



UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA
EN INFORMÁTICA

PROYECTO FIN DE CARRERA
ESTUDIO Y MODELADO DEL TRÁFICO GENERADO
POR LOS JUEGOS EN RED

M^a Cruz Cañaveras Tribaldos

Diciembre, 2005



UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Departamento de Sistemas Informáticos

PROYECTO FIN DE CARRERA
ESTUDIO Y MODELADO DEL TRÁFICO GENERADO
POR LOS JUEGOS EN RED

Autor: M^a Cruz Cañaveras Tribaldos

Directores: José Luis Sánchez García

Francisco José Alfaro Cortés

Diciembre, 2005

Reunido en la fecha el Tribunal evaluador, que más abajo se cita, del Proyecto Fin de Carrera titulado:

Estudio y modelado del tráfico generado por los juegos en red

presentado por D/D^a

M^a Cruz Cañaveras Tribaldos

y siendo su/s tutor/es

José Luis Sánchez García y Francisco José Alfaro Cortés

se otorga la calificación de _____

Y para que así conste, se firma la presente acta en

Albacete a de de 20.....

PRESIDENTE: _____

SECRETARIO: _____

VOCAL: _____

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

*A mi madre y a mi padre, por apoyarme
en todo momento.*

A mi familia por saber escucharme.

*A mis compañeros y amigos, por ser
fuente incesante de ánimo.*

A Joaquín por su ayuda y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

En este punto de mi vida y en este momento concreto debo agradecer a mucha gente el haber llegado hasta aquí. Por ello, debo comenzar dando las gracias de una forma general a todas esas personas que me conocen y que me han ayudado a que este Proyecto Fin de Carrera sea ahora una realidad.

A mi madre que ha estado a mi lado aconsejándome desde su experiencia y a mi padre porque siempre tiene la respuesta a cualquier problema, ambos han sido ejemplares conmigo. También quiero agradecerles a mis familiares, especialmente a mis hermanos y mis sobrinos, Daniel y Oscar, el haber estado ahí. Gracias por todo, sois geniales.

No puedo dejar de dar las gracias a mis tutores José Luis Sánchez y Francisco José Alfaro, porque siempre han tenido un momento para mí, no solo durante el proyecto sino durante toda la carrera. Gracias por ayudarme a tomar las decisiones oportunas y haberme hecho las indicaciones y correcciones en el momento adecuado. Me habéis enseñado mucho estos últimos meses. Especialmente debo mencionar a dos profesores que me han ayudado en el desarrollo de este proyecto Mario Plaza Delgado y Francisco José Vigo Bustos. Muchos otros profesores de esta escuela han contribuido a mi desarrollo, no solo intelectual sino también personal. Gracias a todos por la paciencia que habéis tenido conmigo, me llevo muchos amigos de esta Escuela.

Mis compañeros y amigos han sido un impulso y una ayuda que nunca podré olvidar. Gracias a toda la gente que me ha ayudado en la realización del proyecto, a Amparo, Rosa, Sole, Vanesa... y a mis compañeros del I3A, especialmente a los componentes de los grupos RAAP, SIDIS y LOUISE, que no han dudado en dejar sus tareas para resolver mis problemas.

También tengo que agradecer el apoyo que me ha prestado la gente que he conocido estos últimos años, a mis amigas: Bea, Gema, Roslía, M^a Angeles, Inma, Marisa,...Igualmente quiero mencionar a mis compañeros de la Banda de Música, con ellos he pasado momentos inolvidables.

Gracias Joaquín por tu comprensión y cariño, y por todos estos años de incesante ayuda, no cambies nunca.

Gracias a todos. Espero, algún día, poder recompensar vuestros esfuerzos y hacer que os sintáis orgullosos de mí.

RESUMEN

Los juegos en red han tenido un gran incremento de usuarios en los últimos años y son uno de los elementos de entretenimiento con mayor proyección en el futuro más inmediato. La disponibilidad de equipos informáticos cada vez más potentes, y la mayor y mejor accesibilidad a Internet son algunas de las razones que han contribuido a ese importante crecimiento.

Como consecuencia, un porcentaje ya significativo del tráfico que circula por la red es debido a este tipo de aplicaciones. Esta es la principal razón por la que últimamente se está prestando cada vez más atención a los juegos en red desde la comunidad que se dedica a las redes de interconexión, con el propósito de analizar el tráfico que genera y modelar su comportamiento. Además, por supuesto, también está el interés propiamente comercial de las empresas que los producen.

Este Proyecto Fin de Carrera se centra en conocer algo mejor el tráfico generado por los juegos en la red, ya que las características de este tipo de tráfico no han sido muy estudiadas. Para ello, se ha de realizar un estudio de los usuarios de este tipo de juegos, ver las diferencias en el comportamiento de los jugadores y estudiar las características que influyen en este tipo de aplicaciones.

El trabajo desarrollado en este proyecto ha consistido, en analizar y modelar el tráfico generado por algunos de los juegos más populares que existen actualmente en el mercado. En concreto, el análisis se ha centrado en el tamaño de los paquetes que generan este tipo de juegos y en la tasa de generación de los mismos. Para ello se ha utilizado, principalmente, tráfico obtenido de una de las ya muchas concentraciones nacionales de internautas, en las que es habitual encontrar entre las actividades programadas, competiciones de juegos en red. El fin último del proyecto es obtener, partiendo de los datos obtenidos del análisis y el modelado, un simulador del tráfico generado para alguno de los juegos que permita comparar el análisis.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN	1
2	OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	5
3	ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	7
3.1	INTRODUCCIÓN	7
3.2	ANALIZADORES DE PAQUETES (PACKET SNIFFERS).....	13
3.2.1	Requisitos de los analizadores de paquetes	13
3.2.2	Estudio de los analizadores de paquetes	14
3.2.2.1	Tcpdump/Windump	14
3.2.2.2	Ethereal	15
3.2.2.3	Commview	16
3.2.2.4	SpyNet	16
3.2.2.5	Iris Network Traffic Analyzer	17
3.2.2.6	Etherpeek	18
3.2.2.7	Agilent Advisor.....	18
3.3	JUEGOS	19
3.3.1	Historia de los videojuegos.....	20
3.3.2	Clasificación de los juegos.....	22
3.3.2.1	Arcades	22
3.3.2.2	Juegos de mesa.....	23
3.3.2.3	Juegos de estrategia/acción.....	23
3.3.2.4	Juegos de simulación	24
3.3.3	Juegos en red.....	25
3.3.3.1	Clasificación de juegos en red	26
3.3.3.2	Arquitectura de los juegos en red	28
3.4	TRABAJOS REALIZADOS	30
4	ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL TRÁFICO	33
4.1	SELECCIÓN DEL ANALIZADOR DE PAQUETES	33
4.2	SELECCIÓN DE LOS JUEGOS	34
4.2.1	Quake III Arena	35
4.2.2	Counter Strike	37
4.2.3	Unreal Tournament 2004	39
4.2.4	Warcraft III The Frozen Throne	41
4.3	SELECCIÓN DEL LUGAR DONDE CAPTURAR EL TRÁFICO	43
4.3.1	El evento MurciaLanParty	44
4.3.2	Torneos.....	45
4.3.2.1	Counter Strike	45
4.3.2.2	Quake III Arena	46
4.3.2.3	Unreal Tournament	46
4.3.2.4	Warcraft	46
4.4	HERRAMIENTAS DESARROLLADAS.....	47
4.4.1	AWKs desarrollados	48
4.4.2	Resultados de los AWKs	50

4.5	ANÁLISIS DEL TRÁFICO.....	50
4.5.1	Comportamiento de los jugadores.....	51
4.5.2	Partidas por juego.....	55
4.5.3	Paquetes por partida	58
4.5.4	Duración de las partidas	61
4.5.5	Tamaño de los paquetes	64
4.5.6	Distribución de los jugadores a lo largo del tiempo	68
4.5.7	Distribución de jugadores a lo largo del tiempo	70
4.5.8	Resumen.....	71
5	MODELADO DEL TRÁFICO DE JUEGOS EN RED.....	73
5.1	ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA PARTIDA CONTROLADA DEL QUAKE 3	
	ARENA	74
5.1.1	Tiempo entre llegada de paquetes.....	74
5.1.2	Tamaño de los paquetes	77
5.2	SELECCIÓN DEL PROGRAMA ESTADÍSTICO	79
5.2.1	Programa estadístico SPSS	79
5.3	SIMULACIÓN DEL TRÁFICO GENERADO POR LOS JUGADORES.....	80
5.3.1	Selección de las muestras.....	80
5.3.1.1	Tamaños de los paquetes.....	81
5.3.1.2	Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos.....	83
5.3.2	Análisis de las muestras e identificación de las funciones de distribución	86
5.3.2.1	Tamaño de los paquetes	87
5.3.2.2	Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos.....	88
5.4	SIMULACIÓN DEL TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR	90
5.4.1	Selección de las muestras.....	91
5.4.1.1	Tamaño de los paquetes	91
5.4.1.2	Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos.....	93
5.4.2	Análisis de las muestras e identificación de las funciones de distribución	97
5.4.2.1	Tamaños de los paquetes.....	97
5.4.2.2	Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos.....	99
5.5	SIMULADOR	101
5.5.1	Módulo de jugadores.....	102
5.5.2	Módulo del servidor	105
5.6	VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN	106
5.6.1	Tiempo entre llegada de paquetes	107
5.6.2	Tamaño de los paquetes	109
5.6.3	Estudio de los datos estadísticos	110
5.6.3.1	Estudio para los jugadores	110
5.6.3.2	Estudio para el servidor.....	114

6	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	119
6.1	CONCLUSIONES.....	119
6.2	TRABAJO FUTURO	121
	ANEXOS	123
	ANEXO 1.....	123
	ANEXO 2.....	124
	REFERENCIAS	125
	REFERENCIAS WEB.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Consumo de videojuegos en España en 2004 [ADE05b].....	11
Figura 3.2 Vista de la ventana principal del analizador Ethereal.	15
Figura 3.3 Vista de la ventana principal del analizador Iris Network Traffic Analyzer.....	17
Figura 3.4 Vista de la ventana principal del analizador Etherpeek.	18
Figura 3.5 Vista de la ventana principal del analizador Agilent Advisor.....	19
Figura 3.6 Aspectos más valorados de un videojuego.....	20
Figura 4.1 Arquitectura de software para un analizador de protocolo en Linux	34
Figura 4.2 Carátula del juego Quake.	35
Figura 4.3 Carátula del juego Counter Strike.	37
Figura 4.4 Carátula del juego Unreal Tournament 2004.	39
Figura 4.5 Carátula del juego Warcraft III.	41
Figura 4.6 Gráfica de tiempo entre paquetes.	51
Figura 4.7 Comportamiento de los jugadores en general para todos los juegos.....	53
Figura 4.8 Partidas estimadas por tiempos para cada uno de los juegos.	56
Figura 4.9 Paquetes estimados por tiempos para cada uno de los juegos.....	59
Figura 4.10 Duración de partidas estimada por tiempo.	62
Figura 4.11 Número de paquetes por tamaño en escala lineal.....	65
Figura 4.12 Número de paquetes por tamaño en escala logarítmica.	65
Figura 4.13 Número de paquetes para el Unreal y el Warcraft en escala logarítmica.....	67
Figura 4.14 Jugadores en cada hora donde se capturó el tráfico desde las 9h del día 13 hasta las 10h del día siguiente.....	68
Figura 4.15 Distribución de jugadores a lo largo de 24 horas de captura del tráfico.	70
Figura 5.1 Comportamiento de los jugadores en la partida controlada del Quake 3 Arena.....	75
Figura 5.2 Comportamiento de los jugadores del Quake 3 Arena en la partida LAN Party.	76
Figura 5.3 Número de paquetes por tamaño en escala logarítmica para la partida controlada.....	78
Figura 5.4 Vista principal del programa SPSS.	80
Figura 5.5 Tamaños de paquetes para las muestras.	82
Figura 5.6 Gráficas de diferencia de tiempo de llegada de paquetes.....	85
Figura 5.7 Dispersión simple entre tamaños y diferencia de tiempo entre paquetes.....	86
Figura 5.8 Histograma y diagrama de barras de los tamaños de paquetes enviados por los jugadores.....	87
Figura 5.9 Histograma y diagrama de barras de los tiempos entre paquetes enviados por los jugadores.....	89
Figura 5.10 Forma de una distribución exponencial.....	90
Figura 5.11 Gráficas de frecuencias de tamaños de paquetes.....	93
Figura 5.12 Gráficas de diferencia de tiempo de llegada de paquetes.....	95
Figura 5.13 Gráfica de dispersión simple entre tamaños y diferencia de tiempo entre paquetes.	96
Figura 5.14 Histograma y diagrama de barras de los tamaños de paquetes enviados por el servidor.	97
Figura 5.15 Forma de una distribución Gamma.	98
Figura 5.16 Histograma y diagrama de barras de los tiempos entre paquetes enviados por el servidor.	99
Figura 5.17 Histograma y diagrama de barras de los tiempos entre paquetes enviados por el servidor considerando intervalos.	100
Figura 5.18 Envío de paquetes por parte de los distintos jugadores.....	103

Figura 5.19 Comportamiento de los jugadores en la partida simulada del Quake 3 Arena.	108
Figura 5.20 Número de paquetes por tamaño en escala logarítmica.	110
Figura 5.21 Histogramas y diagrama de barras de los tamaños de paquetes.	112
Figura 5.22 Gráficas de diferencia de tiempo entre llegadas de paquetes.	113
Figura 5.23 Histogramas y Gráficas de barras de los tamaños de paquetes servidor.	115
Figura 5.24 Gráficas de diferencia de tiempo de llegada de paquetes.	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Cuantificación de los jugadores sobre el total de la población.....	10
Tabla 3.2 LAN <i>Parties</i> españolas.....	12
Tabla 4.1 Tamaños de paquete mínimo y máximo para cada uno de los juegos.....	66
Tabla 5.1 Media y desviación típica de los tamaños de los paquetes para varias muestras y jugadores.....	81
Tabla 5.2 Distribución de diferencia de tiempos entre paquetes.....	84
Tabla 5.3 Datos estadísticos de los tamaños de paquetes para los jugadores.....	88
Tabla 5.4 Datos estadísticos de los tiempos entre envíos de paquetes para los jugadores.....	89
Tabla 5.5 Distribución de tamaños de paquetes.....	92
Tabla 5.6 Distribución de diferencia de tiempos entre paquetes enviados desde el servidor.....	94
Tabla 5.7 Datos estadísticos de los tamaños de paquetes para el servidor.....	98
Tabla 5.8 Datos estadísticos de los tiempos de paquetes enviados por el Servidor.....	100
Tabla 5.9 Distribución de tamaños de paquetes.....	111
Tabla 5.10 Distribución de la diferencia de tiempos entre paquetes.....	113
Tabla 5.11 Distribución de tamaños de paquetes.....	114
Tabla 5.12 Distribución de diferencia de tiempos entre paquetes servidor.....	116
Tabla Anexo 1.1 Frecuencias de distribución de tamaños de paquetes para los jugadores.....	123
Tabla Anexo 2.1 Frecuencias de distribución de tiempos entre paquetes para el servidor.....	124

1 INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

En la última década se ha producido un incremento espectacular en la variedad de dispositivos de computación así como en el número de los usuarios de esos dispositivos. Además de las tradicionales estaciones de trabajo, computadores de sobremesa y portátiles, nuevos dispositivos como PCs de bolsillo, PDAs y teléfonos móviles con capacidades multimedia se utilizan hoy en día masivamente, incluso por los niños. Por otra parte, la conectividad también ha mejorado de una forma importante. El módem tradicional conectado a la línea telefónica se ha sustituido por dispositivos cableados que ofrecen mayor ancho de banda y hay ya disponibles conexiones inalámbricas en palacios de congresos, aeropuertos, etc. Sin duda, algunas de las razones principales del amplio uso de todos estos dispositivos son su disponibilidad, potencia y disminución de su precio. Por otra parte también ha tenido mucha influencia en este rápido incremento la cantidad de información y servicios disponibles a través de Internet.

