

La tecnología NFC y sus aplicaciones en un entorno universitario

MARÍA VICTORIA BUENO DELGADO, PABLO PAVÓN MARIÑO Y
ALFONSO DE GEA GARCÍA

Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
Universidad Politécnica de Cartagena

mvictoria.bueno@upct.es; pablo.pavon@upct.es;
addegea@ono.com

Resumen

Near Field Communication (NFC) es una tecnología basada en identificación por radiofrecuencia que permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos, intercambiando información a gran velocidad, lo que abre un amplio abanico de aplicaciones atractivas para el usuario, (por ejemplo, pagos de compras, acceso a contenidos, comunicación *peer to peer*, etc.). NFC entró con fuerza en la industria de las comunicaciones móviles hace unos años y, aunque parecía ser una alternativa seria a Bluetooth e IrDa, muy pocos fabricantes fueron los que se lanzaron al mercado de NFC, lo que provocó que dicha tecnología no terminara de despegar. Este año, la multinacional Nokia ha anunciado que a partir del 2011 todos sus Smartphones contarán con soporte NFC. Esta noticia ha disparado de nuevo el interés por NFC y sus múltiples aplicaciones. En este artículo se presenta un estudio de la tecnología NFC, sus fundamentos, principales características y aplicaciones. Además se describen las líneas actuales de trabajo del Grupo de Ingeniería Telemática en el ámbito de las comunicaciones NFC, que se centran en la implementación de NFC en entornos universitarios.

Proyecto/Grupo de investigación: Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Región de Murcia, Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia (Plan Regional de Ciencia y Tecnología 2007/2010).

Líneas de investigación: *NFC; RFID; ISO/IEC 1443.*

1. Introducción

Gracias a los avances de las comunicaciones móviles y sus terminales hoy en día podemos disfrutar, no solo de una cobertura celular casi global, sino también de multitud de aplicaciones que nos facilitan el día a día. Entre las nuevas funcionalidades que puede ofrecer un terminal móvil se encuentra el intercambio de información a través de lo que se conoce como Near Field Communication (NFC). NFC es una tecnología basada en identificación por radio frecuencia (RFID) [1], que proporciona la comunicación inalámbrica de corto alcance entre dispositivos, haciendo uso del campo magnético de las ondas electromagnéticas para realizar la transmisión/recepción de datos. La comunicación en NFC se produce cuando dos dispositivos electrónicos, ya sean dispositivos móviles, etiquetas (tags) o lectores fijos, se encuentran a poca distancia entre ellos, como máximo 20 centímetros. El intercambio de datos se sucede a gran velocidad y la seguridad está garantizada, gracias al corto alcance de las comunicaciones y los niveles de seguridad que los estándares de NFC proporcionan [2][3]. La tecnología NFC permite desarrollar numerosas aplicaciones atractivas para el usuario final, p.ej. realizar pagos de compras, préstamo de libros, apertura/cierre de viviendas o coches, control de asistencia a eventos, etc.



Figura 1: Ejemplo de interacción NFC entre movil Nokia 6212 y lector ACR122

El principal interés que tienen las grandes compañías de telefonía móvil con NFC proviene del enorme potencial para fidelizar clientes, ya que se ofrecen numerosos servicios y aplicaciones que no son fáciles de transferir a otras operadoras. Todas estas características han hecho que NFC se presente con fuerza en la industria de las comunicaciones móviles, intentando competir con tecnologías ya maduras como Bluetooth o IrDA (ver tabla comparativa en Cuadro 1). Sin embargo, lo que parecía ser un *boom* de la comunicación, ha pasado prácticamente desapercibido para los usuarios y las operadoras móviles, pues actualmente apenas existen aplicaciones donde el usuario pueda experimentar las utilidades de NFC.

