

PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES DE RED

PROTOCOLOS DE INTERNET
CLIENTE-SERVIDOR



Programación de aplicaciones de red. Protocolos de Internet cliente-servidor

© Juan Carlos Cuevas Martínez

© **De la edición: PUBLICACIONES ALTARIA, S.L.**

Se ha puesto el máximo interés en ofrecer al lector una información completa y precisa. No obstante, PUBLICACIONES ALTARIA, S.L. no asume ninguna responsabilidad derivada del uso, ni tampoco por cualquier violación de patentes y otros derechos de terceros que pudieran ocurrir mientras este libro esté destinado a la utilización de aficionados o a la enseñanza. Las marcas o nombres mencionados son únicamente a título informativo y son propiedad de sus registros legales.

Reservados todos los derechos.

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, registrada en sistema de almacenamiento o transmitida de ninguna forma ni por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro. Queda también prohibida la distribución, alquiler, traducción o exportación sin la autorización previa y por escrito de PUBLICACIONES ALTARIA, S.L.

ISBN: 978-84-945386-3-6

Depósito legal: T 1474-2016

Revisado por: Sonia Vives y Anna Simón

Ilustración cubierta: Ana López Caro

Impreso en España - Printed in Spain

Editado por:

PUBLICACIONES ALTARIA, S.L.

C/ Enric d'Ossó, 2

43005 -Tarragona

email: info@altariaeditorial.com

CONSULTE NUESTRO CATÁLOGO POR INTERNET:

<http://www.altariaeditorial.com>

Podrá estar al corriente de todas las novedades.

A mi padre.

Índice general

¿A quién va dirigido este libro?	11
Convenciones generales	11
Motivación.....	12

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN INTERNET 15

Capítulo 1

Protocolos de transporte en Internet 17

1.1 Introducción	17
1.2 Modelo de referencia OSI.....	19
1.2.1 Descripción del modelo de referencia OSI	19
1.2.2 Crítica al modelo	26
1.3 El modelo de referencia TCP/IP	27
1.3.1 Crítica al modelo	32
1.4 Organismos de interés	33
1.5 Documentos de referencia, las RFC	35
1.6 Características generales de los protocolos de transporte	37
1.6.1 Servicios	38
1.6.2 Direccionamiento en IP.....	39
1.6.2.1 Redes privadas.....	42
1.6.2.2 Aprovechamiento de direcciones de red: <i>subnetting</i> y <i>supernetting</i>	43
1.6.2.3 Direcciones IPv6	44
1.6.3 Direccionamiento en el nivel de transporte.....	47
1.6.4 Formato y envío de segmentos	49
1.6.5 Consideraciones sobre la calidad de servicio (QoS).....	51
1.7 Protocolo de datagrama de usuario (UDP)	54
1.7.1 Características principales.....	54
1.7.2 Ventajas e inconvenientes	56
1.7.3 Protocolos que emplean UDP	58
1.8 Protocolo de control de transmisión (TCP).....	58
1.8.1 Evolución de TCP	59
1.8.2 Servicios ofrecidos por TCP	60
1.8.3 Características principales.....	61
1.8.3.1 Algoritmo de Nagle.....	67
1.8.4 Funcionamiento de TCP	67
1.8.5 Ventajas e inconvenientes	70
1.8.6 Configuración de TCP	73
1.8.6.1 Comprobación de estado de la capa de transporte: <i>netstat</i>	74

1.8.7	Protocolos que emplean TCP	75
1.9	Otros protocolos de transporte	76
1.9.1	Características del tráfico de tiempo real	78
1.9.1.1	Contenidos multimedia en vivo y bajo demanda	78
1.9.1.2	Información de señalización	80
1.9.2	Protocolo RTP y RTCP	80
1.9.3	Protocolo SCTP	82
1.9.3.1	Limitaciones de TCP	84
1.9.3.2	Limitaciones de UDP	84
1.9.3.3	Servicios proporcionados y características principales de SCTP	85
1.9.3.4	Envío de datos	87
1.9.3.5	Funcionalidad y aplicación de SCTP	87
1.9.4	Protocolo DCCP	89
	Relación de cuestiones y ejercicios	90
	Bibliografía	92