Si importantes han sido los cambios en el hardware y las comunicaciones, no lo han sido menos en las aplicaciones. Las condiciones proporcionadas por los actuales dispositivos de computación y comunicaciones permiten ahora el uso de aplicaciones con características y requisitos muy distintos a los de sus predecesoras. Videoconferencias, comercio electrónico, vídeo bajo demanda o transmisión de imágenes médicas son algunas de las aplicaciones ampliamente utilizadas en la actualidad. En su mayoría, estas aplicaciones implican el uso de redes de altas prestaciones, y de la propia Internet.

Muchas de estas aplicaciones tienen un alto grado de interactividad, bien entre el usuario y la aplicación, o bien entre dos o más usuarios. Un ejemplo del segundo caso son los juegos con múltiples jugadores. En estos juegos los participantes compiten en demostrar su habilidad, bien participando conjuntamente para alcanzar un objetivo común o bien enfrentándose directamente en diferentes grupos o individualmente. Los participantes juegan juntos a través de una red, bien local o Internet. Estos juegos multijugador son conocidos también como juegos en red u *on-line*.

Hay básicamente dos tipos de juegos *on-line*: unos accesibles a través de Internet de un modo gratuito, y para los que no es necesario disponer de ningún tipo de software, y otros que se corresponden con aquellos videojuegos (ya sean de PC o de videoconsola), que han sido desarrollados para jugar de forma *on-line*, previa compra de una copia del videojuego. Los primeros son desarrollados en un menor espacio de tiempo y suelen ser distribuidos de forma gratuita o tienen como fin promocionar alguna página Web, película o empresa. Los portales que se dedican a ofrecer estos pequeños juegos obtienen sus beneficios principalmente de los anunciantes que deciden publicitarse en su página. Los

segundos son los que constituyen el verdadero futuro del sector. Estos videojuegos, en general, han sido programados para que obtengan su máximo aprovechamiento al jugar a través de la red. Los beneficios que reportan estos juegos a las empresas se deben fundamentalmente a las cuotas que se deben abonar por suscripción. En la actualidad, muchos videojuegos ofrecen al usuario la posibilidad de disputar partidas multijugador a través de Internet como complemento al núcleo principal del videojuego: campañas, misiones o historias de un solo jugador. En la mayoría de los casos, el usuario sólo tiene que pagar la copia de su videojuego y después puede disfrutar de este servicio *on-line* de manera gratuita.

Sin embargo, y a pesar de los importantes avances en computación y comunicaciones indicados anteriormente, todavía en muchos casos los juegos *on-line* acaban siendo inaccesibles para muchos usuarios de Internet debido a que la velocidad de respuesta en los juegos es muy lenta por el bajo ancho de banda del que disponen, las caídas de los servidores, etc. Además, como es habitual, las mejoras de velocidad de acceso a la red se ven superadas por los requisitos de los juegos más modernos, por lo que este tipo de juegos no permite disfrutar plenamente del desarrollo de los mismos. Por eso, pese a las posibilidades que ofrece Internet, resulta más agradable jugar en una red local ya que mitiga este tipo de problemas. En esta línea, se ofrece a los usuarios de estos juegos una doble alternativa: por un lado se han creado centros de ocio que disponen de ordenadores en red, con redes locales de alta velocidad, y de los juegos más populares. Estos centros se constituyen como los puntos físicos de reunión de las comunidades virtuales de la red. Por otro lado, se realizan reuniones de corta duración a las que los jugadores llevan sus propios ordenadores. A estas reuniones puede acudir un número reducido de amigos, o por el contrario, y de manera organizada, cientos o miles de jugadores. Este último es el caso de las *LAN Parties*, cada vez más numerosas y con mayor número de participantes.

Bien a través de Internet, o sin hacer un uso intensivo y exclusivo de ella, lo cierto es que el mundo de los juegos *on-line* en particular, y el de los videojuegos en general, se está convirtiendo en una de las aplicaciones más utilizadas en los sistemas basados en red. Actualmente, el de los juegos *on-line* es un mercado que mueve cerca de 200 millones de euros en toda Europa. Además, según algunas estimaciones, a partir de 2007 será el mercado de contenidos *on-line* que más dinero mueva [Alo05]. La previsión para 2008 es que este mercado supere los 600 millones de euros de facturación tan sólo en el mercado europeo. Más de 9 millones de usuarios en todo el mundo están suscritos a algún videojuego que desarrolla la parte principal de su acción en Internet. Hay juegos, como Lineage en su primera parte, que alcanzó los tres millones de suscriptores, y actualmente, World of Warcraft ha superado ampliamente el millón de suscriptores en un año de vida. Juegos como Everquest, de Sony, reúne a más de 400.000 usuarios de forma regular, cada uno jugando una media de 20 horas a la semana [Alo05].

Estas cifras, y otras similares que podrían incluirse también aquí, indican que estas aplicaciones, además de tener un gran interés actualmente, están contribuyendo de una forma importante al tráfico que diariamente se produce por la red, Internet y/o aquellas de ámbito más reducido. Recientes estudios sobre análisis de tráfico en Internet indican, por ejemplo, que entre un 3% y un 5% del tráfico de los grandes *backbones* es atribuible a seis de los más populares juegos *on-line* [Fär02]. Es por ello que desde la comunidad científica, desde la propia industria de las comunicaciones o desde las empresas proveedoras de servicios a través de Internet, se está prestando cada vez mayor atención al análisis del tráfico generado por este tipo de aplicaciones. Hay que tener en cuenta, por ejemplo, que la red se convierte, obviamente, en un elemento fundamental para este tipo de aplicaciones. De ahí que se esté trabajando para ofrecer mejores prestaciones tanto a nivel de componentes como de protocolos.

Para elaborar esas propuestas se trabaja tanto en entornos reales en los que se dispone de redes y aplicaciones con las que realizar las correspondientes pruebas, como en entornos simulados. En estos últimos, sobre todo, es útil disponer de programas que simulen el comportamiento de las aplicaciones en la red, es decir, que sean capaces de reproducir el tráfico que las aplicaciones reales generarían durante su uso. Hasta hace muy poco tiempo, entre las aplicaciones simuladas no se encontraban los juegos en red. Pero vista la importante contribución que tienen en la carga soportada por la red, se están comenzando a incluir como parte de la carga de trabajo proporcionada a plataformas reales o simuladores.

Hasta ahora no son muchos los trabajos que se han realizado en la línea de trabajo de este proyecto. Las cargas que se utilizan en estudios sobre redes de altas prestaciones suelen ser o bien aquellas procedentes de aplicaciones Web y/o aplicaciones distribuidas, o simplemente algún tipo de carga sintética. Si además se pretenden obtener modelos que se ajusten a este tipo de tráfico las referencias encontradas son todavía más escasas.

Todas estas cuestiones, es decir, el amplio interés y uso de los juegos en red, su más que significativa contribución al tráfico que circula por la red y la ausencia de modelos que simulen el comportamiento de este tipo de aplicaciones en la red, han sido las que han motivado la realización de este proyecto fin de carrera. Y el objetivo, básicamente, es analizar el tráfico en la red generado por varios juegos y, para uno de ellos, desarrollar un modelo que simule el tráfico que genera.

El resto del proyecto se estructura de la siguiente forma: en el capítulo 2 se presenta el objetivo principal del proyecto y se indica la metodología utilizada para alcanzarlo; en el capítulo 3 se hace una revisión del estado del arte de los juegos en general, y de los juegos en red en particular; el análisis del tráfico se presenta en el capítulo 4 y se continuará en el

capítulo 5 en el que se presentará también el modelo obtenido para reproducir ese tráfico y el simulador obtenido. Finalmente, en el capítulo 6 se incluyen las conclusiones del trabajo realizado y tareas propuestas como trabajo futuro.

2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Como se ha indicado en la parte final del capítulo 1, el objetivo principal de este proyecto fin de carrera es analizar las características del tráfico generado en la red por varios de los juegos *on-line* más populares en la actualidad, y desarrollar un modelo basado en los datos obtenidos que permita reproducir de una manera fiel ese tráfico. Ese modelo podrá utilizarse en plataformas reales o en simuladores como carga realista para el desarrollo de diversos estudios sin la necesidad de desarrollar partidas reales de los juegos correspondientes, o de aquellos otros de comportamiento similar.

Para alcanzar este objetivo global se han seguido una serie de pasos, que constituyen la metodología finalmente utilizada, y que son los siguientes:

- **Selección de una herramienta para la captura del tráfico:** se usará para obtener el tráfico que se utilizará para realizar el estudio. Esta herramienta llamada *Packet sniffer* captura los paquetes de datos que circulan por la tarjeta de red.
- **Elección de los juegos y del origen de los mismos:** se seleccionarán varios juegos representativos del conjunto de los existentes, y se determinará la forma de obtener el tráfico generado por ellos.
- **Captura del tráfico:** una vez que se tiene la herramienta y el acceso a diversas partidas de los juegos seleccionados se ha de obtener la muestra de tráfico para analizarla.
- **Desarrollo de herramientas para el tratamiento del tráfico:** dadas las capturas de tráfico obtenidas se deben realizar los programas necesarios para extraer los datos que se consideren interesantes para el estudio.
- **Análisis del tráfico:** una vez que se dispone de las herramientas para obtener los datos llega el momento de realizar un análisis más detallado de los mismos.
- **Desarrollo de un modelo estadístico:** una vez realizado el análisis del tráfico se intentará ajustar los datos obtenidos a un modelo estadístico, el cual puede aportar información y facilitar el trabajo a la hora de obtener el módulo de simulación.

- **Desarrollo de los módulos de simulación:** con los resultados de los análisis del tráfico realizados se han de construir módulos que permitan simular las características fundamentales de dicho tráfico y con ello poder reproducirlo de la manera más fiel posible.
- **Estudio de la idoneidad del modelo:** finalmente se realizarán pruebas para medir la precisión de los modelos desarrollados, comparando el tráfico generado por ellos con el tráfico real capturado.

Una vez completados con éxito los pasos anteriormente expuestos se tendrán disponibles varios módulos que permitirán simular el comportamiento de alguno de los juegos en red más utilizados actualmente. Estos módulos podrán ser usados para simular cargas reales en múltiples estudios que se realizan hoy en día, o puedan realizarse en un futuro.

3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

3.1 Introducción

Durante los últimos veinte años se ha acentuado la afinidad entre el entretenimiento, la electrónica y las comunicaciones. Para ello ha sido necesario desarrollar nuevas aplicaciones para aprovechar al máximo las prestaciones del hardware actual. El software actual dista mucho de las primeras aplicaciones que se desarrollaron para las consolas o los primeros computadores. Hoy en día están muy de moda las aplicaciones en tiempo real, tales como: chat, videoconferencia, transmisión de vídeo bajo demanda, teléfono, juegos *on-line* o radio por Internet. Estas aplicaciones que son clasificadas como aplicaciones en tiempo real, implican el uso de redes de altas prestaciones, y de la propia Internet.

En la actualidad, los juegos han alcanzado una posición de notabilidad social que los ha posicionado como uno de los elementos clave de la cultura de las masas de nuestro tiempo y una forma de ocio capaz de competir en el universo del entretenimiento con algunos clásicos tales como la televisión y el cine. Desde que apareció el PC ha ido escalando niveles en el ámbito del ocio de una forma imparable, mientras que ha creado un mercado de entretenimiento al que se augura un futuro muy positivo.

En un principio se comenzó con los juegos para PC y videojuegos. Poco después aparecieron los juegos *on-line*, que son los que siguen triunfando actualmente y sobre los que se está investigando. El presente y futuro de este sector parece que está centrado en partidas multijugador a través de la red y en el entretenimiento interactivo.

Hasta el principio de este siglo, los juegos basaban su estrategia en inteligencia artificial, cuyo objetivo era enfrentar un hombre con una máquina que emulaba sus reacciones. El incremento en el uso de Internet en la segunda mitad de los noventa supuso un punto de inflexión en la historia del videojuego, ya que un usuario se podía batir contra otro de su misma categoría sin importar la distancia a la que se encontraban. De esta forma las compañías productoras han visto la posibilidad de hacer grandes negocios ofertando juegos multijugador a través de la red.

Por otra parte, se espera la expansión de la banda ancha para que se puedan cumplir las expectativas de crear un amplio mercado dedicado exclusivamente a la inversión y mejora de los juegos en red. En ese momento se incrementará la variedad de juegos *on-line* ya que el 80% de los principales productores de hardware y software para juegos esperan

que haya un número suficiente de consolas conectadas por banda ancha para lanzar sus propias plataformas.

Según las previsiones, hacia el año que viene habrá 115 millones de jugadores *on-line* en Europa y Norteamérica generando un volumen de 6.000 millones de euros. Y se calcula que para el final de la década habrá 228 millones de hogares conectados a la banda ancha, sólo en Europa y Norteamérica [And02].

Para los proveedores del servicio los alicientes financieros de los juegos *on-line* se basan principalmente en el *stickness* (tiempo que los usuarios pasan conectados) de los sitios de juegos en red, ya que éste puede ser muy elevado.

En cuanto al modelo de comercialización, normalmente el sistema que emplean los distribuidores de videojuegos *on-line* consiste en vender el juego dentro de la caja y luego cobrar una cuota que puede ser mensual, trimestral o anual para poder enfrentarse e interactuar con otros usuarios. Con este modelo han triunfado sobre todo los juegos de rol, siendo el más conocido el “EverQuest” de Sony o “Última On-line” de Electronics Arts.

Los analistas prevén que los juegos *on-line* acabarán triunfando sobre las soluciones basadas en CD y precargadas, ya que además de la mejora constante de la calidad de las conexiones, se podrán realizar mejoras y actualizaciones con facilidad. Esto se refuerza por la tendencia cada vez mayor de los usuarios hacia un tipo de ocio personal para el que no hace falta salir de casa. El juego *on-line* permite, además, un cierto contacto con el exterior que puede acelerar esta tendencia.

