

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE  
TELECOMUNICACIÓN  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Proyecto Fin de Carrera

**Diseño e implementación de una aplicación NFC para la creación de  
“Smart-Info” en la UPCT**



AUTOR: Javier Gómez Pividal

DIRECTORES: María Victoria Bueno Delgado, Pablo Pavón Mariño

Septiembre / 2014



<b>Autor</b>	Javier Gómez Pividal
<b>E-mail del Autor</b>	jgomezpividal@gmail.com
<b>Director(es)</b>	Mª Victoria Bueno Delgado
<b>E-mail del Director</b>	mvictoria.bueno@upct.es
<b>Codirector(es)</b>	Pablo Pavón Mariño
<b>Título del PFC</b>	Diseño e implementación de una aplicación NFC para la creación de “Smart-Info” en la UPCT
<b>Descriptores</b>	Smart-Info, NFC
<b>Resumen</b>	
<p>En este proyecto se presenta “smartInfo UPCT”, una aplicación móvil que hace uso de la tecnología NFC para ofrecer a la comunidad universitaria la posibilidad de interactuar con carteles publicitarios de la universidad con el fin de obtener con un simple “click” información de interés. Se ha realizado un prototipo que consiste en un cartel publicitario del Grado de Ingeniería Telemática, donde se detallan las asignaturas que hay por curso. El objetivo es que los alumnos de la ETSIT puedan interactuar con el cartel usando el móvil para obtener rápidamente información sobre cualquier asignatura de ese grado. El cartel publicitario incorpora información en texto (las asignaturas de cada curso) y etiquetas RFID en la frecuencia HF, no visibles, ya que están ubicadas en la parte anterior del poster, una por cada asignatura. Cuando el alumno acerca su móvil NFC al poster, dependiendo de a que asignatura acerca el móvil, se inicia la comunicación móvil-etiqueta, y automáticamente se descarga en el móvil la información deseada sobre la asignatura, y se abre una página web mostrando información adicional. Esta comunicación se realiza utilizando el protocolo NFCIP-2. No requiere de encriptación de datos, ya que no se transmite información sensible como login/password.</p> <p>El cartel también incorpora un icono NFC con información para la descarga de la aplicación NFC a través de la web de la escuela.</p>	
<b>Titulación</b>	Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Telemática
<b>Intensificación</b>	
<b>Departamento</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
<b>Fecha de Presentación</b>	Septiembre 2014

# Índice de contenidos

Capítulo 1. Introducción.....	7
1.1 Antecedentes y motivación.....	7
1.2 Objetivos.....	7
1.3 Estructura del contenido .....	8
Capítulo 2. Plataforma S40 de Nokia.....	11
2.1 Introducción.....	11
2.2 Historia de la plataforma S40 de Nokia.....	11
2.3 Arquitectura Plataforma Series 40.....	13
2.3.1 La pila de software .....	14
2.4 Requisitos hardware y software para el desarrollo de aplicaciones S40 .....	16
2.4.1 Entorno de desarrollo, lenguaje de programación y emulador.....	16
2.4.2 Hardware .....	17
2.5 Comparativa con otros sistemas operativos móviles .....	17
2.5.1 Android.....	17
2.5.2 iOS.....	18
2.5.3 Windows Phone.....	18
Capítulo 3. NFC .....	21
3.1 Introducción.....	21
3.2 Historia.....	21
3.2.1 RFID .....	22
3.2.2 De RFID a NFC.....	22
3.3 Modos de funcionamiento .....	23
3.4 Acoplamiento Inductivo .....	24
3.4.1 Campo Magnético .....	24
3.4.2 Inductancia Mutua .....	25
3.5 Mecanismos anticolidión.....	25
3.6 Transacción NFC .....	26
3.7 Etiquetas NFC.....	27
3.8 Importancia de NFC.....	28
3.9 NFC Forum .....	29
3.10 Ejemplos prácticos de aplicación de NFC .....	30
3.11 Comparación con otras tecnologías .....	31

Capítulo 4. Smart-Info UPCT .....	33
4.1 Introducción .....	33
4.2 Hardware necesario para el funcionamiento de la aplicación.....	33
4.3 Arquitectura del sistema .....	34
4.4 Funcionamiento de la aplicación .....	35
4.4.1 Desarrollo de la aplicación Alumno .....	35
4.4.2 Desarrollo de la aplicación Profesor.....	39
4.5 Programación de las aplicaciones .....	44
4.5.1 Gestión de los datos en los tags .....	44
4.5.2 Configuración del monitor de escucha de eventos .....	45
4.5.3 Lectura de datos NFC .....	45
4.5.4 Escritura de datos en el tag .....	46
4.5.5 Clases auxiliares .....	46
4.6 Limitaciones.....	47
4.6.1 Memoria del tag.....	47
4.6.2 Hardware .....	47
4.6.3 Arquitectura .....	47
Capítulo 5. Conclusiones y líneas futuras .....	49
5.1 Conclusiones .....	49
5.2 Líneas futuras.....	49
Capítulo 6. Bibliografía.....	51

# Índice de figuras

Figura 1-1 Diferentes aplicaciones de la tecnología NFC .....	7
Figura 2-1.Plataforma de desarrollo Nokia desde el punto de vista de un desarrollador de Java. ....	13
Figura 2-2.Pila de Software S40.....	14
Figura 2-3.Interfaz de usuarios para los dispositivos Serie 40 .....	15
Figura 2-4.El uso de la tecla opciones en los dispositivos Serie 40 .....	16
Figura 3-1.Ejemplo del funcionamiento de NFC .....	21
Figura 3-2.Etiqueta RFID .....	22
Figura 3-3.Esquema del modo de funcionamiento pasivo .....	23
Figura 3-4.Esquema del modo de funcionamiento activo .....	24
Figura 3-5. Tags.....	27
Figura 3-6. Miembros del NFC Forum.....	29
Figura 3-7.Funcinamiento del NFC como herramienta de pago .....	30
Figura 3-8. Comparativa de tecnologías de acceso radio de corto alcance .....	31
Figura 4-1 Nokia 6212 Classic .....	33
Figura 4-2 Arquitectura del sistema .....	34
Figura 4-3 Pantalla inicial .....	36
Figura 4-4. Pantalla detección tag .....	36
Figura 4-5. Pantalla información tag .....	37
Figura 4-6. Pantalla información asignatura.....	37
Figura 4-7. Pantalla listado profesores .....	38
Figura 4-8. Pantalla información profesor.....	38
Figura 4-9. Pantalla inicial de la aplicación .....	39
Figura 4-10. Pantalla de inicio.....	39
Figura 4-11. Pantalla lectura tag.....	40
Figura 4-12. Pantalla para ver/editar información.....	40
Figura 4-13. Pantalla de información del curso.....	41
Figura 4-14. Pantalla de introducción de campos .....	41
Figura 4-15. Pantalla de añadir profesor .....	42
Figura 4-16. Pantalla introducción de campos profesor .....	42
Figura 4-17. Pantalla para guardar en tag.....	43
Figura 4-18. Pantalla de borrado de tag.....	44
Figura 4-19 Arquitectura del sistema .....	48



## Capítulo 1. Introducción

---

### 1.1 Antecedentes y motivación

Hasta hace poco tiempo los teléfonos móviles se utilizaban únicamente para realizar llamadas y enviar mensajes de texto. En la actualidad, los teléfonos móviles han evolucionado hacia el concepto de teléfonos inteligentes, habiendo mejorado sus características y ofreciendo muchísimas más ventajas como: conexión a Internet, video-llamadas, infinidad de aplicaciones, etc.

Por otro lado, la tecnología NFC está empezando a cobrar importancia como medio seguro y fiable de transmisión de información entre dispositivos a corta distancia (en el orden de centímetros).

La combinación de NFC junto con los teléfonos inteligentes hacen pensar en un gran número de aplicaciones potenciales que facilitarán nuestra vida, p.ej. pagos de compras, control de asistencia a eventos, comunicación P2P, apertura/cierre de viviendas o coches, etc. En la figura 1-1 se pueden encontrar un abanico de ejemplos cotidianos del uso de NFC.



Figura 1-1 Diferentes aplicaciones de la tecnología NFC

Este proyecto surge del interés de que, desde un teléfono inteligente, los alumnos de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) puedan interactuar con carteles que incluyan etiquetas NFC para acceder a cualquier tipo de información, p.ej. actividades o planes de estudio.

### 1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es el de proporcionar de una forma rápida y segura el acceso a la información de las distintas asignaturas de los grados que se imparten en la Universidad Politécnica de Cartagena y que esta información se ofrezca a todos, necesitando únicamente un móvil con tecnología NFC.

En base a ese objetivo principal, se proponen los siguientes objetivos:

- Se crean dos tipos de usuarios: profesores y alumnos.
- Los profesores podrán crear, modificar y eliminar la información tanto de la asignatura como la del profesorado.
- Los alumnos podrán consultar la información de la asignatura (créditos, curso...).
- Todos los usuarios podrán consultar información relativa al profesorado de las asignaturas (despacho, tutorías, teléfono...).
- Todos los usuarios podrán acceder mediante un enlace a la Web de la asignatura para obtener información más detallada.

Con el prototipo desarrollado en este proyecto se pretende que mediante un cartel, creado como modelo, los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación (ETSIT), puedan acceder a la información de los planes de estudio mediante su teléfono móvil.

Podrán realizar consultas tanto los alumnos como los profesores. Simplemente con llevar un móvil encima, se podrá obtener información sobre una asignatura o consultar la información del profesorado sobre la asignatura en cuestión.

Mediante etiquetas NFC, colocadas en la parte trasera del cartel, se ofrece esa información. El alumno, acercando su móvil, equipado con la tecnología NFC, a la etiqueta correspondiente a cada asignatura descarga la información relativa a la misma e incluso información adicional. También se dispone de un icono NFC que informa de cómo descargar la aplicación NFC a través de la web de la ETSIT.

La comunicación se lleva a cabo mediante el uso del protocolo NFCIP-2, sin necesidad de encriptación de datos al no transmitirse información alguna de tipo sensible como login/password.

Nótese que, en el momento de inicio del proyecto (mediados de 2012) el abanico de terminales disponibles era bastante más limitado. Debido a ello se ha utilizado el terminal Nokia 6212 Classic, un móvil del segmento económico muy limitado en prestaciones (por ejemplo carece de conectividad WiFi), pero que permite el desarrollo de aplicaciones que hagan uso de NFC, utilizando para ello el SDK de Nokia para la plataforma S40.

