistemas biométricos operan en dos modos. En modo de reconocimiento, el sistema compara una muestra obtenida en tiempo real con todas las plantillas en la base de datos y determina la mejor coincidencia. En modo verificación, el sistema requiere que la persona se identifique primero, con una clave que le fue asignada con anterioridad, después el sistema busca las plantillas correspondientes de la base de datos y acepta o rechaza la asistencia en base a las coincidencias.

Incluso para bases de datos pequeñas, el reconocimiento es muy demandante en comparación con la verificación. Las circunstancias en las cuales usar uno u otro enfoque dependen en gran medida a los requerimientos del proyecto. Pero es notable que al usar un

enfoque de verificación el tiempo de respuesta del sistema sea muy rápido pero la desventaja es que requiere intervención directa de la persona a la cual se toma asistencia. En la propuesta que se presenta, el pase de asistencia se hace de manera no intrusiva. Por lo que las personas no notaran cuando se toma su asistencia y se guarda la información dentro de una base de datos para poder generar reportes estadísticos sobre la respuesta de los trabajadores. Una de las aplicaciones es la monitorización de asistencia de profesores en una institución de educación. Donde se requiere saber el tiempo que asiste un profesor al salón de clases, y no solo saber que asistió. El trabajo se enfoca a esta aplicación en particular.

### 3. Desarrollo

La implementación del sistema cuenta con los siguientes módulos:

- Modulo Bluetooth-Ethernet.
- Base de Datos.
- Aplicación para Administración de Datos.
- Página Web.
- Proceso de Pase de Lista.

Se desarrolló una red LAN (figura 2), donde cada uno de los nodos de esta red es un módulo Bluetooth-Ethernet, que serán los encargados de detectar los smartphones de los trabajadores. El proceso "Pase de lista", es un proceso que se ejecuta en el servidor y su tarea principal es obtener toda la información de todos los módulos Bluetooth-Ethernet de la red para posteriormente almacenarlos en una base de datos. La información estará disponible en una página web, para ver en tiempo real los resultados obtenidos por el sistema.

### 4. Módulo Bluetooth-Ethernet

La figura 3 muestra un diagrama a bloques del módulo Bluetooth-Ethernet. Se utilizó un microcontrolador PIC18F4550 para controlar los transceptores de Bluetooth (BC4 V2.0) y Ethernet (ENC28J60), estos tres elementos forman el módulo Bluetooth-Ethernet (figura 4). El microcontrolador se comunica con el módulo Bluetooth por RS-232 utilizando comandos AT y con el Ethernet por SPI. El microcontrolador controla los datos que se envían y reciben por los módulos, mediante el algoritmo mostrado en la figura 5.

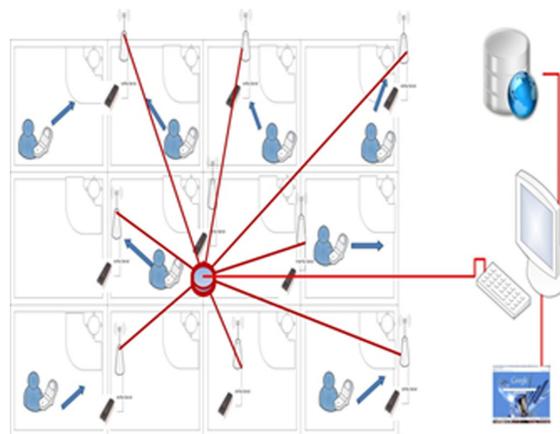


Figura 2. Creación de una red LAN, a través del uso de transceptores Ethernet.

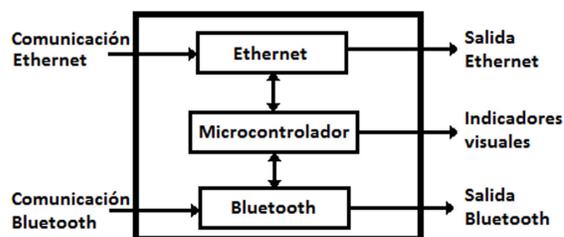


Figura 3. Diagrama Módulo Bluetooth-Ethernet.

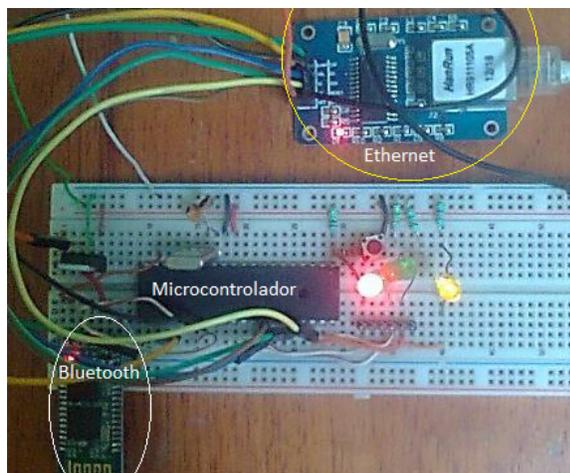


Figura 4. Módulo Bluetooth-Ethernet.

```

Cadena comando? Leer_Bluetooth();
Si (comando es igual a Activar Sondeo)
  sondeoActivo? verdadero
Fin Si
Si (AgoTó Tiempo? sondeoActivo)
  Resultado? sondearDireccion(direccionSP)
Fin Si
Si (comando es Enviar Resultado)
  Escribir_Ethernet(Resultado);
Fin Si
Si (comando es Recibir Direccion Monitoreo)
  direccion_SP? Leer_Ethernet();
Fin Si
Si (comando es igual a Detener Sondeo)
  sondeoActivo? falso
Fin Si
    
```

Figura 5. Algoritmo módulo Bluetooth-Ethernet.