El anuncio que ha hecho Nokia sobre la implantación de NFC en todos sus Smartphones para el año 2011 ha disparado de nuevo el interés por NFC [4]. En la Figura 2 se muestra el crecimiento mundial de dispositivos móviles con

| Características | NFC | IrDa | Bluetooth |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Tiempo Set-up | < 0.1ms | 0.5s | 6s |
| Alcance | Hasta 20cm | Hasta 5m | Hasta 30m |
| Velocidad | Hasta 424 kbps | 115 kbps | 721 kbps |
| Modo operación | Activo-Activo Activo-Pasivo | Activo-Activo | Activo-Activo |
| Conectividad | Punto a Punto | Punto-Punto | Punto-Multiputo |
| Compatibilidad RFID | Si | No | No |
| Usabilidad | Facil, intuitivo, rápido | Facil | Medio |
| Selectividad | Alta | Vision directa | Quien eres tu? |
| Casos de uso | Pago,acceso,inicio servicio,etc | Control intercambio datos | Intercambio datos |
| Experiencia consumidor | Conexión simple | Facil | Necesita configuracion previa |
| Coste | Bajo | Bajo | Medio |

Cuadro 1: Comparativa NFC y otras tecnologías móviles

NFC que se prevee hasta el 2012 (en millones de dispositivos). Si se tiene en cuenta que a día de hoy el número de terminales móviles operativos en el mundo es de $5 \cdot 10^{12}$, solo un 1,18% dispone de NFC. Teniendo en cuenta que para el año 2012 el número de terminales móviles operativos será de $6 \cdot 10^{12}$, casi un 5% de ellos dispondrá de NFC [6], una cifra más que interesante para que las operadoras móviles apuesten por NFC en los próximos años.

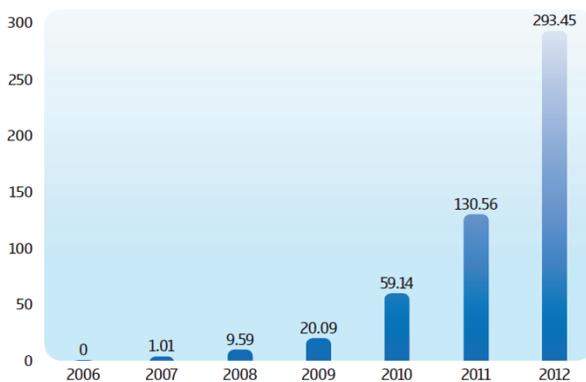


Figura 2: Crecimiento dispositivos móviles con NFC (en millones)[7]

2. Near Field Communication

NFC es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance, creada en el año 2002 como un proyecto conjunto entre las multinacionales Nokia, Philips y Sony . Fue aprobada como estándar ISO/IEC en el año 2003, y las empresas involucradas en la creación y evolución de NFC formaron la asociación *NFC Forum* [5], que promueve el uso e implementación de NFC en dispositivos móviles y PCs.

Actualmente son diversos los estándares y especificaciones para NFC, definidos por la *European Computer Manufacturers Association* (ECMA)[3] y la *International Standardization Organization* (ISO)[2]: ECMA-340 (ISO/IEC 18092) define la interfaz y modo de operación (NFCIP-1). El estándar ECMA-352 (ISO/IEC 21481) define una segunda versión de la la interfaz y modo de operación en NFC (NFCIP-2). ECMA-356 y ECMA-362 (ISO/IEC 22536 e ISO/IEC DIS 23917 respectivamente) definen la interfaz RF y el protocolo de comunicaciones. En las siguientes secciones se resume el funcionamiento de NFC definido por estos estándares.

2.1. Características generales

Los dispositivos NFC se comunican entre ellos en la banda de frecuencia libre $f_c=13.56$ MHz y no requiere licencia. El ancho de banda es de $f_c \pm 7$ kHz y el mínimo y máximo valor de campo magnético que permite a los dispositivos operar es de $1.5\text{A/m} \leq H \leq 7.5\text{A/m}$. El uso exclusivo del campo magnético limita la distancia máxima de operación entre dispositivos NFC, que apenas supera los 20 centímetros. Las comunicaciones en NFC pueden ser *half* o *full duplex*. Se aplica la modulación ASK (*Amplitude Shift Keying*) y la codificación Manchester. NFC ofrece tres velocidades de transmisión: 106, 212 o 424 kbps. La tasa de bit la establece el dispositivo iniciador de la conexión [8].