### **1.3 Estructura del contenido**

Los objetivos comentados en el punto anterior se desarrollan y explican a lo largo de esta memoria, y vienen estructurados en los siguientes capítulos:

- En el capítulo 2, se describe el funcionamiento del sistema S40 de Nokia, historia, arquitectura, etc.
- En el capítulo 3, se presenta el estudio de la tecnología NFC, modo de operación, protocolos de comunicación, ventajas y desventajas, etc.

## Capítulo 1. Introducción

- En el capítulo 4, se muestra la aplicación desarrollada Diseño e implementación de una aplicación NFC para la creación de “Smart-Info” en la UPCT, desarrollada mediante el SDK de Nokia.
- En el capítulo 5 se resumen las conclusiones del proyecto realizado y las líneas futuras que se pretenden seguir.



## Capítulo 2. Plataforma S40 de Nokia

---

### 2.1 Introducción

La industria de la telefonía móvil ha evolucionado rápidamente en los últimos años. Entre las grandes compañías fabricantes de dispositivos móviles, entre las que se encuentra Nokia, cada año se presentan decenas o centenares de terminales con diversidad de características y funcionalidades. Esto provoca que el desarrollo de aplicaciones se complique para los desarrolladores, puesto que es difícil conseguir que todas las aplicaciones funcionen correctamente en todos los teléfonos. Afortunadamente, el mercado ha tendido a centrarse en el desarrollo de plataformas como Android o iOS que intentan minimizar estos problemas. Por su parte, Nokia los resolvió hace muchos años mediante la estandarización de APIs para los desarrolladores, antes de migrar a Windows Phone como consecuencia de su adquisición por parte de Microsoft. Cada plataforma de desarrollo, como por ejemplo la serie S40 utilizada en este trabajo, es compatible con un conjunto estándar de tecnologías en una serie de dispositivos de Nokia.

Nokia permite a los desarrolladores escribir aplicaciones para una amplia gama de terminales. Las tecnologías clave en Nokia son estándares abiertos para la industria y, en particular, Java es la llave para esto. Tecnología del lado del cliente y Java del lado del servidor, son los dos elementos que se usan, hoy en día, para el desarrollo de aplicaciones para todos los dispositivos. Eso facilita que los 3 millones de desarrolladores de Java se involucren en el nuevo mercado. En este capítulo se discuten las grandes imágenes y arquitecturas detrás de la plataforma de Nokia, así como las especificaciones técnicas de las plataformas de la serie 40.

### 2.2 Historia de la plataforma S40 de Nokia

El comercio y entretenimiento móvil dotan a los usuarios y desarrolladores actuales con grandes oportunidades. Pero a pesar de esto, las tecnologías de apoyo deben mantenerse al día con los intereses de los clientes. Se necesitan innovaciones continuas tanto en el hardware como en el software de los dispositivos. Los éxitos de los sectores de PC e Internet enseñan que la normalización y plataformas abiertas son las claves para innovaciones sostenibles. En el ámbito móvil, los estándares abiertos son claves para ambos (fabricantes de móviles y desarrolladores de software).

- Para los desarrolladores, las tecnologías basadas en estándares más bajos de la barrera de entrada y reducir el tiempo y el esfuerzo son necesarios para aprender nuevas APIs y herramientas propias. Los desarrolladores pueden optimizar fácilmente las aplicaciones para varios dispositivos diferentes.
- Para los fabricantes de dispositivos, las tecnologías basadas en estándares los permiten llegar a las comunidades de desarrolladores. Una amplia gama de aplicaciones innovadoras es fundamental para el éxito de cualquier dispositivo en el mercado.

Sin embargo, los fabricantes de dispositivos móviles no han sido lo suficientemente rápidos en adherirse a los estándares abiertos. A menudo las plataformas cerradas se consideran más seguros y eficaces para los pequeños dispositivos de consumo. La ley de propiedad exclusiva se desarrolló para aprovechar las optimizaciones de hardware especiales. Pero en la práctica ha obstaculizado la capacidad del desarrollador independiente para escribir aplicaciones. La necesidad de un software innovador es mayor que los beneficios de la optimización de propiedad. Hoy día, todos los fabricantes principales de dispositivos móviles tienen sus propias estrategias de estándares abiertos situándose Nokia a la cabeza de estos.

La plataforma de desarrollo de Nokia permite a los desarrolladores escribir aplicación para casi todos los dispositivos de Nokia utilizando una variedad de estándares abiertos. Algunas de ellas son las siguientes:

- Java 2 Micro Edition (J2ME) es una plataforma de cliente inteligente desarrollador por la Comunidad Java, que incluye a Nokia y todos los otros grandes fabricantes de terminales inalámbricos. Las especificaciones de J2ME definen el lenguaje de programación, la máquina virtual y las API de programación. Está disponible en todos los dispositivos de desarrollo de la plataforma de Nokia.
- WML y XHTML son lenguajes de marcas para crear páginas Web. Están estandarizados por el World Wide Web Consortium (W3C). Todos los teléfonos de Nokia tiene WML.
- MMS es la forma estándar para entregar el contenido multimedia de forma asíncrona entre los dispositivos móviles. Todos los desarrolladores de plataformas de Nokia admiten el envío y recepción de mensajes MMS.
- Digital Rights Management (DRM) permite a los editores de contenido con derechos de autor. El contenido suele descargarse de la red HTTP o vía MMS. Las soluciones de DRM en Nokia se basan en el estándar Open Mobile Alliance (OMA).
- La solución OMA Client Provisioning permite a los desarrolladores y operadores enviar los ajustes de la configuración de dispositivos de forma inalámbrica.

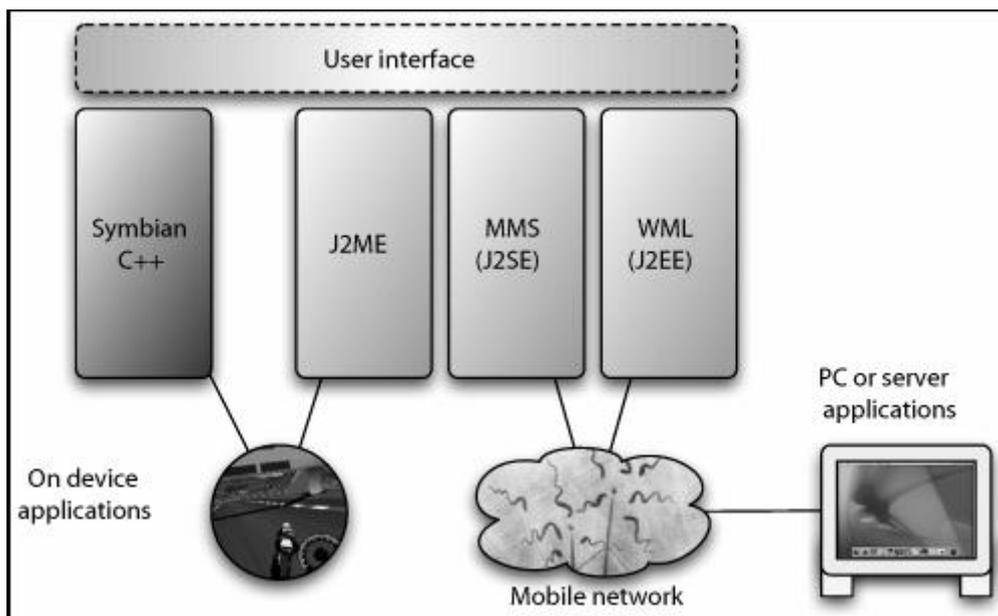


Figura 2-1. Plataforma de desarrollo Nokia desde el punto de vista de un desarrollador de Java.

### 2.3 Arquitectura Plataforma Series 40

Las tecnologías estandarizadas y abiertas permiten a los desarrolladores crear y optimizar aplicaciones a través de diferentes dispositivos que utilizan las mismas APIs y herramientas. Sin embargo, los dispositivos móviles a menudo utilizan aplicaciones específicas con necesidades muy diferentes. No todas las tecnologías están disponibles en todos los terminales. Como resultado, una plataforma de desarrollo monolítica no funciona. Nokia divide su plataforma de desarrollo en varias series, cada una dirigida a un área específica del mercado.

Actualmente, Nokia es compatible con 4 plataformas de desarrollo. Los productos incluidos en cada plataforma son:

- Plataforma Series 40 incluye los teléfonos del mercado con pantallas LCD y capacidad multimedia. Es la plataforma más grande en términos de ingresos y números de usuarios.
- Plataforma Serie 60 incluye los teléfonos y cubiertas de juegos móviles basados en Symbian OS v6, v7, etc.
- Plataforma Serie 80 incluye dispositivos empresariales de gama alta basados en Symbian OS v7, con una pila completa de software de comunicación empresarial.
- Plataforma Serie 90 incluye dispositivos de móviles de gama alta con características avanzadas en multimedia.

Este capítulo se centrará en la Plataforma Series 40, puesto que es la utilizada por el terminal móvil disponible para la realización de este proyecto.

La plataforma de desarrollo Series 40 se dirige a dispositivos de consumo del mercado con cientos de millones de usuarios. Los dispositivos Series 40 son muy importantes

para los desarrolladores debido a su gran penetración en el mismo. Por otro lado también presenta el mayor desafío para los desarrolladores debido a sus limitaciones de tamaño y de recursos.

En esta sección, se enseña las tecnologías que componen esta plataforma.

### 2.3.1 La pila de software

La tecnología básica de una pila en un dispositivo de la Serie 40 se ilustra en la imagen de abajo. En la parte inferior está el hardware del dispositivo y el sistema operativo Nokia OS. El Nokia OS está cerrado a desarrolladores externos. En la parte superior e3 Nokia OS, los dispositivos de la serie 40 soportan un gran conjunto de aplicaciones nativas:

- Aplicaciones de telefonía como la marcación rápida, registro de llamadas y mensajería móvil.
- Gestión de información personal, incluyendo calendario, lista de tareas y agenda.
- Aplicaciones de sincronización que sincronizan la base de datos de información personal con el Pc a través de Nokia PC Suite.