La mayor parte de la investigación en el campo de los videojuegos se lleva a cabo en las compañías desarrolladoras de juegos. La investigación que se ha llevado a cabo en las universidades y centros de investigación se centra en aspectos como la visualización o la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la gestión del comportamiento de los personajes, siendo el modelo de simulación algo implícito a lo que no se ha prestado mucha importancia. Sin embargo, cada vez más se requieren herramientas de simulación para facilitar el trabajo a la hora de realizar ciertos estudios sobre redes.

Uno de los pasos que dan las empresas antes de preparar nuevos juegos es conocer a los posibles consumidores de los mismos a fin de encontrar juegos afines para el mayor número de usuarios posible.

Para conocer el perfil del jugador *on-line* en nuestro país, por ejemplo, es interesante tener presente los datos generales del sector de los videojuegos. Según datos de ADESE (Asociación Española de Distribuidores y Editores de Software de Entretenimiento)

[Ade05c], la facturación en videojuegos del pasado año, 2004, superó los 790 millones de euros. En el contexto europeo, España se sitúa en cuarto lugar en lo que se refiere a consumo de software interactivo y venta de consolas, detrás de países como el Reino Unido, Alemania y Francia. Sin embargo, las videoconsolas siguen siendo líderes en el mercado de los videojuegos llegando a la venta de 1.764.000 unidades. El 20,3% (8,5 millones) de los españoles son usuarios de videojuegos y se ha convertido en una forma de entretenimiento generalizada, ya que el 70% de los entrevistados por este estudio conocían alguna variedad de juegos. El número de jugadores habituales puede aumentar hasta un 60% en hogares con hijos pequeños.

Aunque en los últimos años se ha incrementado la afición hacia los juegos por parte del sexo femenino, sigue siendo el sexo masculino el mayor consumidor de los videojuegos y por tanto de los juegos en red. La industria del videojuego busca fórmulas para atraer al público femenino, lo que hace que las distancias se vayan acortando. Sin embargo, en las perspectivas a corto o medio plazo siguen siendo los hombres los usuarios predominantes del sector. Del total de jugadores, un 67% son hombres y un 33% mujeres [Ade05c].

Si por otra parte se realiza un estudio de la edad de los consumidores de juegos el resultado es el que viene a continuación. Actualmente, el usuario medio de videojuegos está entre los 14 y 34 años, en general, y el de consolas entre 14 y 23 años, lo cual demuestra que el videojuego ha dejado de ser un juguete meramente infantil como se tenía conceptualizado años atrás, para convertirse en un auténtico entretenimiento para personas de todas las edades. Hay también un importante grupo de usuarios de videojuegos para PC con una edad media entre 25 y 34 años que está creciendo. Sin embargo, podemos encontrar juegos adaptados a todas las edades, desde los infantiles que pueden comenzar desde los 3 años, hasta los juegos de estrategia o multijugador, que pueden atraer usuarios de cualquier edad. Para clasificar los juegos se implantó el sistema de autorregulación para la industria mediante el código PEGI (Pan European Game Information) [10].

La practica totalidad de los jugadores juega al menos una vez a la semana, además, entre un cuarto de jugadores de PC y un tercio de jugadores de consola se colocan delante del monitor prácticamente todos los días.

Los jugadores de PC tienen en casa un meda media de 20 juegos, de los cuales, aproximadamente la mitad son originales y el resto copiados o descargados de Internet. Por otro lado los jugadores de consola tienen una media de 17 videojuegos en casa, de los que más de la mitad son originales.

A continuación, en la Tabla 3.1 se han incluido datos extraídos de encuestas [ADE05a] en la que se muestra el porcentaje de jugadores sobre el total de la población, según género y edad:

	Total jugadores sobre el total de la población	Jugadores de PC sobre el total de la población	Jugadores de consola sobre el total de la población
% DE JUGADORES POR GÉNERO			
Hombre	69% (5,7 mill)	42% (3,5 mill)	47% (3,9 mill)
Mujer	35% (2,8 mill)	24% (1,9 mill)	19% (1,5 mill)
% DE JUGADORES POR EDAD			
De 7 a 13 años	62% (1,8 mill)	21% (0,6 mill)	52% (1,5 mill)
De 14 a 17 años	74% (1,4 mill)	63% (1,2 mill)	42% (0,8 mill)
De 18 a 34 años	32% (3,6 mill)	21% (2,4 mill)	19% (2,2 mill)
De 7 a 34 años	42% (6,8 mill)	25% (4,2 mill)	27% (4,5 mill)

Tabla 3.1 Cuantificación de los jugadores sobre el total de la población.

En la Tabla 3.1 se puede ver que el 42% de la población entre 7 y 34 años son jugadores y que hay claramente dos tipos de jugadores en base al medio que utilizan. Las consolas como dispositivos independientes de los PCs tienen un 27% de adeptos con respecto a la población total, seguido de los jugadores que utilizan PCs con un 25% de jugadores inclinados hacia juegos sobre estas plataformas.

En cuanto al mercado mundial de videojuegos, Asia y Estados Unidos siguen siendo las dos grandes potencias en la venta de videojuegos, aunque la presencia del mercado europeo es cada vez más relevante. Asia representa un 40% de las ventas mundiales, seguido de Norteamérica con un 35% y bastante por debajo Europa que tan solo representa el 24% del total.

En las últimas décadas se está experimentando un claro incremento en el uso de las tecnologías de comunicación, lo que ha hecho que se abriese otro punto de vista al entretenimiento y la diversión sin necesidad de salir a la calle, dependiendo únicamente de un dispositivo. Dicho dispositivo puede ser un ordenador, una consola o cualquier otro aparato que bien sirve para utilizarlo individualmente o puede servir de herramienta para salir al exterior planteando, por ejemplo, partidas *on-line* multijugador.

En la Figura 3.1 se muestra la inversión realizada en videojuegos, tanto en software como en hardware, en el año 2004 en comparación con el 2003:

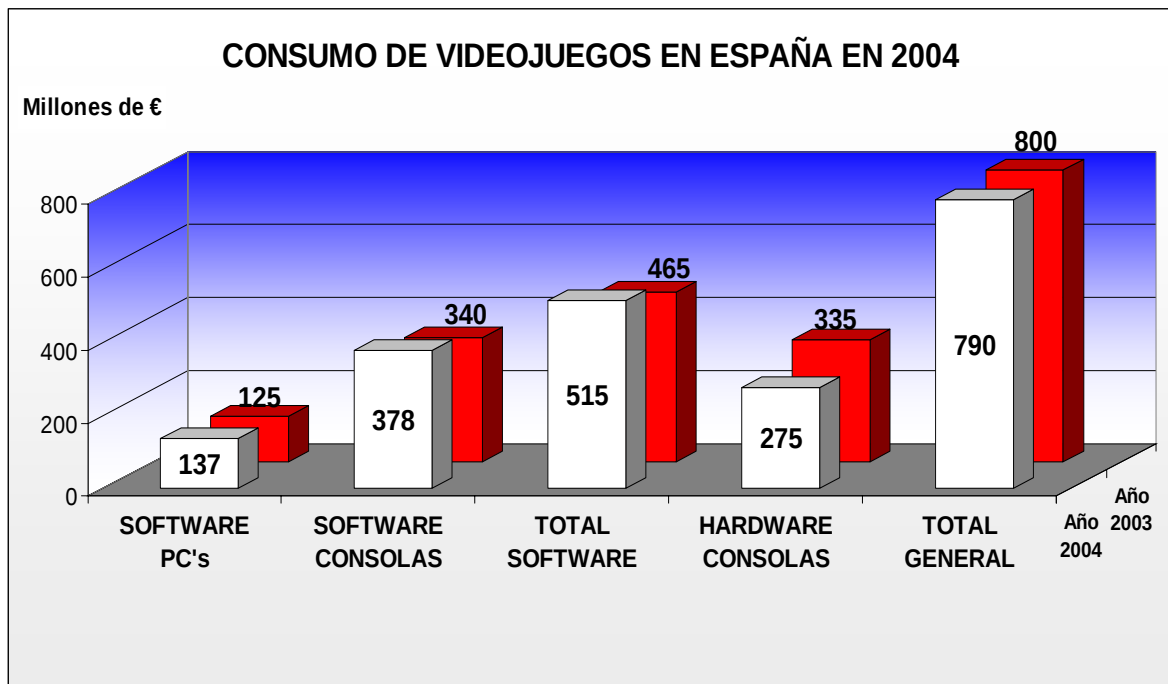


Figura 3.1 Consumo de videojuegos en España en 2004 [ADE05b].

El interés por los juegos *on-line* está creciendo, y prueba de ello son, además de los datos anteriores, el incremento del desarrollo de portales Web y servidores para jugar a través de Internet y, por supuesto la proliferación de eventos como las *LAN Parties*. En los últimos años se ha podido ver el incremento de las famosas “*LAN Parties*” que son jornadas de juegos en red con cientos (y hasta miles) de participantes conectados entre sí, para celebrar torneos que de un modo u otro será premiado.

Cabe señalar que hay grupos de jugadores denominados clanes de jugadores que se dedican a esto profesionalmente, ya que tienen patrocinadores que les respaldan. En España, en los últimos años han ido apareciendo *LAN Parties*. Una de las primeras y más conocidas *LAN Parties* es la Campus Party. Sin embargo, hoy en día ya hay numerosas *LAN Parties* que se celebran en la península.

En España, las LAN Parties más conocidas, por orden cronológico (en cuanto a celebración) son las siguientes [1]:

Nombre LAN Party (Provincia)	Fechas	Plazas
Reus Lan Party 2005 (Tarragona)	18/03/2005 20/03/2005	700
Paranoika LAN Party 2005A (Girona)	23/03/2005 27/03/2005	60
Nebrija-UCM Lan Party 2005 (Madrid)	15/04/2005 17/04/2005	100
Salou Lan Party 2005 (Tarragona)	29/04/2005 01/05/2005	258
Alcañiz Lan Party 2005 (Teruel)	29/04/2005 01/05/2005	60
Party Quijote 2005 (Albacete)	7/07/2005 10/07/2005	511
Ciberia Lan Party 2005 (Castellón)	15/07/2005 17/07/2005	100
Málaga Lan Party 2005 (Málaga)	15/07/2005 17/07/2005	300
Campus Party 2005 (Valencia)	25/07/2005 31/07/2005	5.500
Avià Lan Party 2005 (Barcelona)	02/09/2005 11/09/2005	24
Torres Lan Party 2005 (Lleida)	08/10/2005 09/10/2005	130
Bellpuig Lan Party 2005 (Lleida)	15/10/2005 16/10/2005	72
Murcia Lan Party® 2005 (Murcia)	28/10/2005 01/11/2005	1024
BCN Party '101 (Barcelona)	04/11/2005 06/11/2005	250
Party Valverde 2005 (Huelva)	02/12/2005 06/12/2005	500
Algeciras Party 2005 (Cádiz)	16/12/2005 18/12/2005	200

Tabla 3.2 LAN Parties españolas.

Este incremento en los juegos en red supone un incremento considerable en el tráfico que circula por la red. Hace pocos años, las aplicaciones en tiempo real tales como juegos *on-line* no existían, pero actualmente suponen un alto porcentaje del tráfico que circula por Internet.

De acuerdo con la metodología indicada en el capítulo 2, es necesario abrir una serie de etapas para alcanzar el objetivo final de este trabajo. El desarrollo de algunas de esas etapas requiere del conocimiento y uso de herramientas ya existentes, así como de la capacidad para el desarrollo de otras específicas, el análisis de datos y la planificación de adecuadas baterías de pruebas.

En lo que resta de capítulo se incluye la descripción de algunas aplicaciones para capturar tráfico de la red, la clasificación de juegos en general, las características de los juegos en red más populares, así como un resumen de los trabajos que se han manejado para este proyecto sobre análisis de tráfico de los juegos en red.

3.2 Analizadores de paquetes (Packet sniffers)

Para la realización del análisis del tráfico generado por los juegos y la posterior simulación del mismo se necesita recogerlo directamente de la red. Para ello existen los programas denominados analizadores de paquetes (Packet Sniffers). Estos programas son herramientas que, entre otras cosas, monitorizan el tráfico en la red y presentan los datos recogidos de tal forma que pueden ser fácilmente observados y tratados. Hoy en día se pueden encontrar diferentes versiones de estas herramientas desarrolladas por distintos grupos de trabajo.

3.2.1 Requisitos de los analizadores de paquetes

Los analizadores de paquetes permiten grabar los paquetes, recogidos de la red, en dispositivos de almacenamiento permanente para poder llevar a cabo posteriores análisis estadísticos. En general, el fin principal de este tipo de aplicaciones no es ver el estado actual de la red, sino almacenar los datos para llevar a cabo un posterior estudio y realización de las comparativas correspondientes.

Para visualizar el tráfico con los analizadores de paquetes se debe configurar la tarjeta de red en modo “promiscuo” de tal forma que se capture todo el tráfico visible para la tarjeta de red. Independientemente de quién sea su destinatario, esto implica riesgos evidentes de seguridad, por lo que su uso suele limitarse a los administradores de redes.

En el caso de una red local (LAN) privada, el equipo debe estar conectado en un concentrador o hub (y los demás equipos también). En el caso de un conmutador o switch, debe estar conectado en el puerto que tenga capacidad de *port mirroring* (no todos los switches los tienen).

El analizador de paquetes también puede colocarse en una estación de trabajo conectada a la red global, a través de un enrutador o a una puerta de enlace de Internet, y esto puede ser realizado por un usuario con legítimo acceso, o por un intruso que ha ingresado por otras vías. Estos últimos lo utilizan con fines maliciosos, ya que este método es muy utilizado para capturar passwords de usuarios, que generalmente viajan sin encriptar al ingresar a sistemas de acceso remoto no seguros. También es frecuente que estos intrusos intenten utilizar estos accesos ilegítimos para capturar números de tarjetas de crédito y direcciones de e-mail entrante y saliente.

3.2.2 Estudio de los analizadores de paquetes

En la actualidad se pueden encontrar disponibles varios analizadores de paquetes en el mercado. Algunos de ellos se pueden encontrar en código abierto para las plataformas más conocidas como Unix y Windows. Hay otros de carácter comercial que suelen ser usados por los administradores de redes locales usados para identificar transmisiones de puerta trasera o contraseñas mal protegidas.

Se incluye a continuación una breve descripción de algunos de los analizadores de paquetes más usados.

3.2.2.1 Tcpdump/Windump

Tcpdump es un programa de código abierto, en línea de comandos y que es común en el mundo UNIX. Es una herramienta sencilla que muestra los paquetes que pasan por una red local. Se apoya en la librería de captura pcap, la cual presenta una interfaz uniforme y que esconde las peculiaridades de cada sistema operativo a la hora de capturar tramas de red. Para seguir el manual es necesario unos conocimientos básicos del protocolo TCP/IP.