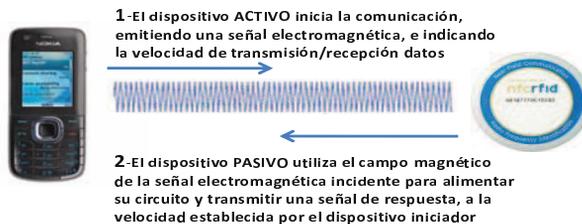


Figura 3: Ejemplo Modo de operación Pasivo

2.2. Modos de operación

NFC define dos modos de operación entre los dispositivos que desean establecer una comunicación: modo Pasivo y modo Activo [5].

- En el modo Pasivo intervienen dos elementos: por un lado un dispositivo activo que posee una fuente de alimentación propia, y genera una señal electromagnética. Por otro lado un dispositivo pasivo que no dispone de fuente autónoma de energía y debe utilizar la energía del campo magnético incidente para alimentar su circuito. El campo magnético incidente genera una corriente eléctrica y alimenta el circuito del dispositivo pasivo, provocando una señal de respuesta (ver Figura 3). Este fenómeno se conoce como acoplamiento inductivo, y se explica en profundidad en la Sección 2.3.
- En el modo Activo ambos dispositivos son activos, y poseen fuente de alimentación propia, por lo que ambos generan su propio campo electromagnético, que utilizan para enviar sus datos. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de comunicación Activa, donde el dispositivo iniciador podría ser cualquiera de los dos.



Figura 4: Ejemplo Modo de operación Activo

2.3. Acoplamiento inductivo en NFC

La comunicación en NFC se sucede entre dos entidades (*peer-to-peer*), utilizando el campo magnético o campo cercano para la transmisión/recepción de datos. En el modo de operación Pasivo, el campo magnético del dispositivo iniciador juega un gran papel, pues el campo magnético generado por el dispositivo iniciador es clave para que se produzca el acoplamiento inductivo. El dispositivo iniciador debe generar una onda electromagnética tal que, la corriente eléctrica generada en el dispositivo pasivo por el campo magnético incidente permita, no solo alimentar el circuito de dicho dispositivo, sino también generar una señal de respuesta con los datos almacenados en la memoria del dispositivo pasivo.

2.3.1. Campo magnético

Para conocer los factores que permiten un acoplamiento inductivo satisfactorio, es necesario hacer un breve repaso de algunos conceptos de

electromagnetismo. El campo magnético generado por un dispositivo NFC depende del tipo de antena utilizada. Las antenas más comunes son espirales cuadradas o cilíndricas. El campo magnético (H) generado por una antena cilíndrica viene dado por la siguiente ecuación:

$$H = \frac{I \cdot N \cdot r^2}{2(r^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

I es la corriente que fluye por la espiral, N es el número de vueltas de la espiral, r el radio de la espiral y d la distancia desde donde se mide H en el eje x . El campo cercano se sucede siempre que $d < \frac{\lambda}{2\pi}$ pues es el límite a partir del cual comienza el campo lejano.

El campo magnético generado por una espiral rectangular cuyos lados son de longitud a y b viene dado por:

$$H = \frac{N \cdot I \cdot a \cdot b}{4 \cdot \pi \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + d^2}} \cdot \left(\frac{1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + d^2} + \frac{1}{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + d^2} \right) \quad (2)$$

2.3.2. Inductancia mutua

Cuando una segunda espiral se situa cerca de la espiral que emite el campo magnético, esta segunda espiral se ve afectada por el flujo magnético generado. El flujo magnético generado por una antena espiral viene dado por la siguiente expresión:

$$\Psi = N \cdot \Phi = N \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \cdot A \quad (3)$$

Φ es la suma del flujo magnético que se sucede en una superficie A , $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am y μ_r la permeabilidad relativa, cuyo valor depende de las propiedades magnéticas del material de la antena.