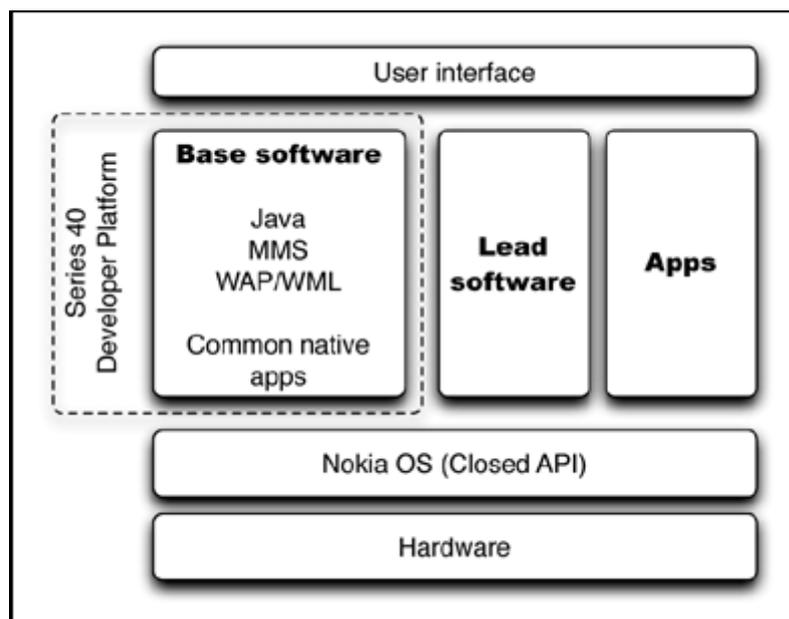


Figura 2-2.Pila de Software S40

La plataforma Series 40 soporta las siguientes tecnologías y APIs: J2ME y sus paquetes opcionales, WML, XHTML, Mobile Profile, MMS, OMA, DRM, etc. Las implementaciones de aplicaciones comunes y la API abierta constituyen el software base de la plataforma de desarrollo de la Serie 40.

La interfaz de usuario de los dispositivos Serie 40 se basa en las pantallas View-Switch. Se ha diseñado específicamente para realizar el manejo del dispositivo con una sola mano.

1. Un dispositivo Series 40 muestra la pantalla de inicio. Después de que el usuario presione la tecla suave Menú, el dispositivo muestra el menú de nivel superior, que consiste en una serie de pantallas, cada una representando una aplicación diferente (por ejemplo, el navegador web o cliente de mensajería) o una carpeta de contenido. La carpeta de contenido puede contener archivos multimedia o instalado aplicaciones (es decir, los MIDlets de Java en la carpeta Aplicaciones). El usuario puede navegar a través de los elementos de menú de nivel superior utilizando las teclas de navegación. El contenido del menú y presentación de los menús de cada pantalla son determinadas por Nokia y el operador de telefonía móvil. Los desarrolladores no pueden cambiarlos.

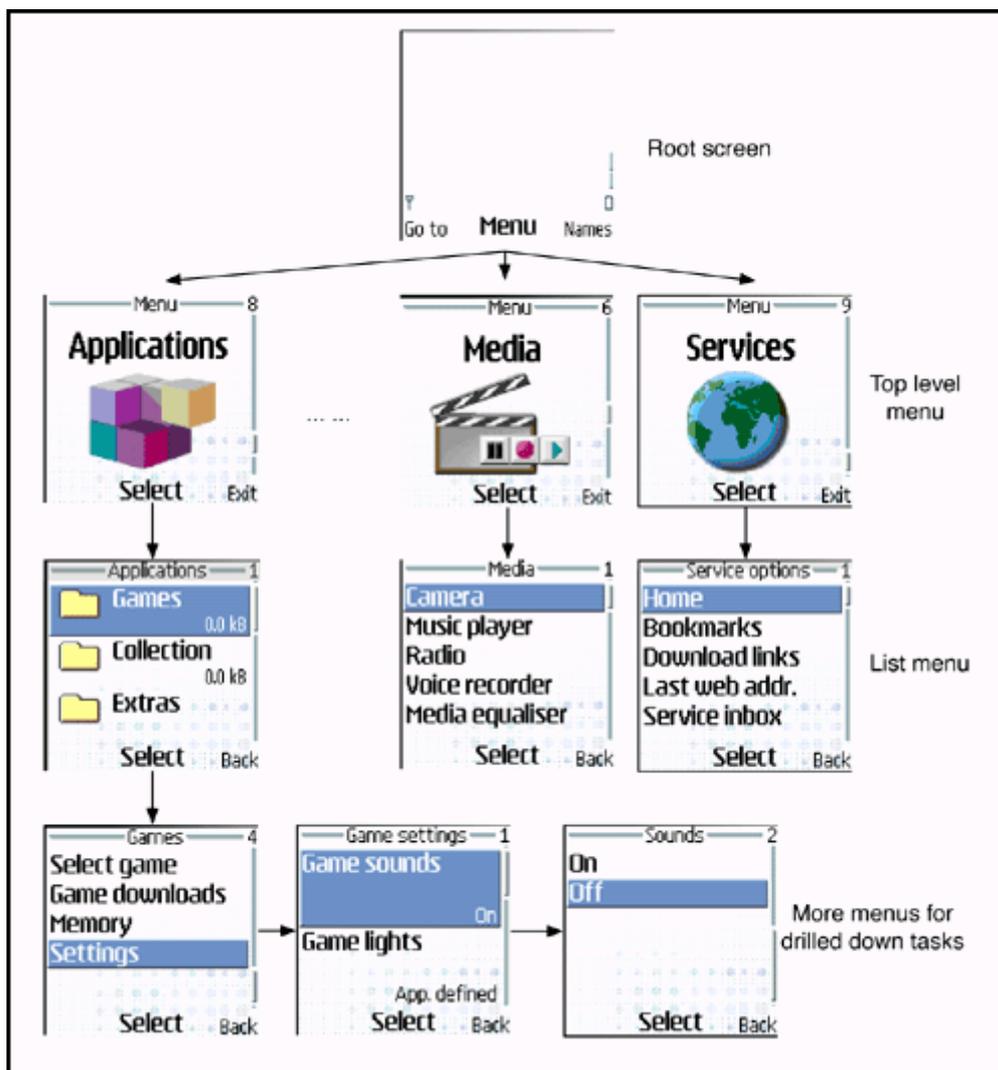


Figura 2-3. Interfaz de usuarios para los dispositivos Serie 40

2. Cuando seleccionamos un elemento del menú de nivel superior con la tecla Select, la siguiente pantalla muestra una lista. Cada elemento de menú tiene una línea hacia arriba. Para una aplicación, el menú de la lista consta de las acciones disponibles. Para

una carpeta de contenido, el menú de la lista muestra los archivos de contenido, aplicaciones instaladas, o subcarpetas.

3. Una aplicación de la Serie 40 consiste simplemente en múltiples pantallas. Las acciones de Aplicación y navegación se asignan a cada pantalla para los usuarios seleccionen. Estas acciones se traducen normalmente a las teclas de función. Si hay más de dos opciones, la tecla de función izquierda se convierte en una clave de Opciones, que se abre una lista de selección de pantalla completa cuando se pulsa.

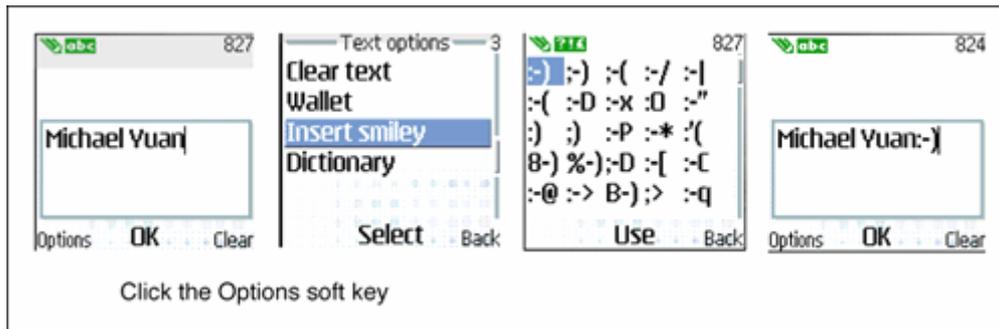


Figura 2-4.El uso de la tecla opciones en los dispositivos Serie 40

## 2.4 Requisitos hardware y software para el desarrollo de aplicaciones S40

Antes de programar una aplicación, independientemente del lenguaje de programación, es necesario disponer de:

- Un entorno de desarrollo apto, cómodo y eficaz para poder trabajar de forma más eficiente.
- Conocer los requisitos de la aplicación a desarrollar con el fin de saber si se podrá utilizar un paquete software específico o si permite el uso de un emulador antes de su volcado al hardware, etc.
- Saber que hardware será necesario para poder ejecutar la aplicación programada.

En los siguientes apartados se explican los entornos de desarrollo software y el hardware utilizados en el desarrollo de este proyecto.

### 2.4.1 Entorno de desarrollo, lenguaje de programación y emulador

Eclipse es un entorno de desarrollo de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama “Aplicaciones de Cliente Enriquecido”, opuesto a las aplicaciones “Cliente-liviano” basadas en navegadores. Esta plataforma, típicamente ha sido usada para desarrollar entornos de desarrollo integrados (del inglés IDE), como el IDE de Java llamado *Java Development Toolkit* (JDT).

A continuación se muestran las dos herramientas necesarias, que junto con el entorno de desarrollo Eclipse, permitirán el desarrollo de aplicaciones Nokia:

- **SDK de Nokia**

El kit de desarrollo de software Nokia o SDK de Nokia, es el conjunto de herramientas de desarrollo software que permitirán crear aplicaciones para que puedan ser ejecutadas por el S.O. Windows Mobile. El SDK proporcionará ciertos paquetes software, frameworks, plataformas hardware, emuladores, etc.

- **Bibliotecas**

Al desarrollar una aplicación en Java ME bajo el perfil MIDP, el programador puede hacer uso, entre otras, de las siguientes bibliotecas:

Nombre	Descripción
Java.io	Operaciones de E/S básicas
Java.lang	Operaciones de la Máquina Virtual
Java.util	Utilidades estándar
Javax.microedition.midlet	Marco de ejecución para las aplicaciones
Javax.microedition.lcdui	Interfaces de usuario
Javax.microedition.rms	Almacenamiento persistente en el dispositivo
Javax.microedition.io	Conexión genérica

### 2.4.2 Hardware

Son numerosos los dispositivos en el mercado que corren bajo la plataforma Windows Mobile como S.O. móvil, sin embargo pocos de estos dispositivos proporcionan los requisitos necesarios para poder ejecutar la aplicación desarrollada en este proyecto; la tecnología NFC.

Hoy día, muchos fabricantes de terminales móviles están lanzando sus productos con la capacidad de comunicarse vía NFC, sin embargo no hace tanto tiempo, pocos eran los dispositivos que poseían soporte para dicha esta tecnología.

El desarrollo de este proyecto se ha llevado a cabo realizando pruebas de funcionalidad y fallos en el dispositivo *Nokia 6212 Classic*, que por su funcionalidad hacían de este terminal el idóneo para realizar todo tipo de aplicaciones que utilizan la tecnología NFC como herramienta de comunicación.