Aunque viene incluido con la mayoría de las distribuciones de Linux (Tcpdump), sus fuentes pueden encontrarse en www.tcpdump.org.

El paquete completo para Windows (Windump), tanto de las librerías como del tcpdump puede encontrarse en la Web de la Politécnica de Torino www.polito.it. Este

programa es un simple binario, por lo que necesita tener instalado el paquete de las pcap de Windows para funcionar.

3.2.2.2 Ethereal

Ethereal es un potente analizador de protocolos de redes. Es una herramienta de código fuente abierto disponible para diferentes plataformas, tanto Unix como Windows.

Permite capturar los datos directamente de una red y también se puede obtener la información a partir de una captura almacenada anteriormente en disco. De entre sus características cabe destacar que puede leer más de 20 tipos de formato distintos, permite crear filtros, estadísticas y gráficas. Destaca también por su impresionante soporte de más de 300 protocolos.

La ventaja de usar esta herramienta reside en la licencia GPL¹ y sus más de 200 colaboradores. Este programa lo recomiendan distintos investigadores sobre el tráfico en redes, debido a su potencial y a que es un programa de código abierto.

Se puede descargar de <http://www.ethereal.com/>.

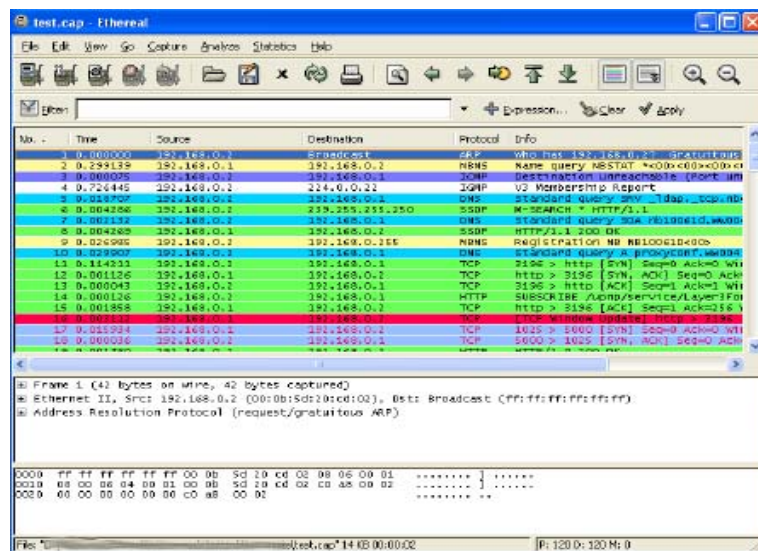


Figura 3.2 Vista de la ventana principal del analizador Ethereal.

¹ GPL: La licencia GPL o **General Public License**, permite instalar un programa GPL, sin limitaciones de ningún tipo. Además se puede modificar el código y volverlo a distribuir.

3.2.2.3 Commview

CommView es un programa que permite monitorizar la actividad de Internet y redes de área local siendo capaz de capturar y analizar paquetes de red. Recoge información acerca del tráfico de datos a través de la conexión telefónica o su tarjeta Ethernet y decodifica los datos analizados.

Con CommView se puede ver la lista de conexiones de red y estadísticas, además de examinar paquetes individuales. Al igual que en Ethereal, los paquetes se decodifican hasta los protocolos de nivel más bajo. Los paquetes capturados pueden guardarse en archivos para análisis futuros y se pueden realizar consultas por medio de filtros.

A diferencia de Ethereal, esta herramienta se ha creado con fines comerciales, por lo tanto se centra más en extraer estadísticas y gráficas más avanzadas.

Una versión de prueba y las licencias necesarias se pueden obtener en la dirección: <http://www.tamos.com/download/main/>.

3.2.2.4 SpyNet

Es un capturador/analizador de paquetes muy completo y potente, ya que permite reensamblar sesiones completas. Salió al mercado con carácter comercial, y poco después fue vendido a la empresa eEye sobre el que se construyó el último producto Iris.

El programa se divide en dos partes: CaptureNet, que es el capturador, y PeepNet, que es el analizador/visualizador. En este analizador se tiene dos métodos sencillos. El primero es combinar CaptureNet con el visor PeepNet y el otro para la búsqueda por filtros del mismo CaptureNet.

El URL donde se puede descargar este analizador de protocolos es: <http://www.granavenida.com/dzone/utls/SpyNet>.

3.2.2.5 Iris Network Traffic Analyzer

Este es un programa comercial, que se puede probar a través de una versión gratis de prueba. Esta herramienta permite realizar funciones más avanzadas que Ethereal, tales como estadísticas avanzadas y reconstrucción de sesiones, entre otras.

Este programa permite a los administradores del sistema reproducir el tráfico capturado, facilitando las tareas de auditoria. Se proporciona así una herramienta de seguridad que permite poner remedio a problemas relacionados con rendimientos de la red.

Iris captura todos los datos que pasan a través de la red y permite a los administradores de la red analizar las acciones, consultas y tráfico generado por un usuario determinado de la red. Iris puede mostrar las páginas Web visitadas a través de otros hosts, e incluye una opción de control de acceso, que permite controlar todo el tráfico de la red, para la búsqueda de posibles actividades criminales.

Tanto la versión de prueba como la herramienta completa se pueden adquirir a través de la página del fabricante <http://www.eeye.com/html/>.

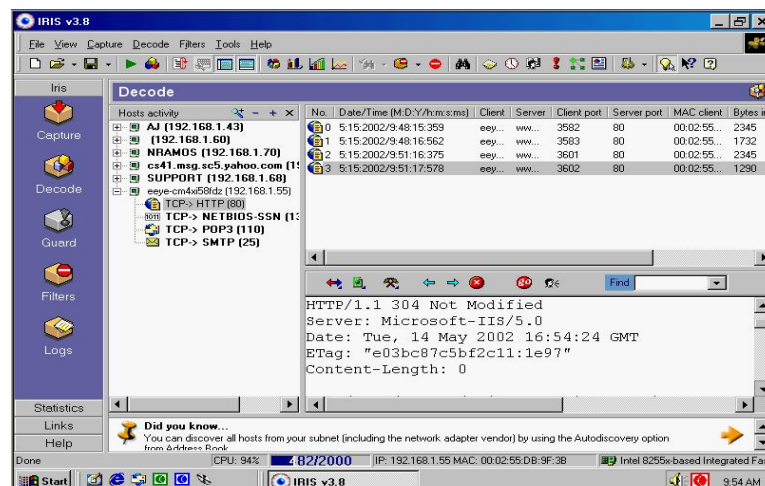


Figura 3.3 Vista de la ventana principal del analizador Iris Network Traffic Analyzer.

3.2.2.6 Etherpeek

EtherPeek es un analizador de tráfico y protocolos de redes Ethernet, diseñado para hacer más fáciles las tareas complejas de localización de problemas y depuración de redes multiplataformas y multiprotocolos. Soporta tanto las plataformas de Windows como Macintosh.

Esta herramienta al igual que Iris es de distribución comercial, sin embargo, esta herramienta permite desarrollar un tipo de gráficos mucho más avanzados y con muchos más detalles que los anteriores, filtros avanzados, mediciones del uso de la red, estadísticas, gráfico de conexiones y con opciones mucho más avanzadas.

Se puede adquirir en la página del fabricante <http://www.wildpackets.com/>.

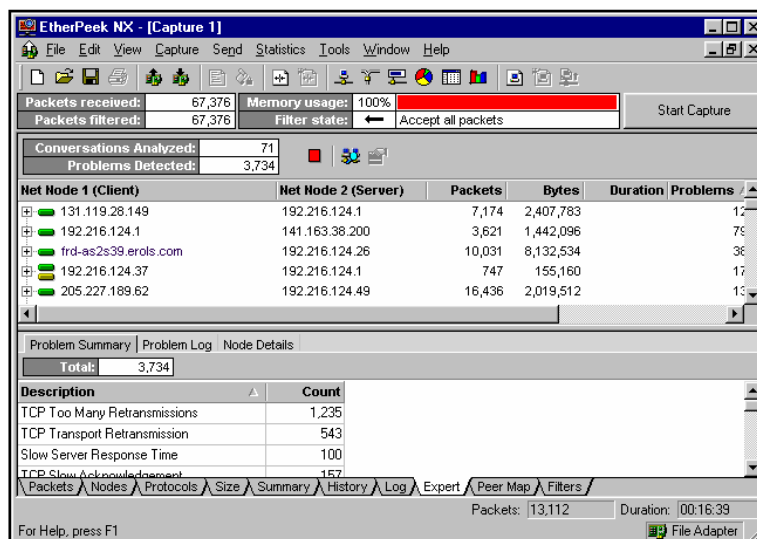


Figura 3.4 Vista de la ventana principal del analizador Etherpeek.

3.2.2.7 Agilent Advisor

Esta herramienta es mucho más avanzada que las anteriores, y es una herramienta comercial.

Agilent ofrece dos productos en el análisis de protocolos, una es la versión de software para PC llamada Advisor Software Edition que permite realizar el estudio y análisis de una red de datos para conocer el comportamiento del mismo, detectar fallos, problemas o retardos, además de contar con un sistema experto que posibilita identificar

problemas en la red. La otra es un equipo portátil que trae módulos para ser utilizados con diversas interfaces, incluyendo STM1, E1, etc.

Se puede encontrar la versión del software en la siguiente dirección:

<http://www.home.agilent.com/USeng/nav/-536885791.536882782/pd.html> .

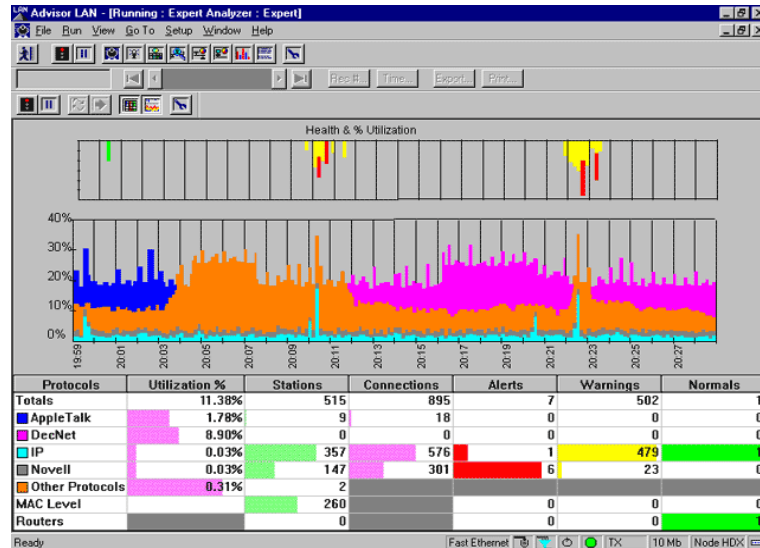


Figura 3.5 Vista de la ventana principal del analizador Agilent Advisor.

3.3 Juegos

Los juegos han formado parte de las actividades de los hombres desde tiempos inmemoriales, y han ido cambiando de forma y de objetivo según la época en la que se han practicado.

Con el desarrollo de la tecnología informática surge un nuevo tipo de juego: los videojuegos. El éxito se intuyó con el inicio de las videoconsolas que en poco tiempo empezaron a formar parte de los juguetes más vendidos del mercado. Con la incorporación de los ordenadores en los hogares, los productos se han ido ampliando y, en la actualidad, la variación y producción de juegos para videoconsolas, consolas portátiles y ordenadores, son enormes.

Independientemente del tipo de juego ante el que nos hallemos, siempre se pueden encontrar características que atraen a los usuarios y que pueden llevar al éxito de un juego, como se indica en la Figura 3.6 [Tel03].

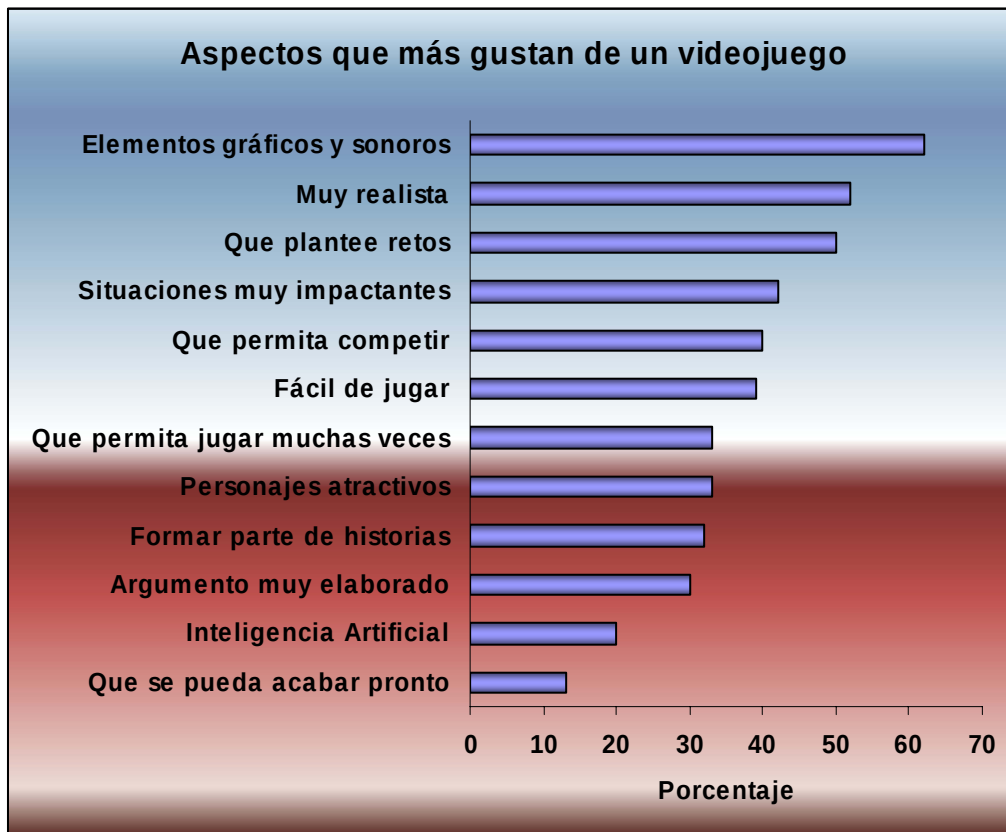


Figura 3.6 Aspectos más valorados de un videojuego.

3.3.1 Historia de los videojuegos

Para enumerar el primer videojuego habría que remontarse a 1951 cuando Ralph Baer creó el primer videojuego [Bae99]. Este se creó para jugar en televisores como demostración de su potencial. El primer videojuego para ordenador se creó en 1958, William Higinbotham creó una máquina con una versión electrónica de un juego parecido al tenis, al que denominó *Tennis for two* [Dem02] [4].