PRINCIPIOS DE LAS APLICACIONES DE RED..... 99

Capítulo 2

Introducción a las aplicaciones de red..... 101

2.1	Introducción	101
2.2	Paradigma cliente-servidor.....	102
2.3	Paradigma <i>peer-to-peer</i>	103
2.4	Servicios basados en <i>polling</i>	105
2.5	Servidores <i>proxy</i>	105
2.6	Servicios de red.....	107
2.7	Aspectos generales sobre la programación de aplicaciones de red.....	111

Capítulo 3

Protocolos de aplicación..... 113

3.1	Introducción	113
3.2	Necesidad.....	114
3.3	Características generales.....	115
3.3.1	Resumen de la notación ABNF.....	118
3.3.1.1	Definición de reglas	119
3.3.1.2	Valores terminales	119
3.3.1.3	Operadores	120
3.3.1.4	Precedencia de operadores.....	122
3.4	Especificación.....	122

3.5	Protocolos de aplicación de Internet	123
3.5.1	Correo electrónico	124
3.5.2	Almacenamiento remoto de ficheros	126
3.5.3	Servicio web, el protocolo HTTP	127
3.5.3.1	Direccionamiento	128
3.5.3.2	Formato de mensajes	131
3.5.3.3	Métodos HTTP	133
3.5.3.4	Evolución de las aplicaciones y servicios web sobre HTTP	134
3.6	Características típicas de los protocolos de los servicios más comunes en Internet	136
3.6.1	Pregunta-respuesta	136
3.6.2	Mensajes asíncronos	139
3.6.3	Codificación de los mensajes	139
3.6.4	Control de sesiones	142
3.6.5	Seguridad	144

Capítulo 4

Primitivas *socket* 149

4.1	Introducción	149
4.2	Primitivas <i>socket</i> para TCP	150
4.3	Primitivas <i>socket</i> para UDP	152
4.4	Modo bloqueante o no bloqueante	154
4.5	¿Qué API de <i>sockets</i> debo usar?	156
4.6	¿Cómo puedo afrontar el estudio de los <i>sockets</i> ?	157
4.7	Cliente y servidor básicos TCP con <i>sockets</i>	157
4.7.1	Protocolo sencillo de eco con autenticación	158
4.7.2	Parámetros comunes	160
4.7.3	Cliente de eco	161
4.7.3.1	Creación del <i>socket</i>	166
4.7.3.2	Preparación de la conexión	166
4.7.3.3	Envío y recepción de datos	168
4.7.3.4	Inicio del protocolo de aplicación	169
4.7.4	Servidor de eco	170
4.7.4.1	Preparar al servidor para recibir conexiones	174
4.7.4.2	Atender conexiones	175
4.7.4.3	Gestión del servicio	176
4.7.4.4	Formato de mensajes y su recepción	178
4.8	Emplear UDP	180
4.8.1	Protocolo de eco para UDP	181
4.8.2	Cliente de eco UDP	182
4.8.3	Servidor de eco UDP	186

Relación de cuestiones y ejercicios 189

Bibliografía 190

PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES DE RED EN TERMINALES MÓVILES..... 193

Capítulo 5

Aplicaciones socket con java.net..... 195

5.1	Introducción	195
5.2	Cliente de eco sencillo <i>socket</i>	196
5.2.1	Entrada y salida con el <i>socket</i>	201
5.2.2	Control del protocolo de aplicación.....	202
5.2.3	Cerrando la conexión.....	203
5.3	Servidor de eco sencillo	203
5.3.1	Conexiones entrantes.....	205
5.4	Mensajes de protocolos de aplicación.....	
	como clases Java	209
5.4.1	Interfaz básica	210
5.4.2	Ejemplo de formato de mensaje modelado con Java.....	210
5.4.3	Cliente de actualización de coordenadas	216
5.4.4	Servidor de actualización de coordenadas con UDP	217
5.4.5	Mensaje de confirmación asíncrono	219