## 2.5 Comparativa con otros sistemas operativos móviles

### 2.5.1 Android

Es un sistema operativo inicialmente desarrollado por Android Inc., una firma adquirida por Google en el 2005. Este sistema operativo está basado en una versión modificada del kernel de Linux.

Al contrario que otros sistemas operativos para dispositivos móviles como iOS o Windows Phone, Android se desarrolla de forma abierta y se puede acceder tanto al

código fuente como al listado de incidencias donde podemos ver problemas aún no resueltos y reportar problemas nuevos.

#### 2.5.1.1 Ventajas

El desarrollo abierto puede considerarse una gran ventaja tanto para los que desarrollan sus aplicaciones como para sus usuarios. Se pueden personalizar los terminales al máximo y modificar funciones del teléfono simplemente instalando una aplicación.

Otro punto a favor de Android es la increíble confianza que está recibiendo de los fabricantes. Gracias a ello, la oferta de teléfonos con Android es amplia y la oferta es variada tanto en marcas como en precios.

#### 2.5.1.2 Desventajas

Hoy en día uno de los aspectos negativos de Android es su fragmentación: aunque va mejorando, actualizar el sistema operativo a nuevas versiones no es tan fácil.

### 2.5.2 iOS

Es el sistema operativo utilizado por el iPhone. Está basado en una variante del Mach kernel que se encuentra en Mac OS X. El iOS incluye el componente de software “Core Animation” de Mac OS X v10.5 que, junto con el PowerVR MBX el hardware de 3D, es responsable de las animaciones usadas en el interfaz de usuario.

iOS tiene 4 capas de abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de Servicios Principales, la capa de Medios de comunicación y la capa de Cocoa Touch. El sistema operativo ocupa bastante menos de medio gigabyte del total del dispositivo, de 8 GB o de 16 GB.<sup>12</sup> Esto se realizó para poder soportar futuras aplicaciones de Apple, así como aplicaciones de terceros publicadas en la iTunes Store o la App Store.

#### 2.5.2.1 Ventajas

Algunos aspectos positivos según el punto de vista: buen diseño, funcionalidad, facilidad de uso y una variedad de aplicaciones que lo convierten en un referente, puesto que además se integra totalmente con las aplicaciones de los sistemas de escritorio de Apple.

#### 2.5.2.2 Desventajas

El sistema de Apple es cerrado, por lo que es muy poco personalizable, y el control sobre el sistema operativo es mínimo.

### 2.5.3 Windows Phone

Anteriormente llamado Windows Mobile, es un sistema operativo móvil desarrollado por Microsoft, y diseñado para su uso en teléfonos inteligentes.

Se basa en el núcleo del sistema operativo Windows CE y cuenta con un conjunto de aplicaciones básicas utilizando las API de Microsoft Windows. Está diseñado para ser similar a las versiones de escritorio de Windows estéticamente.

## Capítulo 2. Plataforma S40 de Nokia

### 2.5.3.1 Ventajas

Tiene un gran acabado y su sistema operativo se ha diseñado para competir con Android, iOS,... Tiene una gran sincronización con el ecosistema de Microsoft (Windows, Office, Skydrive...)

### 2.5.3.2 Desventajas

La variedad de móviles con Windows Phone no es tan amplia como Android o iOS. Por otra parte, al llegar algo más tarde al mercado móvil, la cantidad de aplicaciones disponibles en estos momentos es baja, aunque están facilitando el trabajo a los desarrolladores para solucionar esto.



## Capítulo 3. NFC

---

### 3.1 Introducción

Near Field Communication, NFC, es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance que permite el intercambio bidireccional de datos entre dispositivos a una distancia corta inferior a 20 centímetros.

Su desarrollo empieza en el año 2002, sus promotores fueron principalmente Philips y Sony que buscaban conseguir compatibilidad con sus tecnologías Mifare y FeliCa respectivamente. La idea de desarrollar esta tecnología surgió para crear un nuevo protocolo que tuviera compatibilidad con las tecnologías sin contacto de corto alcance que ya existían, razón por la que NFC es una extensión simple del estándar ISO/IEC 14443-5 de tarjetas de proximidad (tarjetas RFID sin contacto) combinando la interfaz de una tarjeta inteligente y la de un lector dentro de un mismo dispositivo.

La tecnología NFC permite el intercambio de datos entre dispositivos a través de un diálogo. En este protocolo, siempre hay uno que inicia la conversación siendo este el que monitorizará la misma. Este rol es intercambiable entre las dos partes implicadas. Existe una interacción de tipo bidireccional entre los dispositivos electrónicos que participan en la comunicación. Es una comunicación half-duplex (ambos sentidos, pero no simultáneamente).

Un dispositivo NFC puede comunicarse con otros dispositivos NFC o con otras infraestructuras inalámbricas y sin contactos ya existentes. Principalmente, es usada en dispositivos móviles porque en la actualidad, la mayor parte de la población dispone de su propio móvil.



Figura 3-1. Ejemplo del funcionamiento de NFC

### 3.2 Historia

NFC surge a partir de la tecnología RFID (siglas de Radio Frequency IDentification), pues, de hecho, la tecnología NFC se compone de la integración de la tecnología RFID con otras tecnologías interconectadas. Al estar basado en RFID, es necesario un lector y una tarjeta.

### 3.2.1 RFID

La tecnología más extendida actualmente para la identificación de objetos es la de los códigos de barras. Sin embargo, éstos presentan algunas desventajas, como la escasa cantidad de datos que pueden almacenar y la imposibilidad de ser reprogramados. La mejora ideada constituyó el origen de la tecnología RFID. Esta consiste en usar chips de silicio que pudieran transferir los datos que almacenaban al lector sin contacto físico, de forma equivalente a los lectores de infrarrojos utilizados para leer los códigos de barras.

El modo de funcionamiento de los sistemas RFID es simple. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasarla en formato digital a la aplicación específica que utiliza RFID.

Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

- **Etiqueta RFID:** se compone de una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip. El propósito de la antena es permitirle al chip de la etiqueta, la transmisión de la información de identificación, la cual está contenida dentro de él. Existen varios tipos de etiquetas. El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes. Existen varios tipos de memoria:

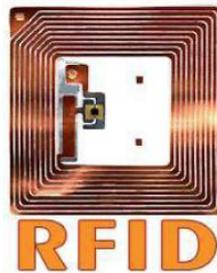


Figura 3-2. Etiqueta RFID

- Solo lectura: el código de identificación que contiene es único.
- De lectura y escritura: la información de identificación puede ser modificada por el lector.
- Anticolisión: Se trata de etiquetas especiales que permiten que un lector identifique varias al mismo tiempo (habitualmente las etiquetas deben entrar una a una en la zona de cobertura del lector).
- **Lector de RFID o tranceptor:** está compuesto por una antena, un tranceptor y un decodificador. El lector envía de forma periódica señales y cuando capta una señal de una etiqueta (que contiene la información de identificación), extrae la información y la pasa al subsistema de procesamiento de datos.
- **Subsistema de procesamiento de datos o Middleware RFID:** proporciona los medios de proceso y de almacenamiento de datos.

### 3.2.2 De RFID a NFC

Near Field Communication, es una tecnología de radiofrecuencia de corto alcance que permite la comunicación de diferentes dispositivos entre si, hasta 10 centímetros de distancia. Aunque supone un avance dentro del campo de la investigación, la principal

diferencia con RFID es que NFC permite que los dos dispositivos establezcan una comunicación casi de igual a igual, facilitando el intercambio de datos entre los dos.

Además, tiene un radio de acción más pequeño, proporcionando una mayor privacidad y seguridad. Otra diferencia es la rapidez y la sencillez en el intercambio de datos. Ya no es necesario navegar por complicados menús para emparejar dos dispositivos. Con un simple toque el dato que está en el dispositivo móvil NFC se transfiere a otro dispositivo automáticamente.

### 3.3 Modos de funcionamiento

La comunicación entre dispositivos con tecnología NFC se realiza a través de un diálogo entre un dispositivo denominado “Iniciador” y uno o varios dispositivos denominados “Destino”, debiendo estos de responder antes de recibir otra petición. Existen dos modos de establecer la comunicación: **activo y pasivo**.

- **Modo pasivo:** el dispositivo Iniciador genera un campo electromagnético y el dispositivo destino se comunica con éste mediante la modulación de la señal recibida. En este modo, la energía necesaria para el funcionamiento del dispositivo Destino se obtiene del campo electromagnético generado por el Iniciador.

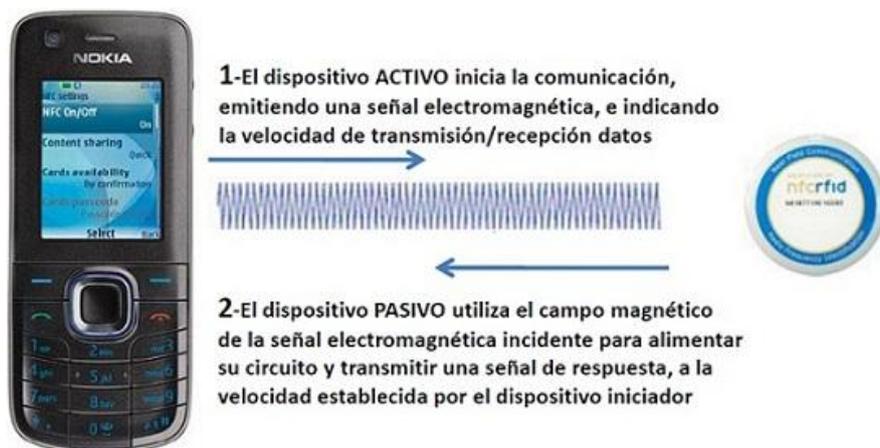


Figura 3-3. Esquema del modo de funcionamiento pasivo

- **Modo activo:** tanto el dispositivo Iniciador como el destino se comunican generando su propio campo electromagnético requiriendo, en este modo, ambos de una fuente de alimentación para funcionar.



Figura 3-4. Esquema del modo de funcionamiento activo

Cuando el dispositivo funciona en el modo pasivo, el receptor sólo se utiliza para establecer la comunicación y confirmar la recepción de los datos. Sin embargo, en modo activo, se requiere que ambos nodos negocien el intercambio de datos. Aunque muchas aplicaciones requieren que los dispositivos involucrados sean activos, la combinación de uso activo/pasivo puede ser útil para comunicarse con elementos sin batería, como las tarjetas sin contactos o las etiquetas RFID que no dispongan de fuente de alimentación propia.