En 1971 Nolan Bushnell y Tell Dabney, fundadores de Atari Computers, crean Computer Space, el primer juego oficial y comercial para Arcade. En este mismo año apareció Odyssey, el primer sistema de videojuegos de televisión casero comercial. Pero no fue hasta 1977 cuando apareció la primera consola (Atari 2600). La consola fue durante mucho tiempo la reina de los sistemas caseros de videojuegos. Durante los 80 los ordenadores personales (Commodore, CPC Amstrad, Spectrum y Amiga) fueron ganando terreno a las consolas, pero los ordenadores no estaban al alcance de cualquier bolsillo.

A finales de los 80 con el procesador 80286, se inició un salto cualitativo en la producción de videojuegos. A partir de este momento, el videojuego para PC comenzó su

auge que sigue estando presente hoy en día. En los 90 los ordenadores personales todavía no podían competir con las consolas, de modo que los videojuegos para PC iban dirigidos a un público adulto. Fue la era dorada de las aventuras conversacionales, cuando comenzaban las aventuras gráficas. Los juegos para PC eran cada vez más complejos, lo que requería espacio para almacenarlos, lo cual fue solucionado con la introducción del CD-ROM, ya que no se tenía que instalar todo el juego en disco. El siguiente gran paso se produjo con la aparición de los procesadores i80386 y i80486. Los videojuegos del género de las aventuras gráficas adquirieron un papel preponderante [Dem02].

La revolución llegó al mundo de los videojuegos para ordenador personal con Doom (juego de acción 2D que simula 3D) y Quake (primer juego con entorno real 3D). Su calidad es muy superior a otros juegos de la época. Podía presentar diferentes niveles, aunque no superpuestos, y contaba con capacidades multijugador (hasta 8 jugadores en red local).

Quake (Id Software) vuelve a revolucionar el mundo de los videojuegos por ser el primer motor 3D y su versión Quake 2 por permitir hasta 200 jugadores en red. En la actualidad el ordenador personal gana terreno a las consolas, pues su uso se ha generalizado, pero las consolas siguen teniendo gran impacto, sobre todo en un público juvenil. Los videojuegos son sistemas en continuo cambio, debido a que los requisitos del usuario son cada vez mayores, lo que exige cambios tanto en el hardware como en el software [Bis98]. El futuro del videojuego depende directamente del avance tecnológico.

En los últimos años han aparecido nuevos tipos de dispositivos mucho más modernos para permitir jugar en una consola, sin necesidad de poseer un ordenador. Entre las consolas de este tipo cabe destacar: PlayStation 2 de Sony en el año 2001, NS4 de Nintendo, Xbox de Microsoft y GameCube de Nintendo en 2002, estas videoconsolas se han ido mejorando, y sacando al mercado nuevos productos, así el pasado mes de mayo se presentó la Xbox 360, la cual ha salido al mercado en los pasados días, y están en proyecto para el 2006 la PlayStation 3 y Nintendo Revolution. Además, se abren paso las consolas portátiles como pueden ser la tradicional GameBoy y las más modernas como pueden ser: Nintendo DS, Sony PSP, Gizmondo, GP32 y N-Gage. Otros dispositivos que han incorporado juegos, cada vez más elaborados, son los teléfonos móviles que junto a los juegos cada vez incluyen más opciones multimedia, radio y muchas otras características [Tel03].

Junto a los dispositivos hardware mencionados, en estos últimos años ha surgido el gran apogeo en cuanto a los juegos MMOG (*Massively Multiplayer Online Games*). Se trata de juegos en red con características nunca vistas y muy atractivos desde el punto de

vista del usuario, que puede organizar diversos tipos de torneos y competiciones sin moverse de su casa y su ordenador.

3.3.2 Clasificación de los juegos

Los tipos de juegos han ido cambiando con el tiempo, adoptando formas muy diversas. Algunos juegos son muy fáciles de catalogar en un grupo u otro, según sus características. Otros, se podría decir que son una mezcla de diferentes tipos, ya que tienen características de diferentes grupos, lo que ha llevado a tipificarlos como "mixed genre games" (juegos de género híbrido).

Cada vez que aparecen nuevos juegos de ordenador en el mercado, las clasificaciones se van ampliando. Además, en la actualidad se pueden encontrar diferentes clasificaciones en las revistas, en las que se realiza además una valoración de los juegos. Así, se establecen clasificaciones hechas desde puntos de vista muy diversos: profesionales del ámbito de la informática, estudiosos del tema, empresas de software, revistas de informática, etc.

Aquí se ha hecho una clasificación obtenida del estudio de diversas fuentes, para hacer una representación de los tipos de juegos más generales que se pueden encontrar [Dia05] [Sch02]. Basada principalmente en la clasificación desarrollada por Estallo [Est97] que combina dos criterios distintos: por un lado las habilidades y recursos psicológicos necesarios para el juego y, por otro, el desarrollo y temática del juego en sí.

3.3.2.1 Arcades

Los **juegos arcades** fueron los primeros juegos que aparecieron en el mercado, respondiendo a una estructura fundamentada en actividades de mucha destreza que permiten al usuario recorrer distintas pantallas en diferentes niveles. La rapidez en este tipo de juegos es el elemento más importante, incluso más que la propia estrategia del juego. Dentro de esta categoría se encuentran los siguientes géneros:

- **Plataforma:** en este tipo de juegos se trata de ir pasando de una plataforma a otra a base de precisión (Supermario Bros).
- **Laberintos:** el juego se desarrolla en un laberinto que el protagonista debe recorrer, salvando numerosas dificultades para acceder a la salida. Los laberintos suelen ser de gran extensión, por lo que la pantalla acostumbra a ser una pequeña porción del laberinto (Frogger).

- **Deportivos:** es un tipo de juego que suele desarrollarse en escenarios deportivos y se compite en el deporte del que se trate con la máquina o con otro jugador (Pole Position).
- **Disparo:** evolución de los “marcianitos” en los que el juego consiste en alcanzar con disparos de cualquier tipo de arma a cosas o personajes que se mueven (Half Life).
- **Lucha:** el juego consiste, fundamentalmente, en la lucha cuerpo a cuerpo entre personajes, utilizando técnicas de artes marciales o armas (Tekken).
- **Puzzles:** juegos en los que hay que encajar piezas (Tetris).

Este juego es apropiado para cualquier edad, pero son mucho más abundantes para los niños pequeños. Estos juegos son más apropiados para desarrollar las habilidades psicomotrices, viso-motrices, lateralidad, organización espacial, etc., aspectos imprescindibles para el desarrollo posterior integral de la persona. La adquisición de estas habilidades forma parte de las propuestas de cualquier programa educativo ya que se inicia desde las primeras etapas de desarrollo del niño.

3.3.2.2 Juegos de mesa

Los **juegos de mesa** son muy buenos para las primeras etapas infantiles ya que se trabajan pautas para que el niño organice su espacio y se sitúe en el tiempo. Durante toda la educación primaria, también se trabajan técnicas para facilitar el aprendizaje de dichos conceptos. Están basados en los juegos clásicos: parchís, ajedrez, tres en raya, etc. El usuario está sujeto al cumplimiento de una serie de reglas específicas para cada uno de ellos. En casi todos, el usuario puede jugar contra otro adversario o bien contra el propio ordenador. En este último caso, es habitual que se tengan diferentes niveles de dificultad.

3.3.2.3 Juegos de estrategia/acción

Los **juegos de estrategia/acción** abarcan un gran espectro de escenarios, desde historias de aventuras de detectives relacionadas con la actualidad y la realidad, hasta mundos fantásticos e historias de mundos futuros y lejanos.

Presentan de forma más o menos trivial cambios, variaciones o ampliaciones de contenidos literarios. El contenido de las historias es el destino de un héroe o heroína (la

figura con la que se identifica el jugador) en un mundo fantástico o lleno de secretos. Por lo tanto, y como es lógico, aparecen: motivos, iconos, símbolos, imágenes, citas y esquemas argumentativos típicos, provenientes de mitologías, parábolas, epopeyas, literatura fantástica y ficción científica.

La estructura narrativa interna del juego de esta "novela interactiva" no se desarrolla de forma estrictamente lineal. Las aventuras están sin excepción marcadas por el objetivo que se da a conocer al inicio. El jugador se acerca paso a paso al objetivo y a su solución mientras que va resolviendo pequeñas tareas y problemas. Éste debe encontrar obstáculos y emplearlos, sortear peligros, controlar al adversario y acertar adivinanzas. Al final de tan arduo, novelesco y aventurero viaje se llega a la liberación, la conquista o la solución.

Dado que este tipo de juego es tan amplio se puede dividir en los siguientes tipos [Lak03]:

- **Aventuras gráficas**, donde la acción se desarrolla a través de las órdenes del jugador junto con la posesión de objetos que van apareciendo en los distintos escenarios: Adventure, Mystery House, Final Fantasy, etc.
- **Juegos de rol**, donde el jugador puede controlar a más de un protagonista de características definidas por el propio usuario: Diablo, Fallout, World of Warcraft, etc.
- **Juegos de estrategia militar o war-games**, similares a los juegos de mesa de estrategia militar: Warcraft, Civil War, Age of Empires civilisation, etc.
- **Juegos de acción**, basados en la acción y tensión, requieren rápida reacción, buena sincronización y concentración continua: Quake3, Doom, Asteroids, Counter Strike, Unreal Tournament.

3.3.2.4 Juegos de simulación

Los **juegos de simulación** tratan de emular actividades o experiencias raramente accesibles en la vida real. Permiten al jugador asumir el mando de situaciones o tecnologías específicas. Entre sus características principales destaca: la baja influencia del tiempo de reacción en comparación con los juegos de arcade; la utilización de estrategias complejas y la necesidad de enfrentarse a situaciones nuevas que exigen conocimientos específicos sobre la simulación (por lo que a menudo los juegos se acompañan unas guías con los pasos a seguir dada su complejidad). Se pueden dividir estos juegos en [Lak03]:

- **Simuladores instrumentales**, que fueron los primeros en instrumentalizarse y tienen sus orígenes en los simuladores de vuelo utilizados en el entrenamiento de pilotos aéreos: MS Flight Simulator.
- **Simuladores situacionales** en los que, a diferencia de los instrumentales, el jugador asume un papel específico determinado por el tipo de simulación.
- **Simuladores deportivos**, como los de golf o ajedrez, en los que el jugador adquiere un papel de entrenador, seleccionando jugadores o planificando una estrategia, más que figurando como practicante deportivo en sí: FIFA, PC Football, Formula 1, NBA, Virtual Tennis.
- **Los llamados “simuladores de Dios”**, de tres tipos fundamentales: bioecológicos, socioeconómicos y mitológicos. Los primeros suelen basarse en la simulación del desarrollo de la vida; los socioeconómicos se centran en la simulación de situaciones en las que el tema argumental es el económico, y los terceros invitan al jugador a asumir el papel de una divinidad que ejerce su poder a expensas de otros dioses: SimCity, SimLife, etc.

3.3.3 Juegos en red

La expansión de Internet ha sido tan amplia estos últimos años que ha afectado a todos los ámbitos y, como no podía ser menos, a los juegos que han pasado a la modalidad de “Juegos en red” o “Juegos *on-line*”. Estos son los juegos en los que se va a centrar el estudio, puesto que lo que quiere es analizar su comportamiento y el tráfico que generan para su posterior simulación.

Los juegos en red no son más que juegos de ordenador con las mismas características comunes de siempre, tales como: una tecnología de representación (gráficas, sonido, etc.) y una misión o historia que define el objetivo del juego. Adicionalmente, en los juegos en red existen un entorno compartido y varios participantes en localidades remotas (LANs organizadas para juegos, o la propia red “Internet”).

El mecanismo del juego debe asegurar la consistencia de la situación para los diversos participantes, de tal forma que debe garantizar que una serie de operaciones se llevan a cabo a tiempo para que la acción conjunta pueda desarrollarse en tiempo real. Esto no es trivial si el juego se desarrolla sobre una capa de transporte de red no fiable y de latencia no acotada como es UDP. Existe un entorno, o “mundo virtual”, y unos actores

con capacidad para interactuar entre sí y con el mundo, y es necesario reflejar esta interacción en la red con la celeridad en ambos sentidos: “mundo-usuarios” y “usuarios-mundo”.

Una máquina servidora de un juego en red realiza una representación del estado del mundo, admite conexiones de los jugadores y cambia el estado del mundo con cada acción de cada jugador y con cada ciclo de refresco de la dinámica del mundo. A su vez existe otro ciclo, no necesariamente relacionado con los anteriores, que difunde el nuevo estado del mundo en todo o en parte a cada jugador. Todos los ciclos se suelen suceder a un ritmo tal que permitan una acción fluida de los jugadores. La interactividad que un usuario puede tener con el juego depende de que puedan completarse al menos suficientes (entre 10 y 20) ciclos de actualización del mundo por segundo.

En este caso se está hablando de un Sistema de Tiempo Real Débil Distribuido, conectado por una red que no tiene servicios de tiempo real, ya que la mayor parte de los segmentos de red empleados son IP. Este tipo de sistemas no es todo lo óptimo que se desea ya que las limitaciones de la red hacen que las actividades en tiempo real no sean tan exactas como convendría. Por lo tanto hay que hacer hincapié en que la latencia de la red (tiempo medio que tarda un paquete en viajar entre usuario y servidor) es el principal parámetro que influye en el éxito del servicio.

Aunque los juegos en red son básicamente los mismos que los mencionados anteriormente para PC, dada las características especiales que tienen así como las exigencias que se acaban de indicar, cabe establecer una clasificación específica para los mismos.