Capítulo 6

Programación de aplicaciones en terminales móviles 223

6.1	Introducción	223
6.2	Características generales de las aplicaciones móviles ...	224
6.2.1	Acceso a la red	224
6.2.2	Almacenamiento	227
6.2.3	Memoria RAM.....	230
6.2.4	Proceso y uso de microprocesador	231
6.2.5	Consumo de batería	232
6.3	Clientes y servidores en un terminal móvil.....	233
6.3.1	Servicios bajo demanda	233
6.3.1.1	Conexión por petición	234
6.3.1.2	Conexión persistente para peticiones encadenadas	235
6.3.1.3	Conexión por sesión	237
6.3.2	Servicios de mensajería	238
6.3.2.1	Un caso particular: Google Cloud Messaging.....	239
6.3.3	Servicios interactivos en tiempo real	241
6.4	Gestión de sesiones	245
6.4.1	Control de sesiones en HTTP: <i>cookies</i>	247
6.5	¿Sockets o HTTP?	250
6.5.1	Usando <i>sockets</i>	251
6.5.2	¿Cuándo será más apropiado usar el protocolo HTTP?	252
6.5.3	Entorno móvil.....	254
6.6	El futuro, HTTP/2.....	256

Relación de cuestiones y ejercicios	257
Bibliografía.....	258

APLICACIONES DE COMUNICACIÓN EN ANDROID 259

Capítulo 7

Aplicaciones de comunicación con Android 261

7.1 Introducción.....	261
7.2 ¿Qué debo saber de Android?	261
7.3 Android abreviado.....	262
7.4 Componentes de las aplicaciones Android	263
7.5 El ciclo de vida de una actividad	265
7.5.1 Crear una actividad desde otra actividad y cómo intercambiar datos entre ellas.....	268
7.5.2 Cerrando una actividad.....	273
7.5.3 Guardar el estado	275
7.6 Procesos, hebras y tareas.....	278
7.6.1 Ciclo de vida de los procesos	279
7.6.2 Hebras y tareas	281
7.7 Tareas de comunicaciones	283
7.7.1 Tareas asíncronas	285
7.7.2 Hebras de trabajo	291
7.7.3 Un sencillo truco	300
7.7.4 El ciclo de vida, las tareas y las comunicaciones.....	300
7.8 Servicios	302
7.8.1 Servicios iniciados	303
7.8.1.1 Ciclo de vida de un servicio	306
7.8.1.2 Notificaciones.....	307
7.8.1.3 Servicios en primer plano	310
7.8.1.4 IntentService, un servicio simplificado	312
7.8.2 Servicios vinculados	316
7.8.2.1 Creando un servicio vinculado a través de la clase Binder	318

Capítulo 8

Acceso de recursos remotos con HTTP 325

8.1 Introducción.....	325
8.2 Permisos para acceder a las comunicaciones	329
8.3 Gestión de las interfaces de comunicación	330
8.3.1 Detectar cambios en el estado de una conexión.....	332
8.4 Comunicaciones con HTTP: la clase	

URLConnection.....	334
8.4.1 Método GET	340
8.4.2 Método POST.....	342
8.4.3 Autenticación segura	344
8.4.3.1 Autenticación básica de HTTP.....	347
8.4.4 Manejo de <i>cookies</i>	347
8.4.5 Conexiones seguras sobre SSL/TLS: HTTPS.....	350
8.5 El gestor de descargas.....	350
Relación de cuestiones y ejercicios.....	353
Bibliografía.....	354

¿A quién va dirigido este libro?

Existe en la actualidad una gran cantidad de manuales y libros que hablan sobre el diseño, desarrollo e implementación de aplicaciones de comunicaciones para Internet. Muchos de ellos se centran sólo en un lenguaje de programación concreto o en una aplicación como la web. Otros, básicamente, son libros sobre protocolos de comunicaciones que presentan revisiones de las RFC (*Request For Comments*) con objeto de hacerlas más asequibles o con fines didácticos. Algunos, los menos, conectan los protocolos con las aplicaciones o sistemas operativos de los que forman parte, dando una visión mucho más práctica, orientada a los administradores de sistemas que proporcionan servicios de red. En concreto, en esta obra se pretende dar una visión fundada de la programación de aplicaciones de red, extendiendo estos conceptos a su aplicación en la plataforma Android. Por lo tanto, este libro queda claramente encuadrado dentro de la disciplina de la telemática¹.

Los destinatarios principales de este libro serían los estudiantes de titulaciones universitarias en grados de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación, Ingeniería Telemática e Ingeniería Informática (podrían ser destinatarios también otros, como los grados en Ingeniería Industrial o Ingeniería Electrónica en asignaturas de ampliación relacionadas con las TIC). A su vez, como su fin es ser un libro práctico, sin olvidar los fundamentos, estaría también indicado para profesionales que necesiten actualizar sus conocimientos, así como aficionados a la programación de aplicaciones que deseen tener una buena base a la hora de emplear lenguajes de alto nivel, los cuales suelen ocultar, en gran medida, todo lo que subyace (que, por otra parte, es su función).