La inductancia (L) de la antena espiral es el ratio entre el flujo magnético generado y la corriente eléctrica I :

$$L = \frac{\Psi}{I} \quad (4)$$

Por tanto, la inductancia mutua que se sucede entre una espiral de un dispositivo activo (A) y uno pasivo (P) se denota como:

$$M_{P,A} = N_P \cdot \frac{\Phi_{P,A}}{I_A} = N_P \oint_{A_P} \frac{B_P}{I_A} dA_P \quad (5)$$

Es decir el ratio del flujo magnético que pasa a través de la espiral pasiva ($\Phi_{P,A}$) y la corriente de la espiral activa (I_A). B es la densidad de flujo magnético, y se denota como:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \quad (6)$$

La inductancia magnética tiene el mismo valor para $M_{P,A}$ y $M_{A,P}$.

2.4. Mecanismo anticolidión

Existen dos mecanismos anticolidión, que dependen del modo de operación. En el modo Pasivo los dispositivos iniciadores de conexión aplican el mecanismo de *Carrier Sense* para minimizar colisiones con las señales de otros dispositivos (activos o pasivos). Para ello, el dispositivo iniciador, antes de comenzar la comunicación, escucha el canal durante un tiempo determinado T . Si detecta un campo magnético mayor o igual que un threshold (H_t), el dispositivo no inicia la comunicación y espera un tiempo aleatorio T_w antes de escuchar de nuevo el canal. En caso contrario, si el dispositivo iniciador no detecta señal o ésta es menor que H_t durante el tiempo T , se asume que el canal está libre y el dispositivo iniciador comienza la transmisión tras un período de guarda $T_g > 5$ ms. T se calcula como:

$$T = \frac{P}{f_c} + n \cdot \frac{512}{f_c} \quad (7)$$

P es el tiempo de retardo inicial, que debe ser $P > 4096$ y n es un número aleatorio entre $0 \leq n \leq 3$.

En este mismo modo se puede producir otro tipo de colisiones que vienen dadas cuando dos o más dispositivos pasivos se alimentan a la vez del campo magnético del dispositivo iniciador. En este caso, tras la primera señal del dispositivo activo, todos los dispositivos pasivos involucrados responderán simultáneamente, provocando una colisión. El dispositivo iniciador solventa este problema utilizando un protocolo anticolidión determinista de árbol binario BTP (*Binary Tree Protocol*) [9].

En el modo de operación Activo, el dispositivo aceptador, tras recibir la señal del dispositivo iniciador, debe esperar un tiempo de guarda T_g antes de enviar la respuesta. Este tiempo de guarda debe ser $\frac{768}{f_c} \leq T_g \leq \frac{2559}{f_c} + n \cdot \frac{512}{f_c}$. Durante el tiempo T_g , el dispositivo aceptador realiza *Carrier Sense* para asegurar que no hay otros dispositivos utilizando el canal. En caso de que el canal esté ocupado, el dispositivo aceptador esperará un tiempo de guarda $T_g > \frac{1024}{f_c}$ antes de intentar enviar su respuesta.

3. Aplicaciones de NFC desarrolladas por el GIT

El Grupo de Ingeniería Telemática (GIT) trabaja activamente en NFC. Actualmente se están llevando a cabo dos ambiciosos trabajos. Por un lado se estudia el impacto de NFC en la sociedad. En este trabajo implica una labor de investigación cuyo objetivo es conocer el impacto de la tecnología NFC en nuestro país, su penetración y el grado de aceptación por parte de los usuarios de las comunicaciones móviles teniendo en cuenta los requisitos hardware/software que impone, el coste económico, el temor sobre la seguridad/privacidad y el impacto tecnológico.

Por otro lado se está llevando a cabo un proyecto de implementación de NFC en un entorno universitario, que implica el estudio, diseño e implementación de diversas aplicaciones NFC. Entre las aplicaciones en desarrollo cabe destacar la

aplicación NFC para el control de asistencia en aulas de docencia y laboratorios de prácticas.