El algoritmo verifica si está activa la monitorización de los Smartphone (SP) y el tiempo asignado para dicho proceso, si encontró el SP envía la información por Ethernet. Puede verificar un nuevo SP, o terminar el proceso de monitorización. La programación se realizó en lenguaje C.

El módulo de Bluetooth-Ethernet cuenta con tres leds indicadores para mostrar el estado del módulo. La comunicación con el Bluetooth se realiza a una tasa de transferencia de 38,400 bps, con dicha frecuencia se puede pasar al modo AT [5, 6].

### 5. Base de Datos

La base de datos del sistema sirve para almacenar la información personal de los trabajadores, el edificio sobre el cual se instaló el sistema, los horarios y los smartphones a checar (figura 6).

La base de datos permite llevar un registro de toda la información para posteriormente realizar reportes de la asistencia y permanencia de los trabajadores. Dicha información es necesaria para la página web. La base de datos se implementó SQL Server para tener una mejor integración con las demás aplicaciones que se desarrollaron con tecnología .Net.

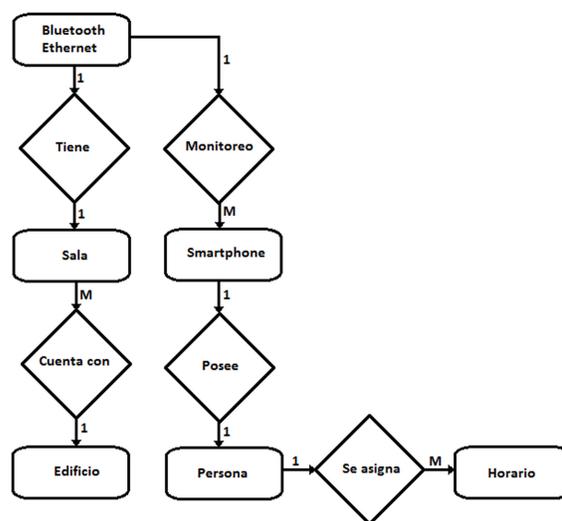


Figura 6. Diagrama Entidad Relación.

### 6. Proceso de Monitorización

El proceso de “pase de lista” se encarga de recabar la información de la monitorización de todos los módulos que conforman la red. La intención de este proceso es que se ejecute permanentemente en el servidor para que de manera automática y dependiendo de los horarios establecidos se envíe a cada módulo la instrucción de realizar la búsqueda. La manera de comunicación hacia cada módulo de la red se realiza a través de sockets TCP/IP [7]. El tiempo de monitorización se puede programar desde segundos hasta minutos, según se desea saber. El sistema puede reportar el tiempo que el trabajador permaneció en su espacio de trabajo, y el tiempo que se ausentó.

### 7. Aplicación para Administración de Datos y Página WEB

En la figura 7, se muestra la pantalla principal de la aplicación para la administración de datos que aparece en forma de menú indicándonos cuatro opciones que son: usuarios, teléfonos, módulos y red.

La finalidad de esta aplicación, es para ingresar, modificar y/o dar de alta o baja información en la base de datos.

La página web desarrollada para este proyecto sólo servirá para mostrar los resultados de la monitorización a smartphones en tiempo real. Toda la información que se mostrara será obtenida de la base de datos que previamente fue llenada por el proceso de “Pase de lista”.



Figura 7. Interfaz de la aplicación.

Tabla 1. Horario utilizado en las pruebas del sistema.

HORA	Smartphone	Dirección
7:00 - 8:00	Smartphone1	3c:c2:43:60:f1:08
8:00 - 9:00	Smartphone2	9c:02:98:96:a8:32
9:00 - 10:00	Smartphone1	3c:c2:43:60:f1:08
10:00 - 11:00	Smartphone1	3c:c2:43:60:f1:08
11:00 - 12:00	Smartphone2	9c:02:98:96:a8:32

### 8. Pruebas y Resultados

Una vez que se realizó la integración del sistema, se prosiguió a realizar las pruebas del sistema en su totalidad para esto se realizaron mediciones en base a un horario que se muestra en la Tabla 1. Este ejemplo se aplicó en un espacio educativo para verificar la asistencia de profesores a su salón de clases. Y determinar el tiempo que permanecen. Para esta prueba se determinó tomar datos cada 20 segundos y puede variar dependiendo del tiempo que el módulo se tarde en detectar el Smartphone. Solo se presenta una pequeña muestra de los datos obtenidos.