3.3.3.1 Clasificación de juegos en red

Para analizar la arquitectura de un servicio de juegos en red es fundamental hacer una clasificación inicial de los tipos de juegos. Atendiendo a las características del mundo virtual. Se pueden establecer tres grupos fundamentales [Sah04] [Tel04]:

1. En primer lugar están los juegos del tipo MMPG ó MMOPG (Massively Multiplayer Online Playing Games) también llamados MMG (Massive Multiplayer Games) o Persistentes. Son soportados por una arquitectura cliente-servidor. Alojan desde cientos o hasta miles de usuarios simultáneos. Ambientan juegos de rol y juegos colaborativos o evolutivos, y tienen una característica que los identifica: la persistencia. Los usuarios ocasionan cambios en el mundo y en su personaje que persisten más allá de la duración

de una sesión de juego, por lo que es necesario reflejar los cambios en una memoria no volátil. La vida de una “historia” del mundo puede durar meses o años. El número de usuarios que pueden interrelacionarse simultáneamente puede alcanzar la cifra de dos o tres mil. Habitualmente el servidor es dedicado y el hosting, complejo y costoso, se produce en un nodo especial de la red. Este tipo de juegos se puede dividir, a su vez, en los siguientes subtipos [Cro03] [Pack01]:

- a) RPG o MMORPGs (Massively Multiplayer Online Role Playing Games) que viene a ser "Juego de Rol Multijugador Masivo Online". En este tipo de juegos, miles de jugadores coexisten en un mismo mundo al mismo tiempo. Esto crea un ambiente realmente rico y activo en el cual la acción nunca cesa y siempre están ocurriendo cosas. Un MMORPG puede llegar a dar miles de horas de juego, con una casi infinidad de misiones para resolver en un ancho y vasto mundo. En Internet se puede encontrar el juego montado sobre un número de clusters servidores localizados en centros de datos geográficamente distribuidos. Algunos ejemplos de este tipo de juegos son: Star Wars Galaxies, Middle Earth-like, EverQuest, Diablo II y World of Warcraft [Kim03].
 - b) RTS (Real-Time Strategy), es decir, “Juegos de Estrategia en Tiempo Real”. En este tipo de juegos es típico jugar en diferentes grupos y sesiones del juego con unos pocos jugadores cada una. Estos juegos suelen ser desarrollados en 3D y contienen varias unidades de movimiento y tareas de actualización en tiempo real. De este tipo de juegos los más conocidos son: Warcraft III, Age of the Empires, Age of Mythology, Age of Kinas, Command & Conquer y Star-Craft.
 - c) RTS/RPG que son híbridos entre los dos tipos anteriores. Estos juegos están dotados de las características más llamativas de los anteriores desde el punto de vista de la industria. Aunque están definidos y haya ejemplos de estos juegos, no son de los más habituales por lo que no se menciona ningún ejemplo.
2. No persistentes. Son juegos FPS (First Person Shooters) tales como juegos de carreras, combates, etc. El concepto alude al objetivo más que a la arquitectura y suelen tener en común la baja carga de usuarios por partida (máximo 10 ó 20 usuarios, y típico de 2 a 4 usuarios). El estado del mundo se mantiene durante una partida o sesión que dura minutos, sin embargo, los

cambios sobre el mundo no son intensos y no persisten. Son posibles para este tipo de juegos modelos de *hosting* (servidor) central, con una máquina en un nodo especial de red, o local, donde uno de los abonados se presta a ser *host* (servidor) de los demás durante un periodo limitado de tiempo. La frecuencia de la actualización del estado es aproximadamente de 50 ms. Algunos juegos de este tipo son: Quake 1-3, Half-live, Doom, Counter Strike [Fär02] [Cha03].

3. P2P (Peer to Peer). Como el nombre indica, no se necesitan servidores para jugar excepto para un servicio de directorios que indique cómo localizar a los adversarios. Los juegos P2P proporcionan una organización en sí misma, descentralizando los sistemas para dar la funcionalidad de una tabla hash distribuida, que servirá para mapear un objeto clave a un único nodo conectado en la red. Los estudios realizados sobre juegos P2P han demostrado que pueden implementarse juegos multijugador usando plataforma P2P. Uno de los experimentos sobre esta infraestructura es SimMud [Knu05].

3.3.3.2 Arquitectura de los juegos en red

La arquitectura de un sistema de juegos en red puede presentar algunas variaciones. El *hosting* del servidor puede producirse habitualmente en un nodo de red o en un nodo usuario (uno de los usuarios lanza dos aplicaciones de red: un servidor y su propio cliente). En caso de *hosting* en usuario, la carga de participantes debe ser menor ya que no tiene una conexión privilegiada a la red, la máquina tiene una capacidad limitada y la disponibilidad del servicio depende de la buena voluntad del usuario que presta su máquina. Existen en Internet zonas de servicio de juegos en red con arquitectura centralizada y también con arquitectura cooperativa en las cuales un usuario puede ser *host* de otros usuarios. En este último caso el servicio está orientado a facilitar la tarea de convertirse en *host*, publicando listas de participantes, proporcionando chats, foros, etc. Incluso determinados componentes software descargados en el PC del usuario pueden facilitar el lanzamiento de una partida en un modo u otro (*host* o cliente de juego) [Tel04].

Los elementos de la arquitectura de un sistema de juegos en red son los siguientes:

- El *front-end*: es necesario para captar, informar y dar acceso al juego a los distintos jugadores. Puede estar realizado sobre servidores Web y contiene herramientas de acceso, información en tiempo real, estadísticas y comunicaciones para que los jugadores conozcan el estado de los espacios de juego: quiénes están accediendo, puntuaciones, ranking de participantes, etc.

Este espacio Web debe estar conectado a los servidores de juego mediante herramientas de proceso de datos (*data mining*) que preparen la información para los usuarios extrayéndola de las interfaces de cada juego.

Los usuarios mantienen un flujo de comunicación con el *front-end* del servicio mientras están jugando. Este flujo suele ser implementado habitualmente mediante el protocolo HTTP. El juego en red dispone de sus propios protocolos de comunicación.

- Los *servidores de juego*: son máquinas dimensionadas adecuadamente para soportar un gran número de usuarios (en el caso de mundos persistentes) o bien un gran número de partidas con pocos usuarios cada una (en el caso de juegos no persistentes). En ambos casos las máquinas seleccionadas se dimensionan de forma parecida a un servidor de bases de datos, es decir, están optimizadas para procesar una gran cantidad de transacciones por segundo, primando la baja latencia en la remisión del estado del mundo a todos los que están conectados. Para procesar las complejas interacciones entre usuarios se requiere además gran cantidad de memoria y procesadores potentes. Los servidores de juego tienen que procesar en memoria las interacciones de cada jugador con el mundo y con los demás jugadores.

En el caso de juegos no persistentes se minimiza el peso de la descripción del mundo, de tal manera que puede mantenerse completamente cargada en memoria junto con el estado de los jugadores. Habitualmente el mundo es apenas modificable y el número de jugadores es muy bajo. Esto permite que la imagen en memoria de una “partida” ocupe pocos Mbytes en RAM por cada jugador que participa. El servidor se dimensionará para tener la potencia de proceso suficiente para procesar todas las interacciones de una o varias partidas simultáneas. El objetivo de diseño es aprovechar el máximo de memoria de un servidor (entre 2 y 4 Gbytes de RAM) para alojar cada partida con su descripción estática del mundo: unos 100 Mbytes y el espacio de cálculo adicional que introduce cada usuario, unos 10 Mbytes por jugador. La capa de red del servidor no suele ser un límite práctico para mantener niveles de latencia aceptables (por debajo de 50 milisegundos). Además, no es necesario distinguir en este tipo de juegos ningún otro elemento de la arquitectura.

En los juegos persistentes el escenario es diferente. La geografía del mundo es enormemente más compleja y costosa de almacenar. Es imposible mantener en la memoria de un solo procesador la descripción del mundo y el estado de los jugadores. La descripción del mundo se almacena en una base de datos de respaldo del mismo modo que el estado de los jugadores. Se hace una separación por “localidades” dentro del mundo y se carga en la memoria de una máquina que puede ser un simple servidor, aunque suelen

almacenarse dentro de un cluster la representación de una localidad y el estado de los personajes que se encuentran en ella. En el caso de que sea un cluster, los diversos nodos dentro del cluster deben mantener la sincronización para permitir el movimiento de los personajes y la propagación de cambios en el mundo. Sin embargo, es imposible dar cifras de dimensionamiento genéricas para este tipo de servicios.

3.4 Trabajos realizados

Como se ha dicho en el capítulo de introducción, hasta ahora no son muchos los trabajos que se han realizado en la misma línea de trabajo de este proyecto. No obstante, en los últimos años ha habido algunos autores que han investigado sobre el tráfico generado por los juegos en red y han escrito algunos artículos.

A continuación se hará una breve descripción de los documentos encontrados, principalmente artículos, que están relacionados con este proyecto y los cuales han servido de ayuda a la hora de realizar pequeñas consultas.

- “Source Models of Network Game Traffic” de Borella [Bor99]. Este artículo es, relativamente, antiguo, sin embargo estudia juegos bastante modernos. En este caso, se estudia el tráfico generado por sesiones de un juego *on-line*, bastante popular en su época el Quake-1. Las partidas se realizaron realizadas de forma controlada. En el análisis se indica que el tráfico de un juego puede caracterizarse por ciertos modelos analíticos. Se tienen clientes y servidor con configuraciones distintas, lo que produce diferentes modelos para el juego. En el artículo se distribuyen los datos en varias zonas, de forma que cada una de ellas se pueda modelar de acuerdo a una distribución estadística. Este estudio surgió con la idea de ser usado para testear hardware y protocolos que soportaran juegos, debido a que Internet es cada vez más popular.
- “Network Game Traffic Modelling” de Färber [Fär02]. En este otro documento se evalúa a grandes rasgos la acción de un juego multiusuario, el Counter Strike, desde el tráfico obtenido durante 36 horas de una LAN Party, tanto para el cliente como para el servidor. Las principales conclusiones de este trabajo son la propuesta de modelos estadísticos para simular el tráfico de los juegos, y las métricas de calidad de servicio utilizadas.
- “A Synthetic Traffic Model for Quake3” [Lan04], presenta un desarrollo de un modelo de tráfico sintético para el juego en red Quake 3. El objetivo es llegar a un modelo de tráfico que pueda ser usado por investigadores del ISP

para estimar el impacto del tráfico del Quake 3. Para realizar el modelo de simulación, se observa la longitud de los paquetes, los tiempos entre llegadas de los paquetes, y ratios de datos. Además en este caso se realiza una comparativa variando el número de jugadores para un juego dado.

- “Measurement and characterization of Internet gaming traffic” [Lak03]. En este documento se definen cuatro clases diferentes de juegos *on-line*: juegos de acción, simuladores, juegos de estrategia e tiempo real y juegos basados en estrategia. Se obtiene tráfico generado de un representante de cada uno de los tipos especificados anteriormente (Quake 2, Grand Prix 3, Age of Kings y Paznzer General) de los que se han analizado los tamaños de paquete y la distribución de los tiempos de llegada de los paquetes. Del estudio se deduce que en la mayoría de los casos los paquetes suelen ser pequeños y con pocos tamaños de paquetes distintos. Además, los tiempos de llegadas entre paquetes, se observa que pueden ser modelados por distribuciones multimodales basados en las distribuciones extrema, normal o exponencial.
- “Analyzing and Simulating Network Game Traffic” [LaP01]. En este caso se decide estudiar el comportamiento de los juegos Counter Strike y Starcraft, debido a su popularidad en el momento del estudio. El estudio se enfoca en el ancho de banda y el tamaño de los paquetes. Los juegos estudiados suelen tener pocos paquetes y un uso del ancho de banda limitado. Los módulos para estos dos juegos son implementados en el simulador de red NS.
- “A Review on Networking and Multiplayer Computer Games” [Sme02]. Este estudio tiene como objetivo revisar las técnicas desarrolladas para la mejora de las redes en aplicaciones distribuidas en tiempo real. Se presenta una investigación de literatura relevante para estudios de simulaciones militares, entornos de redes virtuales y juegos en red multijugador. También se discuten las fuentes, la consistencia y niveles de las aplicaciones.

4 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL TRÁFICO

En este capítulo se presentan los resultados del estudio realizado sobre el tráfico generado por algunos de los juegos en red más utilizados. El objetivo último es modelar ese tráfico, para lo cual se necesitan los datos sobre aquellas características que sean significativas para conseguirlo. En este capítulo se indican los pasos seguidos para obtener esa información. Antes de ello y de acuerdo con la metodología presentada en el capítulo 2, se indica cómo se han cubierto los pasos previos a dicho estudio.

4.1 Selección del analizador de paquetes

De todos los analizadores de paquetes descritos en el capítulo 3, se decidió utilizar la herramienta Ethereal. Varios motivos llevaron a tomar esta decisión, aunque quizás el principal fue que es una herramienta que está disponible para las plataformas que se han de utilizar para la realización del proyecto, Unix y Windows.

Otra ventaja que encontramos en la herramienta Ethereal es que está en código abierto, se le puede añadir funcionalidad si se cree necesario y es accesible por cualquier persona ya que suele venir instalada en la mayoría de las distribuciones de Linux, o si no, se puede descargar fácilmente de Internet.

La arquitectura software para un protocolo de red en una máquina Linux con tarjeta Ethernet aparece en la Figura 4.1. El analizador de protocolo se ejecuta como una aplicación, comunicándose con un componente del kernel Linux llamado *Linux Socket Filter*. El *kernel* de un sistema operativo es la parte central o núcleo del sistema, el *socket* (significa enchufe) es una forma de comunicación entre procesos propia de los sistemas Unix. La figura muestra dos analizadores de protocolo distintos, *tcpdump* y *ethereal*; *tcpdump* funciona en línea de comando y *ethereal* es una aplicación gráfica, pero ambos hacen más o menos lo mismo. El *Linux Socket Filter* actúa como intermediario entre el analizador de protocolo y el controlador de la tarjeta de red Ethernet; coloca la tarjeta de red en modo promiscuo y obtiene una copia de todo el tráfico entrante desde la red y todo el tráfico saliente hacia la red. Además procesa este tráfico y lo transfiere al analizador de protocolo, que lo presenta al usuario [2].

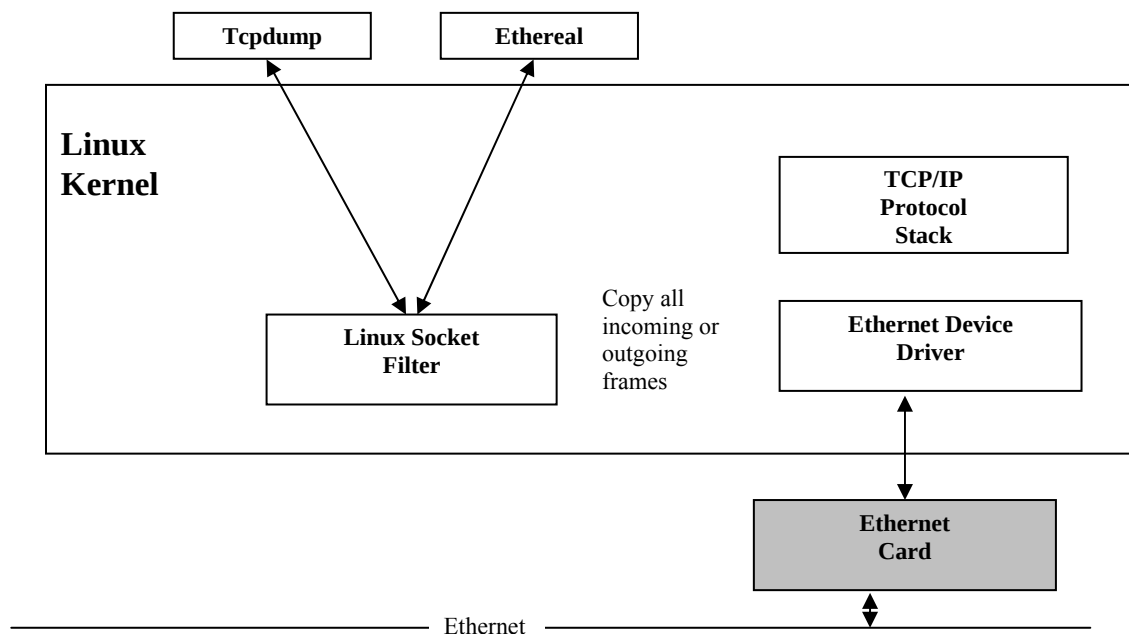


Figura 4.1 Arquitectura de software para un analizador de protocolo en Linux

4.2 Selección de los juegos

De entre los juegos existentes en el mercado y factibles de ser estudiados, los elegidos han sido: Counter Strike, Quake 3 Arena, Unreal Tournament 2004 y Warcraft III The Frozen Throne. Se trata de juegos muy populares, conocidos por la inmensa mayoría de los usuarios habituales de juegos en red. Con esta elección se ha pretendido cubrir un amplio espectro del mundo de los juegos en red.