Este sistema, que actualmente está en desarrollo, constituirá una plataforma hardware/software para el control de asistencia de los alumnos a las prácticas de las asignaturas en las que se encuentren matriculados, utilizando dispositivos NFC para registrar la asistencia.

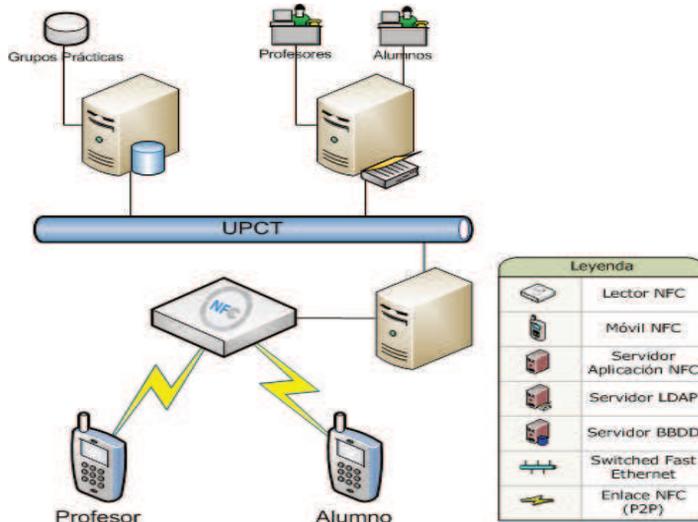


Figura 5: Esquema general del Sistema de control de asistencia con NFC

El funcionamiento del sistema parte de la asunción de que para cada asignatura suelen existir uno o más grupos de prácticas con fechas, turnos de mañana o tarde u horarios diferentes. Un alumno, tras inscribirse a un grupo de prácticas, registrará su asistencia en el horario que le corresponda por medio de un dispositivo móvil NFC en comunicación activa con un lector NFC ACR122 [10] situado en el servidor del laboratorio (ver Figura 7).

Como se aprecia en la Figura 6, el sistema distingue tres tipos de usuario: los profesores, responsables de las prácticas de los laboratorios; los alumnos, inscritos en los diferentes grupos de prácticas de distintas asignaturas; y el administrador del sistema, encargado de configurar ciertos parámetros del aplicativo software, como p.ej. el tiempo máximo para poder registrar la asistencia a prácticas una vez abierto el turno, y de revisar el log de funcionamiento del sistema.

Existen también dos actores externos con los que el sistema se relaciona: el servidor LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) y el servidor de base de datos DBMS (*Data Base Management System*), que se encargan de suministrar información de directorio para la validación de usuarios y de gestionar la información de prácticas, respectivamente.