Convenciones generales

El presente libro está estructurado en cuatro bloques temáticos a lo largo de los cuales se pretende sentar las bases de la programación de aplicaciones de red, y más concretamente para la plataforma Android, desde cómo está estructurada Internet a nivel de transporte de datos hasta la API de programación Android, pasando por los servicios de red más comunes y las características más importantes de las aplicaciones de red. Al final de cada bloque se pueden encontrar una serie de ejercicios para profundizar en los contenidos del tema o ampliar la funcionalidad de los ejemplos vistos. A continuación se describen los capítulos que forman cada bloque temático con algo más de detalle.

¹ Para aquellos que no estén familiarizados con el término, *telemática* proviene de la palabra francesa *télématique*, que significa la unión de las telecomunicaciones y la informática, siendo las principales áreas de esta disciplina el desarrollo de servicios y aplicaciones de red, así como el dimensionado, despliegue y gestión de las redes de ordenadores.

En el primer capítulo se explicará de forma resumida los protocolos empleados en Internet para el transporte de información, ya que son éstos los que marcan el cómo y el porqué de la programación de aplicaciones de red en la actualidad. Por lo tanto, se dará un repaso a los protocolos de transporte empleados hoy en día en Internet, como TCP o UDP, entre otros. Todo esto enfocado desde una perspectiva muy práctica y orientada al propósito final de la programación de aplicaciones de red.

Los capítulos 2, 3 y 4 se centran en las características básicas de las aplicaciones de red y su programación. Estos capítulos se dividen en tres partes: los fundamentos de éstas y sus características fundamentales, los protocolos de comunicación empleados por los servicios más comunes de Internet y sus características, y por último, la programación de aplicaciones, es decir, las primitivas *sockets*, empleadas en la mayoría de plataformas existentes hoy en día. Se mostrarán diversos ejemplos de programación de clientes y servidores de comunicaciones en lenguaje C.

En los capítulos 5 y 6 se sentarán las bases de la programación de aplicaciones de comunicaciones, centrándose en sus características más importantes, y en cómo reflejar éstas en su programación. Se mostrará cómo implementar clientes y servidores con las primitivas *sockets* en Java, comparando su implementación con la vista en los capítulos anteriores.

Por último, en los capítulos 7 y 8 se dan las claves para la programación de aplicaciones de comunicaciones en Android. Para esto, se recuerdan las bases de la programación de aplicaciones en Android que más pueden influir en el flujo de las comunicaciones, así como la programación de tareas en segundo plano y el intercambio de información basado tanto en *sockets* como en HTTP, mostrado todo paso a paso y con ejemplos claros y sencillos.

Junto con el libro se aportan todas las aplicaciones implementadas tanto en C, Java como Android. Además, estos últimos ejemplos sobre Android están recogidos en una sola aplicación funcional que podrá ser ejecutada en casi todos los terminales móviles Android del mercado.

Motivación

El hecho de escribir un libro centrado en la programación de aplicaciones y servicios de red, que incluya la perspectiva de la programación de este tipo de *software* para terminales móviles, viene motivado por el estado actual del mercado de las tecnologías de la información y de la comunicación, además de ser considerado un tema importante por parte del autor. De esta manera, las nuevas tecnologías de acceso a Internet han posibilitado que un usuario, el cual no debe tener conocimientos técnicos de ningún tipo, pueda disponer