Esta prueba se realizó para dos salas donde se colocó cada uno de los módulos Bluetooth-Ethernet. En esta primera prueba, se hizo que el smartphone1 si acudiera a su lugar de trabajo en todas las horas programadas, mientras que el smarphone2 se le pidió que no asistiera de 8:00 a 9:00 horas, pero si en las demás horas. En la Tabla 2 se identifica como asistencia un 1 y como falta un 0, en caso de no haber comunicación se registra un -1. Se puede observar la correspondencia entre el resultado obtenido y los resultados esperados. Estos datos presentados solo son un subconjunto de los datos obtenidos, se puede observar peculiaridades como la que ocurrió a las 7:59, donde el sistema no pudo conectarse con el módulo pero a la siguiente prueba se pudo enlazar la comunicación marcándolo con -1 por el sistema.

A partir de la Tabla 2 los datos muestran el resultado esperado, se realizaron varias pruebas mostrando la eficacia del sistema. El sistema puede mostrar reportes

Tabla 2. Resultados obtenidos de la prueba del sistema.

Smartphone	Hora Registrada	Resultado Sistema	Resultado Esperado
Smartphone1	7:39:31	1	1
Smartphone1	7:43:32	1	1
Smartphone1	7:53:01	1	1
Smartphone1	7:59:47	-1	1
Smartphone2	8:18:06	0	1
Smartphone2	8:23:23	0	1
Smartphone2	8:28:24	0	1
Smartphone2	8:33:36	0	1
Smartphone2	8:59:15	0	1
Smartphone1	9:05:16	1	1
Smartphone1	9:11:17	1	1
Smartphone1	9:18:17	1	1
Smartphone1	9:23:18	1	1
Smartphone1	9:31:13	1	1
Smartphone1	9:40:41	1	1
Smartphone1	9:48:48	1	1
Smartphone1	9:54:13	1	1
Smartphone1	10:14:06	1	1
Smartphone1	10:40:33	1	1
Smartphone1	10:47:05	1	1
Smartphone2	11:38:41	1	1
Smartphone2	11:42:42	1	1
Smartphone2	11:48:42	1	1
Smartphone2	11:54:58	1	1
Smartphone2	12:00:00	0	0

del tiempo de permanencia de una persona en su área de trabajo y no solo que asistió.

### 9. Conclusiones

Después de realizar este proyecto y haber cubierto cada una de las etapas consideradas en la definición del problema, se puede concluir que a través de la detección de smartphones se puede llevar el control de asistencia y el tiempo de permanencia en un área laboral. Este sistema podría utilizarse en una universidad para obtener información de los alumnos y del profesor si asisten a clase y porque tiempo lo hacen. Las aplicaciones son diversas de sistema, se puede aplicar donde se tiene personal que debe permanecer por un cierto tiempo en área menor a diez metros. La distancia es debido al alcance de los transeptores Bluetooth. Además debido al alcance de los módulos Bluetooth resulta una ventaja su corto alcance más que una desventaja. A través de los datos obtenidos podemos decir que el sistema cumple con los requisitos de garantizar la permanencia y asistencia de un grupo de personas en su área trabajo. El sistema puede presentar algunas fallas que no se contemplan como puede ser la deshonestidad, dejando el smartphone sin estar presente la persona. Estos problemas también se pueden presentar con los sistemas tradicionales donde las personas checan su entrada y se quedan a laborar.

## Referencias

- [1] [1] World Bank (Enero 20, 2013), <http://www.worldbank.org/ict/IC4D2012>. A. Serrano Santoyo and J. Organista-Sandoval, Implications of 4G Connectivity Related to M-Learning Contexts, *Journal of the Research Center for Educational Technology*, Vol. 6, No. 1, pp. 129-135, 2010.
- [2] T. Jamil, Automatic Attendance Recording System Using Mobile Telephone, Telecommunications Forum, 2011 19th. pp. 1297-1299, Serbia: IEEE. 2011.
- [3] Comision Federal de Telecomunicaciones. (Enero 17 2013). Cofetel, <http://www.cft.gob.mx:8080/portal/>.
- [4] Tsai-Cheng Li ; Huan-Wen Wu ; Tiz-Shiang Wu, The Study of Biometric Technology Applied in Attendance Management Systems. Digital Manufacturing and
- [5] Automation (ICDMA), 2012 Third International Conference on Digital Object Identifier, pp. 943-947, 2012. B. Millert and C. Bisdikian, Bluetooth Revealed, Prentice Hall, 2001.
- [6] R. Mettala (Enero 25, 2013), Bluetooth Protocol Architecture. SIG., 1999. Bluetooth Special Interest Group, [http://srohit.tripod.com/bluetooth\\_sec.pdf](http://srohit.tripod.com/bluetooth_sec.pdf)
- [7] C. Webb, WAP, Bluetooth and 3G Programming: Cracking the Code, New York, Hungry Minds Inc, 2002.