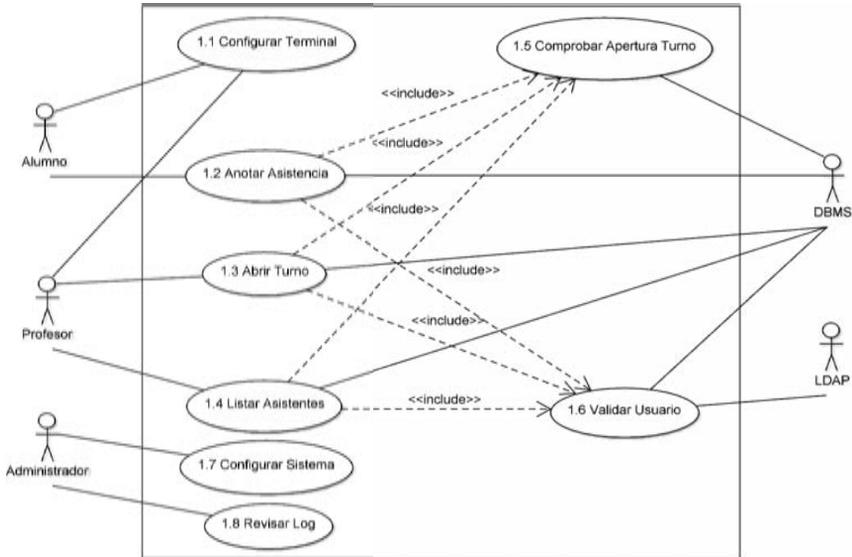


Figura 6: Diagrama de Casos de Uso del Sistema de control de asistencia con NFC

El profesor es el encargado de abrir el turno de prácticas, tras lo cual, el alumno puede registrar su asistencia. El aplicativo solicitará al sistema DBMS el almacenamiento de la información de asistencia. Tanto el alumno como el profesor deben configurar su dispositivo NFC previamente al uso del sistema, con información relativa a su nombre de usuario y su condición de alumno o profesor. Estos datos serán contrastados en el momento de realizar la validación de usuario frente al LDAP. En función del usuario que se está autenticando frente al sistema, sea profesor o alumno, se llevarán a cabo validaciones diferentes (búsqueda en Organizational Units diferentes, u obtención de grupos de los que es profesor responsable o alumno inscrito).

En la Figura 7 se muestra el esquema de la arquitectura de sistemas donde se desplegará el aplicativo software. En él se pueden observar tanto los dispositivos que formarán parte del propio sistema como aquellos sistemas externos con los que se relaciona, así como los componentes desplegados en tiempo de ejecución. En el dispositivo móvil NFC se desplegará el componente cliente, como un MIDLET java, que accederá a los datos de configuración almacenados en la tag interna del terminal por medio de la interfaz JSR-257. En el dispositivo donde residen los componentes servidor del aplicativo se hace uso de ciertas librerías útiles para el tratamiento de logs, de conexiones a base de datos, manejo de consultas LDAP y control del lector NFC.

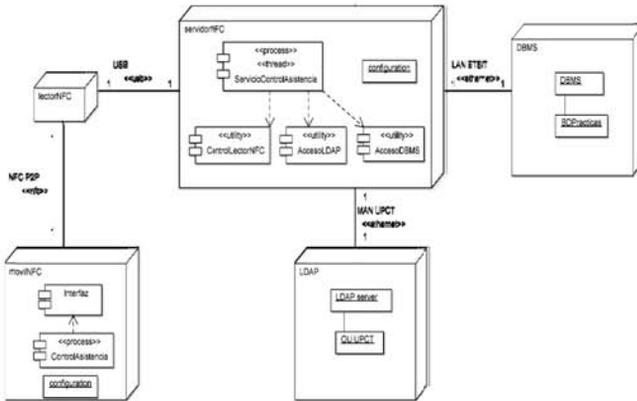


Figura 7: Componentes desplegados en tiempo de ejecución en el Sistema de control de asistencia con NFC

Referencias

- [1] Bueno Delgado, M.V., Vales Alonso, J., Egea López, E., García Haro, J., Radio-Frequency Identification Technology, Handbook of Enterprise Intregation, chapter 19, Auerbach Publications, CRC Press, pp. 429-466 (2009).
- [2] ISO, Especificaciones técnicas de ISO disponibles on-line en <http://www.iso.org>
- [3] ECMA International, especificaciones técnicas disponibles on-line en <http://www.ecma-international.org>
- [4] Nokia forum, on-line en <http://www.nokiaes.com>
- [5] NFC Forum. Especificación técnica disponible on-line en <http://www.nfc-forum.org/>
- [6] <http://www.tecnomovilidad.com/>
- [7] Nokia White Paper Near Field Communication. Disponible on-line en <http://www.nokia.com/nfc>
- [8] Langer, J., Saminger, C., Grunberger, S., A comprehensive concept and system for measurement and testing Near Field Communication devices, IEEE Region 8 Conference EUROCON, pp. 2052-2057, (2009).
- [9] Bueno Delgado, M.V., Vales Alonso, J., González Castaño, F.J., Analysis of DFSA Anti-collision Protocols in passive RFID environments, 35th International Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 2610-2617, (2009).
- [10] Lector ACRI22. Documentación on-line en <http://www.sticard.com>