### 3.4 Acoplamiento Inductivo

Dos dispositivos NFC establecerán comunicación mediante un campo magnético o campo cercano. Para los dispositivos que trabajen en modo de operación Pasivo, el campo magnético será vital para llevar a cabo la comunicación, 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 en generar una señal de respuesta con los datos almacenados en la memoria del dispositivo pasivo.

#### 3.4.1 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:

$$H = \frac{I * N * r^2}{2(r^2 + d^2)^{3/2}}$$

$I$  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  $d < \lambda/2\pi$  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:

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

### 3.4.2 Inductancia Mutua

Cuando una segunda espiral se sitúa 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:

$$\varphi = N * \Phi = N * \mu_0 * \mu_r * H * A$$

$\Phi$  es la suma del flujo magnético que se sucede en una superficie  $A$ ,  $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} \text{Vs}/\text{Am}$  y  $\mu_r$  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  $I$ :

$$L = \frac{\Psi}{I}$$

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

$$M_{P,A} = N_p * \frac{\Phi_{P,A}}{I_A} = N_p * \oint_{A_p} \frac{B_P}{I_A} dA_P$$

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:

$$B = \mu_0 * \mu_r * H$$

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

## 3.5 Mecanismos anticolidión

Como en toda comunicación, es necesario trabajar con un mecanismo que controle las posibles colisiones que se puedan producir a lo largo del proceso de transferencia de información entre dispositivos NFC.

Según el modo de operación en el que se encuentre el dispositivo NFC se realizan diferentes métodos para prevenir las posibles colisiones. Es siempre responsabilidad del iniciador detectar una colisión y tomar las medidas adecuadas. Los objetivos no tienen

ningún mecanismo para detectar una colisión. Dependiendo del modo en el que trabaje el dispositivo el mecanismo trabajará de forma diferente:

- **Mecanismo anticolidión para el modo Activo:**

El dispositivo aceptador, tras recibir la señal del iniciador, debe esperar un tiempo de guardia  $T_g$  antes de enviar la respuesta. Este tiempo de guardia debe ser:

$$\left(\frac{768}{f_c}\right) \leq T_g \leq \left(\frac{2559}{f_c}\right) + n * \left(\frac{512}{f_c}\right)$$

Durante el tiempo  $T_g$ , el dispositivo aceptador realiza Detección de portadora (*Carrier Sense*) para asegurar que no hay otros dispositivos utilizando el canal. En caso de que el canal esté ocupado, el dispositivo aceptador espera un tiempo de guardia  $T_g > 1024/f_c$  antes de intentar enviar su respuesta.

- **Mecanismo anticolidión para el modo Pasivo:**

Los iniciadores de conexión aplican el mecanismo de *Carrier Sense* para minimizar colisiones con las señales de otros dispositivos (activos o pasivos). Para ello, el iniciador, antes de comenzar la comunicación, escucha el canal durante un tiempo determinado  $T$ . Si detecta un campo magnético mayor o igual a un umbral (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  $T_g > 5 \text{ ms}$ .  $T$  se calcula como:

$$T = \frac{P}{f_c} + n * \frac{512}{f_c}$$

donde  $P$  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*).

### 3.6 Transacción NFC

Una transacción NFC siempre sigue una misma secuencia de operación que consta de los siguientes pasos:

- Descubrimiento de dispositivos NFC
- Autenticación

- Negociación
- Transferencia de información
- Confirmación

A bajo nivel, el protocolo NFC incluye un procedimiento para que la autenticación sea segura y mecanismos anti-colisión para así, evitar la escucha del canal de comunicación. En aplicaciones donde la seguridad es muy importante, como es el caso de su uso como medio de pago, es posible utilizar cifrado AES y triple DES, con lo que la seguridad se equipara a la ofrecida por las tarjetas inteligentes bancarias.

Durante la fase de negociación del protocolo NFC, se establecen parámetros que definen las características de la comunicación como son la velocidad de transmisión, el identificador del dispositivo, tipo de aplicación, tamaño de la transferencia y la acción solicitada.

Dado que NFC no está diseñado para una transferencia masiva de datos, se puede usar para configurar otras conexiones inalámbricas que ofrezcan mayor ancho de banda como son Bluetooth o Wi-Fi. Cabe destacar que un emparejamiento normal de dispositivos Bluetooth toma entre cinco y seis segundos, frente a los 200 ms., que tarda la tecnología NFC.

### 3.7 Etiquetas NFC

Las etiquetas, también denominadas *tags* o *transpondedores* son dispositivos que están compuestos de tres elementos: una antena, un circuito integrado y un elemento almacenador de energía. La antena permite realizar la comunicación entre la etiqueta y el lector, limitando su tamaño la distancia máxima de lectura.

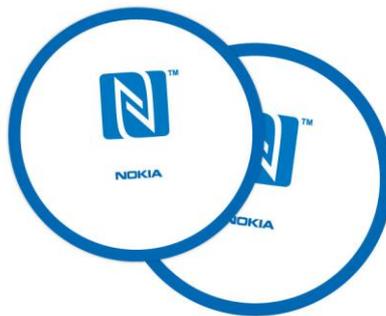


Figura 3-5. Tags

En los últimos años la producción de etiquetas ha tenido un decrecimiento del 27% en su precio por unidad encontrándose su coste todavía por encima de los códigos de barras. Además existen otros aspectos tales como la forma en la que las etiquetas se alimentan:

- **Etiquetas activas:** Una etiqueta activa necesita de una pequeña batería que le proporcione alimentación para poder generar y transmitir continuamente la señal de radiofrecuencia donde van codificados y modulados los datos. Pueden ser leídas por lectores que se encuentren a grandes distancias, llegando incluso a los

30 metros, siendo su capacidad de memoria capaz de almacenar Kilobytes de información.

Entre sus inconvenientes, nos encontramos con las interferencias que se producen con móviles y otros aparatos, su precio que es elevado al requerir la batería y la vida útil de esta, que depende de muchos factores, haciendo muy difícil prever cuándo ocurrirá un fallo. Otro inconveniente es que su batería en ocasiones se descarga y como consecuencia se produce una pérdida total de la señal.

- **Etiquetas semi-pasivas:** Las etiquetas semi-pasivas son un híbrido de las activas y las pasivas. Poseen una pequeña batería que se carga parcialmente cada vez que entra dentro del campo magnético de un lector.
- **Etiquetas pasivas:** No contienen batería, y utilizan campos electromagnéticos creados por los lectores que tienen un doble propósito, ya que a la vez obtienen información de ellas. La distancia de lectura de una etiqueta pasiva es menor ya que sólo puede llegar hasta los 5 y 7 metros. Al trabajar con pequeños niveles de energía, tienen una capacidad de memoria relativamente baja.

Presentan una gran ventaja sobre las etiquetas activas en cuanto a precio por unidad, por lo que se usan en más aplicaciones. De una manera gradual, a medida que el precio disminuye, pueden competir con los códigos de barras.

Existen 4 tipos básicos de etiquetas:

- **NFC Tag Tipo 1:** están basada en las especificaciones ISO-14443A, con capacidad de lectura y escritura. También es posible configurar el tag para que sea de sólo lectura. La capacidad de memoria es de 96 bytes extensible a 2 Kbytes siendo la velocidad de comunicación es de 106 Kbits/s.
- **NFC Tag Tipo 2:** basadas en las especificaciones ISO-14443A, con capacidad de lectura y escritura o sólo lectura. Su capacidad de memoria es de 48bytes, siendo ampliable hasta 2 Kbytes y su velocidad de lectura es de sólo 106 Kbits/s.
- **NFC Tag Tipo 3:** basadas en el estándar FeliCa, son de lectura y escritura o sólo de lectura. La capacidad de memoria es variable siendo su límite de 1Mbyte y su velocidad de comunicación es de 212 Kbits/s o 424 Kbits/s.
- **NFC Tag Tipo 4:** compatibles con el estándar ISO-14443A y B. Son configuradas como de lectura y escritura o sólo de lectura. La capacidad de memoria es variable de hasta 32 KBytes con una velocidad de comunicación de 424 Kbits/s.

### 3.8 Importancia de NFC

NFC presenta una serie de ventajas que le permiten ser una gran candidata para multitud de aplicaciones:

1. **Alcance y disponibilidad:** NFC tiene el potencial para ser integrada en cada uno de los teléfonos del mundo. Mediante la integración de esta tecnología en móviles, los usuarios pueden tener acceso a nuevos servicios a través de su teléfono.
2. **Variedad de uso:** NFC puede ser usada para varias tareas, desde pago de bienes, hasta emparejamiento de los dispositivos para el intercambio de información o el descubrimiento de nuevos servicios.
3. **Fácil de usar:** Porque NFC sólo requiere que dos dispositivos se toquen con el fin de comunicarse.
4. **Seguridad:** NFC requiere de un usuario para activarlo manualmente o mantener su dispositivo móvil junto a otro móvil o junto a la estación NFC para activar un

servicio o para compartir información. Al hacerlo la tecnología requiere del usuario para hacer una acción positiva que confirme la transacción o el intercambio. Además es posible construir múltiples niveles de seguridad en un dispositivo NFC.

5. **Infraestructura:** NFC es compatible con la estructura sin contactos. El despliegue de NFC es una extensión de los servicios que ya existen, pero es mayor con el elemento adicional de un interfaz de usuario del teléfono móvil y una conexión a Internet.

### 3.9 NFC Forum

El Near Field Communication (NFC) Forum es una asociación industrial sin ánimo de lucro fundada por NXP Semiconductors, Sony Corporation y Nokia para regular el uso de la interacción inalámbrica de corto alcance en la electrónica de consumo, dispositivos móviles y los PCs.

Actualmente cuenta con más de 140 miembros entre los que podemos destacar:



Figura 3-6. Miembros del NFC Forum

El NFC Forum ha establecido un estándar con un formato común para poder compartir datos entre los dispositivos NFC entre sí y/o entre los dispositivos y las etiquetas NFC.

- **NFC Data Exchange Format (NDEF):** Especifica un formato común y compacto para el intercambio de datos.
- **NFC Record Type Definition (RTD):** Especifica que tipos de registros estándar pueden ser enviados en los mensajes intercambiados entre los dispositivos NFC.
- **Smart Poster RTD:** Para posters que incorporen etiquetas con datos (URLs, SMSs o números de teléfono).
- **Text RTD:** Para registros que solo contienen texto.
- **Uniform Resource Identifier (URI) RTD:** Para registros que se refieren a un recurso de Internet.

### 3.10 Ejemplos prácticos de aplicación de NFC

Los usos más comunes de esta tecnología son pequeñas aplicaciones de pago como el transporte urbano, el aparcamiento público o para acceder a información.