Así, se tienen tres juegos del tipo FPS (First Person Shooter) que son juegos muy rápidos, cuyos títulos son: Counter Strike, Quake 3 Arena y Unreal Tournament 2004. Y un juego de tipo MMG/RTS (Massive Multiplayer Games, Real Time Strategy) Warcraft III The Frozen Throne. Este último es un tipo de juego que se disputa en grupos y cuyo contenido es una historia que suele desarrollarse en un periodo superior al de los otros tres juegos. Los tres primeros consisten en introducir a los jugadores en un escenario dentro de un campo de batalla virtual, donde los jugadores tienen que destruir objetivos en un escenario militar. Por otro lado el juego Warcraft III The Frozen Throne está ambientado en un mundo fantástico en el que hay una batalla entre cuatro razas para conseguir una victoria.

A continuación se indican las características fundamentales de cada uno de ellos.

4.2.1 Quake III Arena



Figura 4.2 Carátula del juego Quake.

Este título es el último de la saga Quake, el cual fue el origen de la gran revolución de los juegos on line. Es uno de los juegos en red más conocidos y se trata de un juego multijugador en todos los sentidos. Se puede jugar tanto por Internet como en red local. Es uno de los juegos característicos FPS “First Person Shooter” (juego en primera persona). Pertenece a la categoría de juegos de acción 3D y sirve de referencia para los juegos multiplataforma en cuanto a jugabilidad, apariencia visual e innovaciones [5] [Dos01].

Su argumento es bastante sencillo: el objetivo del jugador es colocarse en una serie de mapas (Arenas), hacerse con todo el armamento y protección posibles y acabar con todos los enemigos un determinado número de veces y, al mismo tiempo, evitar ser eliminado (matado) por ellos. Después de morir se puede resucitar y seguir con el juego. En competiciones, el número de veces que se puede resucitar está definido.

Hay varias modalidades dentro de este juego, y son las siguientes:

- Free For All (FFA)

Es sin duda una de las modalidades más divertidas y entretenidas. Es una auténtica pelea en la que todo el mundo es contrario de todo el mundo, y al final de la partida sólo puede quedar uno. El objetivo es obtener el mayor número de *frags*² en un tiempo determinado, o alcanzar un número preestablecido de *frags* intentando morir el menor número de veces para mantener tus armas e *ítems*³. El número de *frags* lo establecen los organizadores de los juegos antes de comenzar las partidas.

² Frag: es una muerte que se consigue al matar a uno de los contrarios. Cada frag equivale a un enemigo destruido.

³ Ítems: son puntos que ayudan a ganar la partida.

- Versus (VS)

Esta modalidad se basa en encuentros de uno contra uno donde resalta el nivel táctico, conocimiento del mapa, control de ítems y armas de los participantes. El objetivo es el mismo que el anterior siendo lo normal jugar durante un tiempo preestablecido, por lo que "jugar con el tiempo" hace que sea un factor más de la estrategia en el juego.

- Capture The Flag (CTF)

Dos equipos, dos bases y dos banderas. Cada equipo tiene una base que guarda una bandera. Su objetivo es capturar la bandera adversaria y llevarla a su base sin que roben la suya. Por lo tanto se trata de defender la base, y además no dejar de atacar al adversario para poder conseguir la bandera del lado contrario.

- Team-deatmatch

Es el paso de la modalidad FFA al juego en equipo. Varios equipos (normalmente dos) compiten para obtener el mayor número de *frags* del equipo contrario en un tiempo determinado, o bien alcanzar una cota de *frags* fijada previamente. Para ello será muy importante el control de determinadas zonas del mapa donde normalmente se encuentran objetos de gran interés, como armas o ítems.

Los requisitos mínimos del sistema son:

- Windows 98 o NT v4.0 (o superiores).
- Procesador Pentium 300 MHz.
- 32 MB RAM.
- Unidad de CD-ROM.
- Tarjeta aceleradora 3D compatible OpenGL.
- Tarjeta de sonido 100% compatible Sound Blaster.

Como se puede observar, aunque se trata de un juego moderno no tiene grandes requisitos, como la mayoría de los juegos actuales. Los gráficos van muy fluidos, lo que se puede atribuir a que tiene un motor gráfico realmente bueno.

4.2.2 Counter Strike



Figura 4.3 Carátula del juego Counter Strike.

Counter Strike es una actualización del juego conocido como Half-Life que ha sido uno de los juegos en red más populares. Counter Strike forma parte de los juegos multijugador, ya que se juega por equipos. Este juego también es del tipo FPS “First Person Shooter” al igual que Quake 3 Arena [6].

La forma de jugar es por equipos (policías y terroristas) que luchan unos contra otros para conseguir unas metas. Existen varias metas dependiendo del bando que se haya seleccionado: salvar al VIP⁴, colocar una bomba, eliminar al adversario y rescate de rehenes.

El juego está ambientado en un entorno realista, las armas son mortales (un par de impactos y quedas eliminado, nada de supervivencias extrañas) y los movimientos son realistas (no puedes saltar 10 metros, ni sobrevivir a una caída de 15 metros).

Cada grupo, dependiendo de si son policías o terroristas, tienen un objetivo diferente. Además, el objetivo también depende del mapa y del tipo de armamento con el que se cuenta.

Según el mapa que se esté usando cambiará el objetivo de cada grupo. Existen varios tipos de misiones:

- Salvar al VIP: Un grupo terrorista ha tomado un edificio con el objetivo de asesinar al VIP. Dependiendo del bando, los objetivos serán los siguientes:
 - o Antiterroristas: deberán llevar al VIP al punto de escape sin que el grupo terrorista lo mate. El VIP no podrá comprar nada y sólo llevará una pistola como armamento, eso sí, lleva un escudo 200 .
 - o Terroristas: deben eliminar al VIP impidiendo que llegue al punto de escape, si lo logra la partida habrá finalizado.

⁴ VIP (Very Important Person): se utiliza este término para designar a un jugador destacado del equipo.

- Rescate de rehenes: Unos terroristas han tomado varios rehenes. Las acciones que deberán llevar a cabo cada uno de los grupos son:
 - o Antiterroristas: deberán rescatar a los rehenes capturados llevándolos al punto de escape. Una vez transportados TODOS los rehenes el grupo ganará la partida.
 - o Terroristas: deberán impedir que rescaten a los rehenes y eliminar a todos los jugadores del equipo contrario.
- Colocación de bomba: un grupo terrorista intenta colocar explosivos en un punto estratégico del mapa. En este caso los distintos grupos deben actuar de la siguiente manera:
 - o Antiterroristas: deben impedir que los terroristas coloquen la bomba, para lo cual deberán vigilar los puntos de colocación y, en el caso de que coloquen la bomba, desactivarla antes de que explote. Ganarán cuando maten a todos los terroristas o desactiven la bomba.
 - o Terroristas: deberán colocar una bomba en alguno de los puntos señalados del terreno y, una vez puesta, vigilar para que el grupo antiterrorista no la desactive. Ganarán cuando la bomba haga explosión.
- Eliminar al otro equipo: no existe un modo de juego en el que simplemente se tenga que eliminar al otro equipo, pero con frecuencia (sobre todo en las fases de rehenes) se busca eliminar al otro equipo ya que así es más fácil (y divertido).

Los requisitos mínimos del sistema son:

- Windows 98/2000/Me/XP.
- Procesador 400MHz.
- 128MB RAM.
- Tarjeta de vídeo SVGA 3D/ TNT/Voodoo.

4.2.3 Unreal Tournament 2004



Figura 4.4 Carátula del juego Unreal Tournament 2004.

Este juego, junto a Quake, fue de los primeros en aparecer del tipo FPS “First Person Shooter”, que comenzaron su andadura hacia el año 1999, cuando empezaban los juegos multijugador e Internet se incorporaba como medio para jugar. La versión anterior a éste fue Unreal Tournament 2003. Sin embargo la salida

al mercado del Unreal Tournament 2004 fue una auténtica revolución, tanto que se situó a la cabeza en ventas de los juegos multijugador [7].

Según la historia del juego, Unreal Tournament fue fundado en el año 2291 por Liandri Mining Corporation para satisfacer los impulsos violentos de los mineros del espacio interior. Sus luchas públicas pronto se convirtieron en un negocio más rentable que los trabajos de minería, por lo que se creó una liga profesional. El juego tiene lugar en 2341, y el jugador compite en la lucha por el campeonato.

Se han incorporado nuevos escenarios, sobre todo para los modos Asalto (Assault Mode, recuperado del UT original) y Masacre (Onslaught Mode), que son absolutamente impresionantes, ya que van desde las frías tierras del Ártico hasta las áridas tierras del desierto.

El modo Masacre consiste en un desafío basado en equipos y en un entorno épico donde se enfrentan dos equipos en un duro y amargo combate a través de enormes mapas de terreno y en una movida batalla cuyo objetivo es destruir, capturar y controlar los nodos de poder claves. Los vehículos juegan un papel importantísimo como máquinas rodadas y aéreas blindadas con las que transportar a los combatientes al frente y se utilizan como plataformas móviles para lanzar devastadores ataques contra el enemigo.

Por otro lado el Modo Asalto ha sido rediseñado, los jugadores deben atacar o defender las bases en una versión mayor y más difícil del clásico de Unreal Tournament. Además, muchos mapas del Modo Asalto requieren el uso de vehículos como elementos críticos del juego.

Unreal Tournament 2004 incluye una variedad de vehículos de tierra, aire y espaciales, incluidos buggies⁵, tanques, aerodeslizadores, aviones y mucho más. Los vehículos incorporados son de gran calidad y su movimiento es impresionante. Muchos de ellos recuerdan a modelos vistos en Halo⁶ tanto por su aspecto exterior como por el comportamiento de su física, aunque en este caso es bastante más realista.

Los efectos FX⁷ son excepcionales: explosiones, fasers⁸, granadas, todo el arsenal suena como si fueran reales. Los nuevos vehículos tienen un sonido trabajado de manera excelente: el motor cuando arranca, la bocina del Hellbender al sonar, etc.

En cuanto a gráficos, su motor ha sufrido notables mejoras desde sus inicios. El conocido Unreal Warfare ha evolucionado sensiblemente. Las mejoras se observan sobre todo en efectos tales como las explosiones, o el que los vehículos tienen la capacidad de volar. El pilotaje de las naves se puede seguir en primera o tercera persona.

Son tres los modos de juego de Unreal Tournament: un jugador, varios jugadores y prueba. En este último caso el jugador puede familiarizarse con los distintos escenarios de las luchas.

Como ayuda para luchar en los estadios, se dispone de un impresionante arsenal, que incorpora versiones actualizadas de la mayoría de las armas del primer juego Unreal. Además, se dispone de armas de melée⁹ como la motosierra y el martillo de impacto, un rifle con mira telescópica de 8 aumentos y el lanzamisiles termonuclear Redeemer¹⁰.

Los requisitos mínimos del sistema son:

- Windows 98/2000/Me/XP.
- Procesador 1.0 GHz.
- 256 MB RAM.
- Tarjeta de vídeo 32 MB.
- 5.5 GB Espacio libre en disco.
- DirectX 9.0b.

⁵ Buggy: es un tipo de vehículo descapotable:



⁶ Halo: juego FPS multijugador de aventura épica de ciencia-ficción.

⁷ Efectos FX: son un tipo de efectos especiales sonoros de última generación.

⁸ Faser: tipo de arma muy poderosa.

⁹ Meleé: es un tipo de combate con armas para pelear cuerpo a cuerpo

¹⁰ Redeemer: se trata de una de las armas aniquiladoras

4.2.4 Warcraft III The Frozen Throne



Figura 4.5 Carátula del juego Warcraft III.

Las versiones anteriores de este juego son: Warcraft, Warcraft II y Warcraft III: Reign of Chaos. En esta última versión es en la que se basa Warcraft III The Frozen Throne para realizar sus mejoras.

Se trata de un juego de tipo MMG/RTS “Massive Multiplayer Game/ Real-Time Strategy” (juego de estrategia en tiempo real) y utiliza un poderoso motor de juego 3D. En la versión multijugador se puede jugar en una red local, o por Internet [8].

Este juego es de estrategia en 3D y tiempo real, donde pueden jugar hasta 12 personas en modo multijugador.

La historia del juego se basa en dos especies: La Honda Orca y la Alianza Humana (enfrentados mutuamente) que se deben unir para lograr combatir a los Muertos Vivientes y a la Legión Demoníaca. Viven cinco razas entre las que se puede escoger sólo cuatro.

Este juego trae el regreso al mundo de Azeroth¹¹, el cual ha sido arrasado por guerras internas. El maléfico Rey Lich Ner ha sido tomado prisionero en el glaciar de Icecrown¹². Ahora se encuentra en las profundidades del continente ártico de Northren¹³, por lo que se ha convertido en un peligro inminente.

Con esta versión del Warcraft aparecen cuatro nuevas campañas y veintiséis misiones que hay que cumplir. Además, se descubren cuatro nuevos héroes específicos por cada raza, cada uno con sus propios poderes, conjuntos y habilidades; tres nuevos mapas para explorar, y dos nuevas unidades por cada raza. Los héroes y las unidades terrestres son las siguientes:

- Blood Mage: este es uno de los personajes denominados como héroes, y pertenece a la Alianza Humana, además es un mago elfo.

¹¹ Azeroth: es un mundo ficticio en el cual se desarrolla parte del juego.

¹² Icecrown: es un glaciar en el mundo de Aserto.

¹³ Northren: es el continente ártico que también forma parte del mundo Aserto.

- Shadow hunter: este es otro héroe de tipo Honda Orca que es un *troll* hechicero con poderes de vudú y espiritismo.
- Crypt Lord: otro héroe considerado como Azite Muerto-Viviente. Monstruosidad Nerubian.
- Spell Brakes: en este caso se trata de una Unidad Terrestre formando una Alianza Humana. Su principal poder es quitarle los hechizos y beneficios a los amigos, para dárselos a sus tropas.