de cualquier información en la que esté interesado, así como comunicarse con quien quiera, en cualquier momento y en cualquier lugar. Esto ha sido posible gracias a la explosión del mercado de las tecnologías de telefonía móvil y de los terminales móviles inteligentes, conocidos hoy en día como *smartphones*, que no es más que la unión de la palabra *smart*, "inteligente" en inglés, y *phone*, "teléfono". Bien es cierto que terminales con capacidad de acceder a Internet han estado disponibles desde hace más de una década, pero sus prestaciones e interfaces de usuario, unido al coste del acceso a través de la red móvil, no los hacían atractivos para el gran público. La eclosión de terminales con pantalla táctil, las conocidas PDA (del inglés *Personal Digital Assistant*), que podían ser manejadas con un puntero especial, los avances de empresas como Nokia o Blackberry y la definitiva irrupción de Apple en el mercado de la telefonía móvil con su iPhone, seguida del lanzamiento del sistema operativo Android, han transformado el día a día de las comunicaciones interpersonales. Hoy todo es diferente, y los teléfonos móviles han cambiado nuestras costumbres y hábitos de trabajo y ocio, a la par que han propiciado nuevos y diversos servicios, así como nuevos modelos de negocio. El teléfono móvil se ha convertido en un símbolo más del estatus personal, y aunque los terminales con capacidades impensables para la gran mayoría hace diez años pueden adquirirse por decenas o un par de cientos de euros, los dispositivos de alta gama ocupan gran parte del mercado, lo cual permite que las prestaciones que estos dispositivos ofrecen sean aprovechadas por aplicaciones cada vez más completas y complejas. Todo esto ha sido también posible gracias al desarrollo de nuevas tecnologías de comunicaciones inalámbricas (GPRS, EDGE, UMTS y LTE), las cuales han sido acompañadas de importantes inversiones por parte de las compañías de telecomunicaciones, que, junto a la demanda generada, han permitido que el coste del servicio baje gradualmente año tras año.

Según el informe anual de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de 2015², existen 78,3 suscripciones a banda ancha móvil por cada 100 habitantes (para banda ancha fija el número es de 28,0 líneas por 100 habitantes), suponiendo esto un aumento respecto al año anterior del 16,2 % (las líneas de banda ancha fija sólo crecieron un 6,2 %). El ingreso total de banda ancha móvil creció en 2014 con respecto a 2013 un 9,2 % y con respecto a 2012 un 31,5 %. Bien es cierto que la cantidad de información accedida por acceso móvil dista aún mucho de la cantidad que demandan las líneas fijas (208.521,38 terabytes frente a 6.527.587,93 terabytes); pero los 34,7 millones de suscripciones de banda ancha móvil casi triplican los poco más de 13 millones de las líneas fijas de banda ancha contabilizadas para 2014.

2 Informe anual 2015 disponible en Internet: "http://data.cmmc.es/datagraph/files/anual_2015.zip". Los datos son de 2014.

Estos datos dejan claro que, en volumen de tráfico, las líneas fijas seguirán siendo las principales demandantes de ancho de banda, lo cual es obvio dadas las diferencias entre las prestaciones de los terminales y velocidades de acceso. Sin embargo, se aprecia también que los usuarios están claramente decantados por el acceso a Internet a través del móvil, lo cual ya es una tendencia desde hace unos pocos años, y lo seguirá siendo durante bastante tiempo. Además, el modelo de negocio de las aplicaciones de red está en continua evolución, con los proveedores de *software* como servicio (SAS, del inglés *Software As a Service*), aplicaciones en la nube, la distribución en línea a través de almacenes como iTunes, Google Play, los pagos dentro de aplicación, etc.

Así pues, este escenario actual, en el que los usuarios desean acceder a todos los servicios, que normalmente usaban a través de su PC de sobremesa o portátil, con su terminal móvil, ha obligado, y obliga, a que el diseño y desarrollo de aplicaciones de comunicaciones hayan experimentado una evolución proporcional. Sin embargo, los protocolos de comunicaciones que se usan en la actualidad para dar soporte a estos nuevos servicios y aplicaciones son los mismos que se vienen usando desde hace décadas (algunos, con ciertas modificaciones, desde principios de los años ochenta del siglo XX). Esto, que puede parecer un contrasentido, ha sido en parte un elemento fundamental en el éxito de Internet, ya que la simplicidad, versatilidad y robustez de estos protocolos ha permitido que la experiencia acumulada en el desarrollo de aplicaciones y servicios en más de treinta años permita la complejidad en los servicios y aplicaciones actuales.

Por eso, en este libro se propone abordar el desarrollo de aplicaciones de comunicaciones tanto para terminales móviles como para los de sobremesa, partiendo del estudio de los protocolos de transporte más importantes. De esta manera, se pretende sentar las bases para que el lector pueda tener en cuenta algunos principios básicos a la hora de plantearse desarrollar, modificar, actualizar o analizar una aplicación o servicio de red.