En Japón, ya fue probada, por la operadora de telefonía móvil NTT DoCoMo el año pasado, esta tecnología en el pago a través del móvil. Recientemente NTT DoCoMo ha lanzado el nuevo servicio "DCMX mini" que permite a los usuarios comprar pasando su teléfono móvil NFC por lectores. La transacción se añadirá a la factura mensual del usuario. En Estados Unidos las estaciones de servicio de Exxon Mobile ofrecen ya este tipo de pagos.

La industria de la música tampoco está ajena a esta tecnología. Philips, Visa y Universal Music Francia están trabajando en desarrollar un producto denominado "Smart Poster" que permitirá el pago de canciones desde cualquier lugar y dispositivo, desde un anuncio en una marquesina o una tienda de música para que, después, los usuarios puedan descargarse a través de Internet la canción comprada mediante este sistema.

En España, también existen diferentes iniciativas piloto en la utilización de esta tecnología. La empresa Mobilpay, en colaboración con Indra, la Empresa Malagueña de Transportes, Oberthur y Orange, inauguraba en 2008 un sistema de pago mediante el móvil debiendo, para ello, tener los dispositivos el chip NFC integrado en la SIM.

En concreto la tecnología NFC continúa creciendo con la aparición de distintos servicios en tarjetas de crédito y en pagos electrónicos. Según un reciente estudio de Abi Research, Japón y Corea del Sur lideran el mercado del pago a través de NFC. No obstante en Europa ya se está implantando el uso de NFC como herramienta de pago.



Figura 3-7. Funcionamiento del NFC como herramienta de pago

En resumen, el abanico de posibles aplicaciones que pueden hacer uso de la tecnología NFC incluye entre otros:

- Acceso al sistema público de transporte
- Pagos a través del móvil
- Control de acceso físico a lugares o recintos
- Control de acceso a una red informática
- Tarjetas de fidelización o descuento
- Inclusión de información médica para uso en emergencias

- Apertura de vehículos
- Acceso a información desde cualquier soporte en la vía pública, museos, etc.

### 3.11 Comparación con otras tecnologías

Es preciso aclarar que esta tecnología no está dirigida a la transmisión masiva de datos, al estilo de tecnologías como WLAN o Bluetooth, sino a la comunicación entre dispositivos con capacidad de proceso como teléfonos móviles, PDA o PCs, entre sí, o como lectores de etiquetas.

- NFC permite una comunicación e interacción fácil de usar y por contacto entre 2 dispositivos.
- La latencia de puesta en marcha de la comunicación en NFC es normalmente de cientos de milisegundos, mientras que en Bluetooth es de varios segundos.
- NFC permite una mayor duración de la batería, ya que el consumo de un nodo NFC en modo pasivo es insignificante y puede ser activado con un dispositivo NFC activo.
- Una comunicación puramente NFC permite precios más bajos, pues NFC es técnicamente menos complejo que Bluetooth.
- Debido a su corto rango y acoplamiento de campo cercano, NFC es más seguro frente a las escuchas o interferencias intencionadas o no.

La principal desventaja de NFC comparada con Bluetooth es el rango de comunicación tan corto que, dependiendo de la aplicación, puede incluir los siguientes contras:

- NFC no es una tecnología adecuada para dispositivos portátiles que requieran conectividad online a otro dispositivo portátil o a un punto de acceso fijo.
- Una tasa de bits menor junto al rango corto de alcance pueden dar lugar a que la transferencia de grandes bloques de datos sea desagradable.
- La situación de la antena es más crítica. La ubicación de la antena debe ser indicada al usuario.

Estas desventajas pueden ser superadas en parte combinando NFC con Bluetooth o WLAN, lo que por otro lado dará lugar a perder algunas de las ventajas como el coste menor de las comunicaciones sólo NFC.

	NFC	RFID	IrDa	Bluetooth
<b>Tiempo de establecimiento</b>	<0,1ms	<0,1ms	~0,5 s	~6 s
<b>Alcance</b>	10cm	3m	5m	30m
<b>Facilidad de uso</b>	Fácil, intuitivo y rápido	Fácil	Fácil	Media
<b>Seguridad</b>	Muy alta	Buena	Visión directa	Mediante PIN
<b>Usos</b>	Pago, acceso, compartir información, etc....	Identificación, seguimiento, etc....	Control e intercambio de datos	Red para intercambio de datos

Figura 3-8. Comparativa de tecnologías de acceso radio de corto alcance

Por otro lado, otra tecnología alternativa a NFC son los códigos QR. Los códigos QR son similares a los códigos de barras. El usuario escanea el código QR e interpreta el código, abriendo un sitio web relacionado o una aplicación móvil, es decir, están pensados para acceder a información estática en el tiempo.

Cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes, como por ejemplo el NFC es más rápido, más fácil y más seguro, sin embargo los códigos QR llega a todos los sectores del mercado actual. Sin embargo el inconveniente de NFC es que tiene que usarse a corta distancia. Por otro lado el inconveniente de los códigos QR es el de poca flexibilidad. Una vez creada la etiqueta con su correspondiente enlace, ya no podrá ser modificado, cosa que con un chip NFC si se puede hacer. La consecuencia es que de hacerlo mal o querer un código QR distinto, tendremos que crearlo de cero. Otra de las ventajas de NFC es que no es necesaria tener un acceso a Internet mientras que los códigos QR es obligatorio.

Por eso las etiquetas NFC tienen y tendrán mayores ventajas que los códigos QR, aunque muchas veces en la actualidad, van juntas.

## Capítulo 4. Smart-Info UPCT

---

### 4.1 Introducción

En este capítulo se explica en detalle la aplicación desarrollada en este proyecto, “Smart-Info UPCT” un software que permite, a estudiantes y profesores de la UPCT, obtener información de interés de forma fácil y rápida, utilizando la tecnología NFC.

La aplicación permitirá, por un lado, que los alumnos con un dispositivo móvil con NFC puedan recibir la información de las asignaturas al acercar el terminal al póster Smart-Info. Por otro lado, los profesores podrán gestionar la información tanto de sus asignaturas como sus datos personales.

### 4.2 Hardware necesario para el funcionamiento de la aplicación

El empleo de la tecnología NFC requiere, no solo la codificación de todas las funcionalidades que desempeñe la aplicación, sino también de un hardware específico que será necesario para el uso de “Smart-Info UPCT”.

En el momento de inicio del proyecto (mediados de 2012), el mercado no ofrecía muchos dispositivos móviles que implementaran la tecnología NFC, aunque actualmente cualquier terminal de gama media ya incluye un chip NFC. Por ello, se decidió utilizar el terminal Nokia 6212 Classic, ya que a pesar de ser un teléfono de gama baja, era el único a disposición del Grupo de Ingeniería Telemática con chip NFC.



Figura 4-1 Nokia 6212 Classic

Además del terminal, se utilizan una serie de tags MIFARE (Standard 4k, Ultralight) de Nokia.

### 4.3 Arquitectura del sistema

El funcionamiento de la aplicación se detalla en la siguiente figura:

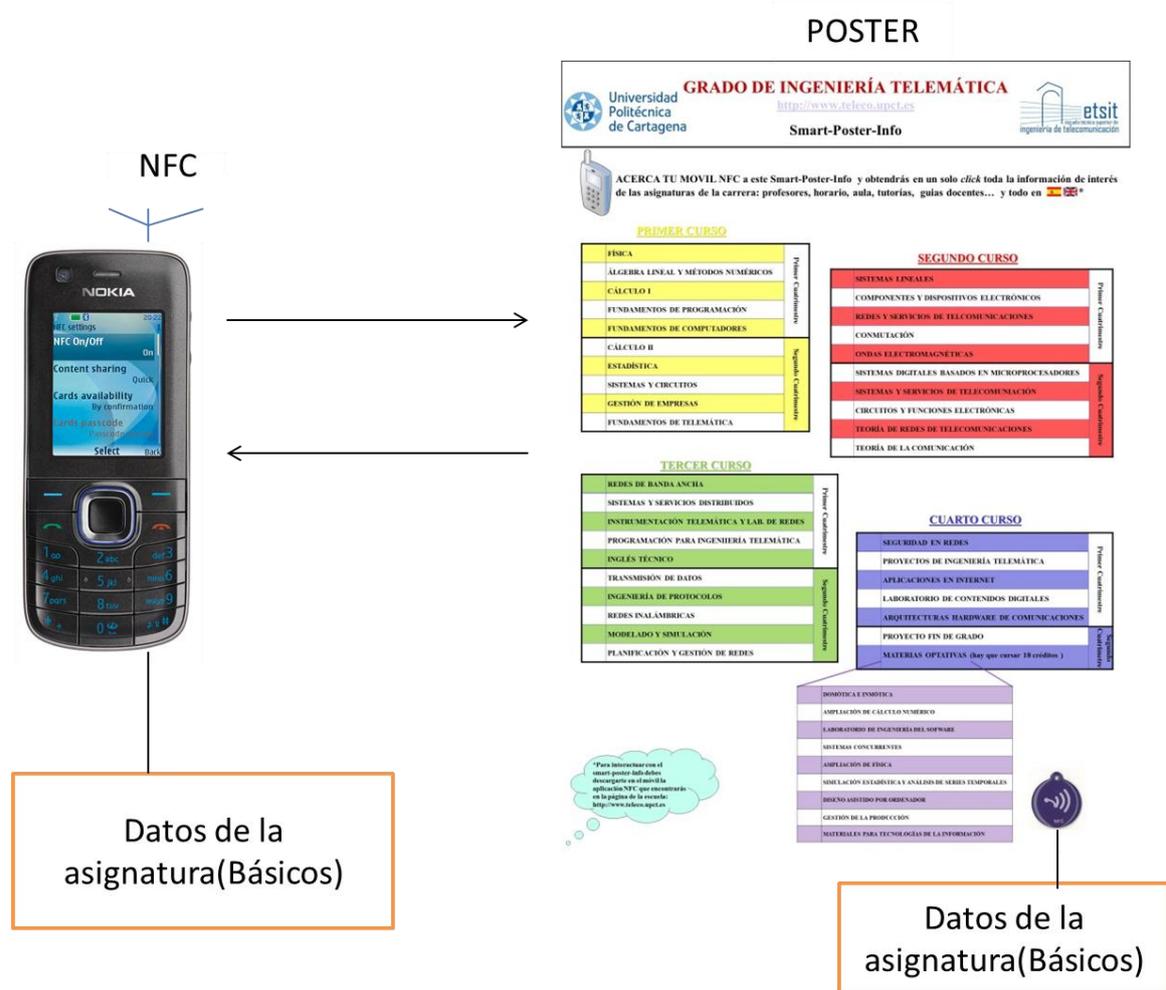


Figura 4-2 Arquitectura del sistema

Operativa: El usuario con un móvil NFC interactuaría con el póster. Este contiene una etiqueta NFC por cada asignatura del Grado de Ingeniería de Telemática. El usuario aproximaría el móvil al tag de la asignatura deseada y esa aproximación daría lugar a la activación del tag de modo que éste le proporcionaría la información deseada. Dependiendo del tipo de usuario se podrían efectuar distintas operaciones.

Usuario 1: Alumno

Si el usuario fuera un alumno la función sería la de facilitar información del tag al mismo. Los tags tienen que tener la información previamente introducida por un profesor/administrador, sino se recibiría un mensaje diciendo que no contiene información. Dicho esto, el alumno acercaría el móvil al tag de la asignatura deseada y éste recibiría la información. Esta sería la única funcionalidad que tendría el programa

alumno. Cabe destacar que la información recibida podrá ser leída tanto en español como en inglés.

Usuario 2: Profesor/Administrador

En este segundo caso el usuario profesor o administrador podrá realizar más de una función. Aparte de poder leer el tag, tendrá la opción de guardar, editar y borrar la información del tag siendo el responsable en todo momento de la información que contenga el tag. La primera opción, Lectura, funcionará de igual manera que la del alumno. La segunda opción, Ver/Editar en la aplicación del profesor, tendrá una plantilla, que tendrá que rellenar y que quedaría en el móvil a expensas de pasar al comando guardar. La tercera opción, Guardar, el profesor tendrá que acercar el móvil al tag para que la información escrita en la plantilla se guarde. En la cuarta opción encontraremos la función Borrar que tal y como indica el nombre nos permitirá vaciar el contenido del tag. Por último y no menos importante se creó una opción para poder vaciar todos los campos a la vez de la plantilla (por si el profesor impartiera más de una asignatura) facilitando el relleno de este por el profesor.

### 4.4 Funcionamiento de la aplicación

“*Smart-Info UPCT*” son un conjunto de dos aplicaciones, una para el alumno y otra para el profesor. Existen algunas diferencias entre estas aplicaciones que se irán detallando a lo largo de este capítulo.

Al emplear la tecnología NFC, la aplicación arrancada por parte del usuario activará la antena NFC del dispositivo móvil, simplemente cliqueando en el icono correspondiente.

Como se ha explicado en el capítulo 2 el software necesario para el correcto funcionamiento de la aplicación en el ordenador es:

- Eclipse Helios
- Nokia PC Suite
- Kxml.jar (clase para facilitar el manejo de datos XML)
- Nokia S40 SDK

#### 4.4.1 Desarrollo de la aplicación Alumno

El programa Alumno estará destinado a ellos mismos, ya que, la función principal de esta aplicación será la de obtener información de las asignaturas y los profesores.

En la siguiente figura se muestra la pantalla de inicio de la aplicación.



Figura 4-3 Pantalla inicial

En esta figura se ve la opción de seleccionar el idioma de la aplicación. Con la cruceta se navegará por las distintas opciones de la pantalla pudiendo así elegir idioma o incluso salir de la aplicación. Pulsaremos el botón central y se mostrará la siguiente ventana.



Figura 4-4. Pantalla detección tag

En esta pantalla el móvil ya está preparado para detectar el tag. Si se detecta un tag que no contiene información de Smart-Info UPCT aparece un aviso informativo. En caso contrario, aparecerá la siguiente pantalla.



Figura 4-5. Pantalla información tag

En la anterior figura se muestra la información del tag. Este menú permite la opción de elegir entre ver la información de la asignatura o los profesores. Se selecciona la opción de ver información de la asignatura.



Figura 4-6. Pantalla información asignatura

Se muestra la información de la asignatura. Se especifica el nombre, créditos, titulación, año y una URL con la dirección de la página hacia la asignatura. Esto se mostraría en el caso de seleccionar asignatura.

Ahora se verá el caso del profesor.



Figura 4-7. Pantalla listado profesores

En esta pantalla se verá los profesores que tiene la asignatura pudiendo navegar a la hora de seleccionar al profesor.



Figura 4-8. Pantalla información profesor

En esta pantalla se mostrará la información del profesor seleccionado. Se podrá ver el nombre, despacho, tutorías, nº de teléfono, e-mail de contacto y página Web.

En cada uno de estos pasos cabe destacar que tendremos unos botones para volver a la pantalla anterior y también un botón de salir para cerrar la aplicación. También hay que destacar que una vez tocado el tag no es necesario mantener el móvil en contacto para consultar la información.

#### 4.4.2 Desarrollo de la aplicación Profesor

El programa Profesor estará destinado a ellos mismos, ya que, la función principal de esta aplicación será la de obtener, escribir, modificar y borrar información de las asignaturas y de los profesores. En la siguiente figura se muestra la pantalla de inicio de la aplicación.



Figura 4-9. Pantalla inicial de la aplicación

Se destaca que la pantalla de inicio tanto para alumno como profesor es la misma para ambos.



Figura 4-10. Pantalla de inicio

En el menú principal de profesor se tendrán 5 opciones distintas:

- Leer un tag.
- Ver/Editar información.

- Guardar en el tag.
- Borrar el tag.
- Reiniciar información.

#### 4.4.2.1 Leer un tag

Esta sección es común con el programa alumno, tiene la misma funcionalidad. Solo hay una diferencia con el programa alumno y es a la hora de estar viendo la información se tiene un botón para poder editarla.



Figura 4-11. Pantalla lectura tag

#### 4.4.2.2 Ver/Editar información

Esta opción del menú permite la creación y modificación de la información de la asignatura y profesor.



Figura 4-12. Pantalla para ver/editar información

## Capítulo 4. Smart-Info UPCT

En esta pantalla se puede navegar por 3 opciones:

- Ver información
- Ver profesores
- Añadir profesor

En la opción de Ver información se mostrará una pantalla con todos los campos vacíos.



Figura 4-13. Pantalla de información del curso

En esta Figura se observa como por defecto muestra la información de la asignatura con los campos vacíos. Seleccionando el botón editar podemos crear la asignatura y completar su contenido.



Figura 4-14. Pantalla de introducción de campos

En esta pantalla se van rellenando los campos correspondientes y una vez terminado se pulsa OK para confirmar la creación de la nueva asignatura. En la nueva asignatura se podrá rellenar con el nombre, créditos, titulación, año y URL.

En la opción Ver profesores si no tenemos ningún profesor creado la aplicación no mostrará nada, por eso existe la opción 3, Añadir profesor.

En la opción Añadir profesor directamente se podrá empezar a rellenar los campos de los profesores que deseemos.



Figura 4-15. Pantalla de añadir profesor

En esta pantalla se irán rellenando los campos correspondientes tales como nombre, despacho, tutorías, teléfono, e-mail de contacto y página Web.



Figura 4-16. Pantalla introducción de campos profesor

## Capítulo 4. Smart-Info UPCT

Es importante matizar que si se tiene guardado el número de contacto (o email) en la agenda, se puede buscar y automáticamente rellenar el campo.

Por último se pulsará el botón Añadir para agregar el profesor a la asignatura.

### 4.4.2.3 Guardar en el tag

Esta opción es importante haber terminado de crear o modificar la asignatura con sus profesores correspondientes ya que, una vez activada esta opción guardará todo el contenido en el tag.



Figura 4-17. Pantalla para guardar en tag

Se tocará el tag y el móvil mostrará un aviso de que se ha guardado correctamente.

### 4.4.2.4 Borrar un tag

Esta opción es similar a la anterior. En este caso, al detectar un tag se elimina toda la información contenida en él.



Figura 4-18. Pantalla de borrado de tag

#### 4.4.2.5 Reiniciar información

Esta opción está pensada para que en el caso de que se haya equivocado en la creación de la asignatura reiniciar todo el contenido creado del teléfono.

Únicamente saldrá un aviso de que se ha reiniciado la información y se podrá crear desde cero otra asignatura.

### 4.5 Programación de las aplicaciones

En este apartado se explicará el lenguaje de programación utilizado. La plataforma Java ME conteniendo un conjunto de APIs orientado al desarrollo de software para dispositivos con recursos restringidos.

#### 4.5.1 Gestión de los datos en los tags

Se ha implementado una clase XMLSmartInfo que se encargara de manejar los datos de la aplicación. En esta clase se ha introducido los campos de la asignatura y los campos del profesor con la siguiente estructura.

Profesor:

- Nombre
- Oficina
- Horario de oficina
- Teléfono
- Email
- Web

Asignatura:

- Curso
- Créditos
- Titulación
- Nombre

- URL
- Año

### 4.5.2 Configuración del monitor de escucha de eventos

La interacción de las aplicaciones con los tags tiene lugar mediante eventos Java, esto es, cada vez que se acerca un tag, la aplicación debe ser capaz de procesar un evento que indique que se ha realizado la “conexión” con el tag. Para ello, es necesario configurar la aplicación como procesadora de eventos “tag detectado”. Dicha configuración se realiza con el siguiente método:

```
public void activateTagListener()
{
    try
    {
        DiscoveryManager dm = DiscoveryManager.getInstance();
        dm.addTargetListener(this, TargetType.NDEF_TAG);
    }
    catch (ContactlessException ce)
    {
        displayAlert("Unable to register TargetListener: \n" + ce.toString(), AlertType.ERROR);
    }
}
```

Asimismo, ha sido necesario desarrollar un método para desactivar la lectura de tags, de forma que se liberen los recursos.

```
private void deactivateTagListener()
{
    DiscoveryManager dm = DiscoveryManager.getInstance();
    Dm.removeTargetListener(this, TargetType.NDEF_TAG);
}
```

### 4.5.3 Lectura de datos NFC

Una vez que se detecta un tag, se establecerá la comunicación (utilizando una especie de socket) entre ambos permitiendo la lectura de este. Para ello, se usa el siguiente código:

```
// Establece una comunicación con el tag
conn= (NDEFTagConnection)Connector.open(tag.getUrl(NDEFTagConnection.class));
msg = conn.readNDEF();
conn.close();
```

A continuación se muestra cómo se realiza la lectura del tag. En caso de que el tag no disponga de información, se muestra un mensaje informativo.

```

if (msg.getNumberOfRecords() == 0 || msg.getRecord(0).getRecordType().equals(new
NDEFRecordType(NDEFRecordType.EMPTY, null)))
{
    displayAlert(currentLanguage.get("ninfoMessage").toString() + currentLanguage.get("appTitle") + "\n",
AlertType.WARNING);
    waitTime();
}
else
{
    XMLSmartInfo aux = null;
    try
    {
        byte[] data = msg.getRecord(0).getPayload();
        aux = new XMLSmartInfo(data);
    }
    catch(Throwable e)
    {
        displayAlert(currentLanguage.get("ninfoMessage").toString() + currentLanguage.get("appTitle") + "\n",
AlertType.WARNING);
        waitTime();
        waitingScreen();
        return;
    }
    currentXMLSmartInfo = aux;
    readMenu();
}

break;

```

#### 4.5.4 Escritura de datos en el tag

Una de las ventajas de la aplicación es la posibilidad de escribir en el tag la información deseada. Para ello, mediante el uso de la aplicación se abrirá un pequeño formulario que se tendrá que rellenar. Como en el caso de la lectura mientras estemos introduciendo los datos en el formulario se cerrara la comunicación para no entrar en contacto con otro tag. Si se intentara escribir el tag sin completar el formulario nos saldría un mensaje de que no se han introducido datos.

```

if (currentXMLSmartInfo == null)
{
    displayAlert("No se han introducido datos / No course information available", AlertType.ERROR);
}
else
{
    byte[] data = currentXMLSmartInfo.toByteArray();
    NDEFRecord[] record = new NDEFRecord[1];
    record[0] = new NDEFRecord(new NDEFRecordType(NDEFRecordType.MIME, "text/plain"), "Course".getBytes(), data);
    NDEFMessage message = new NDEFMessage(record);
    conn.writeNDEF(message);
    conn.close();
    displayAlert(currentLanguage.get("savinfoMessage").toString(), AlertType.INFO);
}

waitTime();

```

#### 4.5.5 Clases auxiliares

Puesto que JavaME es una versión limitada del Java tradicional, ha hecho falta migrar algunas clases que no existen en dicha versión. Dichas clases han sido: `LinkedList`, `StringReader` y `StringWriter`.

- `LinkedList` es una implementación de una lista enlazada simple. Aunque tiene la desventaja de que tanto la iteración como el acceso es más lento que un `array`, el volumen de información es suficientemente pequeño para no mostrar una degradación de prestaciones destacable
- `StringReader` es una subclase de `Reader` que permitirá leer el contenido de una cadena de caracteres. Se utiliza para transformar una cadena de caracteres en datos XML que puedan manejarse cómodamente desde Java como un objeto cualquiera.
- `StringWriter` es una subclase de `Writer` que permitirá escribir el contenido de una cadena de caracteres. Se utiliza para transformar el contenido de la clase que maneja los datos XML en una cadena de caracteres.

### 4.6 Limitaciones

En este apartado se comentarán las limitaciones que se encontraron durante el desarrollo de este proyecto.

#### 4.6.1 Memoria del tag

Al comienzo del desarrollo del proyecto se disponían de distintos tipos de tags pero, debido a las limitaciones de la capacidad de la mayoría de ellos (apenas un megabyte), no es posible almacenar gran cantidad de información sobre las asignaturas, solo siendo posible guardar la información básica del profesor y de la asignatura.

#### 4.6.2 Hardware

Uno de los objetivos que se comentó al principio, fue que a la hora de editar, escribir y borrar información se pidiera una contraseña. Esta idea tuvo que ser desechada por las limitaciones del hardware. La intención, era que el móvil accediera a una base de datos (por ejemplo, directorio LDAP de la UPCT) vía WiFi para así, poder comprobar la contraseña, sin embargo, el móvil no contaba con esta tecnología lo cual no permitió llevar a cabo este objetivo. Se propuso otra alternativa para poder acceder a la contraseña, consistía en almacenar la misma en los tags pero aparte de que solo se podía usar el tag de Nokia, este tampoco era lo suficientemente capaz de almacenar dicha clave.

Asimismo, la ausencia de conexión WiFi obliga a que el profesor tenga que introducir de forma manual los datos de profesores y asignaturas, puesto que no es posible acceder al servicio correspondiente (utilizado por el servicio de gestión académica) de la UPCT, alojado en un servidor que contiene toda la información.

#### 4.6.3 Arquitectura

En la siguiente figura se aprecia la arquitectura que hubiera tenido el sistema en caso de que el terminal hubiera dispuesto de conexión WiFi.

Desde el teléfono, el profesor se conectaría vía WiFi al directorio LDAP de la UPCT, donde se autentificaría en la aplicación. Posteriormente, accedería a los datos de la

asignatura mediante el servicio Web correspondiente, e insertaría los datos en el tag de forma automática.

Desde el punto de vista del alumno, puesto que la aplicación es de solo lectura, el cambio en la arquitectura no tiene mayor influencia, salvo que podría ser capaz de acceder directamente por ejemplo al programa de la asignatura en la web de la escuela.

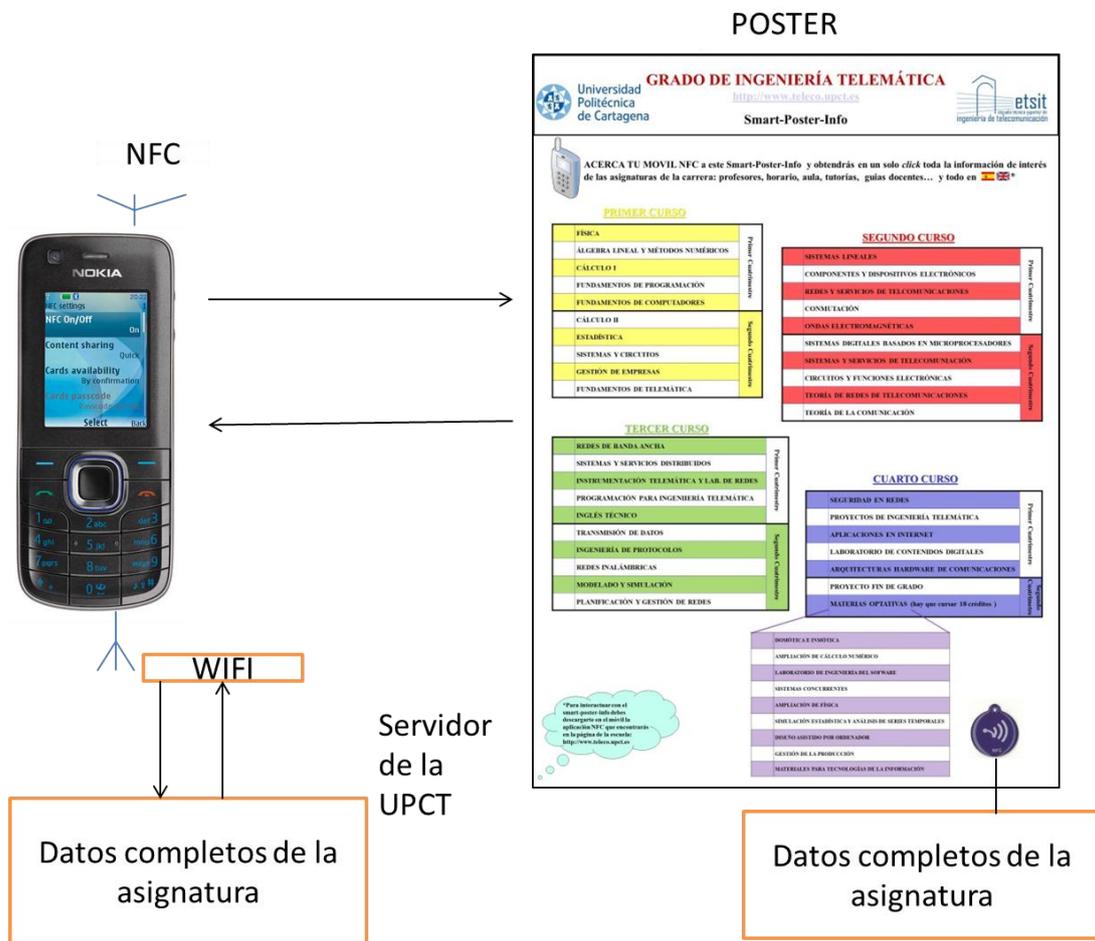


Figura 4-19 Arquitectura del sistema

## Capítulo 5. Conclusiones y líneas futuras

---

### 5.1 Conclusiones

En este proyecto se ha unificado el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles S40 de Nokia con la tecnología NFC, dando como resultado la aplicación “Smart-Info UPCT”, aplicación diseñada con el objetivo de facilitar la información al usuario, permitiendo el intercambio de dicha información con un simple gesto entre la persona y el tag con sus dispositivos NFC.

El trabajo de este proyecto se ha centrado en tres objetivos:

- Estudio de la tecnología NFC, sus características, ventajas y desventajas frente a otras tecnologías y requerimientos.
- Estudio de la integración de la tecnología NFC y S40, bibliotecas, clases, interfaces, métodos, etc. Se ha hecho un estudio con el máximo detalle posible para dar a conocer esta tecnología.
- Desarrollo de la aplicación “Smart-Info UPCT” para dispositivos móviles con S40 de Nokia. El objetivo de la aplicación ha sido el llevar a cabo la lectura, escritura y almacenaje de información a través de NFC.

### 5.2 Líneas futuras

El desarrollo y codificación de aplicaciones es una tarea larga y laboriosa, y una de sus principales características es la continua dedicación a la realización de actualizaciones, corrección de errores o adición de nuevas funcionalidades. Por ello, el futuro de este proyecto y de la aplicación “Smart-Info UPCT” pasa por:

- Integración de nuevas funcionalidades a la aplicación, como conexión a los servidores con los datos de interés.
- Inclusión de políticas de seguridad y cifrado, para por ejemplo autenticar a los usuarios y evitar que un usuario externo modifique la información.
- Desarrollo de nuevas versiones para sistemas operativos móviles más actuales como iOS, Android y Windows Phone.



## Capítulo 6. Bibliografía

---

- NFC Jump Start by Gerald Madlmayr
- Developing Scalable Series 40 Applications: A Guide for Java Developers
- NFC Forum. Especificación técnica disponible on-line en: <http://www.nfc-forum.org/>
- Java Platform Micro Edition  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Java\\_Platform,\\_Micro\\_Edition](http://en.wikipedia.org/wiki/Java_Platform,_Micro_Edition)
- Desarrollo de aplicaciones Nokia <http://developer.nokia.com/>
- Artículo revista de la ETSIT-UPCT: “La tecnología NFC y sus aplicaciones en un entorno universitario”, Autores: Maria Victoria Bueno Delgado, Pablo Pavón Mariño, Alfonso de Gea García.
- Ecma International: Standard ECMA-340, Near Field Communication Interface and Protocol (NFCIP-1), December 2004, URL: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-340.htm>.