Características oficiales del juego:

- Actualización del sistema gráfico.
- Un héroe nuevo por raza.
- Dos unidades nuevas por fracción, incluyendo un par de mejoras.
- Una extensa cantidad de nuevos mercenarios y Creepers.
- Introducción de varias nuevas razas y facciones.
- Nuevos artefactos de naturaleza ofensiva/defensiva.
- Estructuras de compra/venta de artefactos.
- Héroes neutrales que se pueden encontrar en la taberna.
- Opciones extendidas de multiusuario en Battle.net, relacionadas con clanes y torneos.
- Nuevos terrenos y mapas multiusuario, y un nuevo editor de mundos.
- Multiusuario para hasta 10 jugadores.

Los requisitos mínimos del sistema son:

- Windows 98/2000/Me/XP.
- Procesador 400 MHz.
- 128 MB RAM.
- Tarjeta de vídeo 8 MB.
- 700 MB Espacio libre en disco.
- 4X CD-ROM drive.

4.3 Selección del lugar donde capturar el tráfico

El objetivo principal de este proyecto es analizar el tráfico generado por juegos en red y modelar su comportamiento. Para lograrlo es necesario disponer de tráfico real, el generado por el desarrollo de partidas de algunos de los juegos más populares, en concreto de los anteriormente comentados. Para obtener ese tráfico hay varias opciones.

Una posibilidad es organizar unas partidas en red entre amigos y estudiar cómo se comporta. Esta es una buena forma de saber como es el tráfico generado por los juegos. Para realizar un análisis completo esta opción no es la más adecuada porque hay pocos jugadores. Sin embargo, esta opción puede ser de mucha ayuda y aportar mucha información para conocer detalles concretos y puntuales. Esto se debe a que, se tienen controlados a los participantes en todo momento lo que permite localizar excepciones y explicar los comportamientos que se salgan del curso normal del juego.

Otra posibilidad sería extraer tráfico de Internet, pero esta elección no sería la más apropiada, ya que es inviable manejar una cantidad de tráfico tal y como la que se tiene en Internet. Como ya sabemos en Internet hay miles y miles de paquetes circulando en el mismo instante, y lógicamente no todo el tráfico es perteneciente a los juegos y es muy difícil extraerlo de forma concisa.

Por otra parte, se tiene la opción de elegir un evento en el cual haya múltiples jugadores y distintos juegos, llevando a cabo las partidas de la forma que lo haya establecido la organización, pero con la libertad de estar en una fiesta y cada uno organizarse según sus convicciones, sin que haya supervisores que guíen el comportamiento de los juegos. Estos eventos son conocidos como “LAN Parties” que son reuniones de usuarios de Internet. Y entre otras actividades, se organizan diversas partidas de juegos en red. En este tipo de eventos los participantes suelen tener mucha experiencia en este ámbito.

Las LAN Parties suelen estar distribuidas en salas con cientos de puestos en red (dependiendo de la dimensión de ésta habrá más o menos puestos) y en las que se celebran torneos de distintos juegos, los cuales al final tendrán ganadores que normalmente son premiados.

En España la “LAN Party” más conocida es la “CAMPUS Party” celebrada en Valencia y con una cantidad de asistentes muy elevada (en su última edición participaron 5.500 personas a lo largo de 7 días) [2], pero cabe mencionar que hay muchos de estos eventos celebrados en toda España, como ya se indicó en la sección 3.1, bien organizados

por aficionados o por centros de informática que quieren dar a conocer este mundo y esta otra forma de diversión distinta a las conocidas tradicionalmente.

Para este proyecto se estudió la posibilidad de obtener tráfico de una “LAN Party” y para ello hubo que localizar los eventos de este tipo planeados que se ajustasen a lo que se quería obtener para este proyecto y solicitar a los organizadores el permiso para realizar las capturas del tráfico de la red.

Uno de los eventos que más se aproximaba a lo que se quería obtener era la “Murcia LAN Party”, en la cual no se puso ningún impedimento para capturar el tráfico y en la que permitieron capturar tráfico de la red allí montada.

Dicho evento se celebró en Murcia del 21 al 24 de octubre de 2004 en el Palacio de Deportes de Murcia y fue organizada por la asociación MurciaLanParty® [11].

4.3.1 El evento MurciaLanParty

MurciaLanParty es el evento organizado por esta misma asociación que concentra a más de un millar de personas con unas mismas aficiones.

Los participantes a este evento pudieron disfrutar durante 4 días y de forma ininterrumpida de:

- 1024 (1K) puestos para los usuarios, con un punto de red y dos enchufes habilitados por equipo.
- Red interna de 100 Mb/s.
- Conexión a Internet de 2 x 622 Mb/s.
- Infraestructura para soportar tecnología inalámbrica.
- Página web con información y software necesario para la *party*.
- Servidor de vídeo y radio en tiempo real a través de Internet.
- Servicio gratuito de antivirus.
- Servicio de venta de hardware y consumibles.
- Asesoramiento técnico de software y hardware permanente.
- Sala de proyecciones.
- Zona ChillOut.
- Sala de conferencias, con charlas relacionadas con las nuevas tecnologías.
- Control de acceso de usuarios y equipos informáticos.
- Seguridad privada.

- Botiquín de emergencias.
- Concursos.
- Modding.
- Torneos.

4.3.2 Torneos

Los juegos que se disputaron fueron:

- Counter Strike.
- Quake III Arena.
- Day of Defeat.
- Unreal Tournament 2004.
- Warcraft III The Frozen Throne.
- Need for Speed Underground.
- Fifa Football 2004.

Se indican seguidamente las condiciones y reglas bajo las cuales se disputaron las competiciones correspondientes a los juegos seleccionados para este proyecto.

4.3.2.1 Counter Strike

Modo de juego: 5 contra 5

Mapas: De_Aztec, De_Cbble, De_Dust2, De_Inferno, De_Nuke, De_Train.

Reglas: Todos los jugadores necesitaron tomar SCREENSHOTS y grabar DEMOS, para posibles reclamaciones. Se usaron los skins por defecto y también se permitió el “Boosting”¹⁴ de hasta dos personas como mucho.

Se permitía el lanzamiento de granadas por encima de las estructuras pero el bug¹⁵ “sky box” en De_Nuke no estaba permitido. El uso del bug de la Flash bang resultará en un aviso como mínimo o la pérdida del partido (De_Cbble, De_Dust2, De_Aztec).

¹⁴ Boosting: caminar o pararse encima de otro compañero.

¹⁵ Bug: comandos programados para realizar las acciones del juego.

4.3.2.2 Quake III Arena

Número máximo de jugadores: 128

Modo de juego: FFA/VS

Reglas: El torneo de Quake 3 empezó siendo en modo Free For All (FFA), con 8 grupos de 16 jugadores como máximo cada uno. De cada uno de los grupos se clasificaron los 4 primeros en el mapa. El sorteo de los grupos fue aleatorio. La siguiente ronda fue eliminatoria y no existían brackets¹⁶. Esto quiere decir que el que perdía quedaba eliminado. A partir de cuartos de final, existieron brackets.

En FFA, se dieron 5 minutos para que entrasen los participantes la gente. A partir de entonces, quien no estuviese quedaba eliminado. En modo VS, se dieron 10 minutos para presentarse a partir de la hora puesta por la organización.

4.3.2.3 Unreal Tournament

Número máximo de jugadores es: 80 (16 grupos/clanes de 5)

Modo de juego: Onslaught

Mapas: Arctic Stronghold, Crossfire, Dawn, Dria, Red Planet, Severance, Torlan

Reglas: El torneo de Unreal Tournament 4 fue modo Onslaught, no hubo brackets. Las partidas se jugaron a un solo mapa, (ambos bandos dos tiempos de 15 minutos, más 5 minutos más), y los colores del equipo fueron aleatorios, o acordados por los clanes rivales. Se aconsejó grabar demo o hacer captura de imágenes al terminar la partida.

4.3.2.4 Warcraft

Número máximo de jugadores : 64 (32 parejas)

Mapas: Arctic Lost Temple(ROC), Turtle Rock, Gnoll Wood, Twisted Meadows.

Velocidad: Rápida(**Brackets:** No)

Reglas:

El torneo de Warcraft se llevó a cabo en modo 2 contra 2, al mejor de 3 partidas, excepto la final que fue al mejor de una partida. Las partidas serán “hosteadas” (el jugador hace de servidor) primero por un componente de una pareja y luego por otro, en caso de jugar la tercera partida, ésta fue determinada de forma aleatoria o por mutuo acuerdo de las parejas. Se permitió el uso de diferentes razas al principio de cada partida.

¹⁶ Braket: paréntesis que se produce en el juego.

4.4 Herramientas desarrolladas.

Las trazas están formadas por parte de la información que se ha capturado de los juegos mediante el analizador de paquetes. Éstas se han utilizado como instrumento principal para realizar el estudio acerca del comportamiento de los juegos.

Para poder llevar a cabo el análisis del tráfico, el cual fue capturado por la aplicación Ethereal y por lo tanto almacenado con su formato, ha sido necesario transformar las trazas capturadas.

La información que se capturó para cada uno de los paquetes es la siguiente:

```

No.      Time      Source      Destination      Protocol Info
   1 0.000000 195.235.198.49 224.167.24.133  UDP      Source
port: 1361 Destination port: ms-sql-m

Frame 1 (418 bytes on wire, 68 bytes captured)
Arrival Time: Oct 23, 2004 09:41:00.889273000
Time delta from previous packet: 0.000000000 seconds
Time since reference or first frame: 0.000000000 seconds
Frame Number: 1
Packet Length: 418 bytes
Capture Length: 68 bytes
Protocols in frame: eth:ip:udp:data
Ethernet II, Src: 00:0a:e4:42:ca:0a, Dst: 01:00:5e:27:18:85
Destination: 01:00:5e:27:18:85 (01:00:5e:27:18:85)
Source: 00:0a:e4:42:ca:0a (Wistron_42:ca:0a)
Type: IP (0x0800)
Internet Protocol, Src Addr: 195.235.198.49 (195.235.198.49), Dst Addr:
224.167.24.133 (224.167.24.133)
Version: 4
Header length: 20 bytes
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
  0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0x00)
  ... ..0. = ECN-Capable Transport (ECT): 0
  ... ..0 = ECN-CE: 0
Total Length: 404
Identification: 0x913f (37183)
Flags: 0x00
  0... = Reserved bit: Not set
  .0.. = Don't fragment: Not set
  ..0. = More fragments: Not set
Fragment offset: 0
Time to live: 1
Protocol: UDP (0x11)
Header checksum: 0xa3d0 (correct)
Source: 195.235.198.49 (195.235.198.49)
Destination: 224.167.24.133 (224.167.24.133)
User Datagram Protocol, Src Port: 1361 (1361), Dst Port: ms-sql-m (1434)
Source port: 1361 (1361)
Destination port: ms-sql-m (1434)
Length: 384
Checksum: 0xacb0
Data (26 bytes)
0000  04 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 .....
      0010  01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 .....

```

Como se puede ver en los datos anteriores no está capturado todo el tráfico que se generaba en la red ya que éste ocupaba mucho espacio y aportaba mucha información innecesaria. Por ello, se decidió capturar tráfico desde la capa de transporte hasta la capa de red, según la pila de protocolos TCP/IP.

Sólo una parte de esta información resultó de interés para el estudio que se tuvo que realizar por lo que el resto fue filtrado. Aunque la aplicación Ethereal tiene una gran funcionalidad, se optó por convertir las trazas a formato texto, y realizar un tratamiento mediante programas/scripts diseñados ex profeso.

Para obtener los scripts se ha utilizado la utilidad AWK en Linux, que permite desarrollar programas muy útiles para el reconocimiento y extracción de patrones, además de programas similares a los que se pueden desarrollar con otros lenguajes como C, pero mucho más sencillos.

4.4.1 AWKs desarrollados

En esta sección se van a explicar los AWKs desarrollados, la utilidad que han tenido para el análisis y la finalidad con la que se han desarrollado. El código de éstos se puede encontrar en el CD adjunto.

- AWK_Campos: este programa se encarga de extraer de entre todos los datos aquellos que han sido interesantes para el estudio. Estos son:
 - Direcciones IP origen y destino.
 - Día y hora de llegada del paquete.
 - Longitud del paquete, tanto real como capturada.
 - Puertos origen y destino.
- AWKs para los juegos: después de tener todo el tráfico en el formato adecuado, fue separado por juegos.

Para reconocer los juegos se averiguó el puerto o rango de puertos que usan. De esta forma se optó por realizar un programa para separar los juegos por el número de puerto, ya que es la única información que proporcionan las trazas para definir los juegos, exceptuando el Quake III que es reconocido directamente por Ethereal. Las herramientas para separar los juegos son básicamente las mismas, a continuación se explicarán las diferencias y los puertos de cada juego:

- o AWK_Counter: este programa extrae todas las trazas cuyo tráfico procede o se dirige al siguiente puerto:
 - 27015
 - o AWK_Quake: este programa extrae todas las trazas que estén identificadas como correspondientes al juego Quake 3, ya que éste consta como un protocolo para el Ethernet.
 - o AWK_Unreal: este otro juego va asignando puertos a los distintos usuarios conforme se van conectando y los puertos están en el rango:
 - 7777-7800, ningún puerto corresponde a dos jugadores simultáneamente
 - o AWK_Warcraft: este otro programa extrae todas las trazas cuyo tráfico procede o se dirige al siguiente puerto:
 - 6112 que es el que corresponde al Warcraft III The Frozen Throne
- AWKs para los usuarios: para cada juego se ha decidido elegir 10 usuarios al azar para estudiar su comportamiento. Para esto se ha extraído el tráfico de los jugadores a través de las direcciones IP.
- AWKs para estudiar el comportamiento de los usuarios y separar las partidas: se ha intentado averiguar el número de partidas que hay de cada juego. Como en el tráfico capturado no hay nada que proporcione información acerca de las partidas celebradas, se han realizado unos scripts que estudian el número de paquetes que hay con una diferencia mayor a los intervalos estimados. Más adelante se podrán ver gráficas relacionadas con este aspecto.
- AWKs para estudiar el número de paquetes por partida y la duración de las partidas: partiendo de la información extraída por los AWKs expuestos anteriormente, se han realizado estudios específicos de las partidas, como puede ser la duración o el número de paquetes por partida.
- AWKs para el tamaño de los paquetes: se han realizado programas en AWK para estudiar el tamaño de los paquetes, ya que éste no es constante. Para realizar estos programas se decidió averiguar los tamaños máximo y mínimo y, a partir de ahí, estudiar el número de paquetes para todos los tamaños intermedios.

- AWKs para los jugadores: que sirven para estudiar el número de jugadores totales que hay de los juegos estudiados. También sirven para conocer los jugadores presentes durante un cierto intervalo de tiempo.
- AWKs direcciones IP por hora: para ver el comportamiento de jugadores específicos se ha decidido partir de 10 jugadores, escogidos al azar. Con estos jugadores se pretendía ver si aparecen simultáneamente en distintos juegos. Esto pueden aportar información de la inscripción y forma de disputar los torneos previstos.

4.4.2 Resultados de los AWKs

De los AWKs comentados anteriormente se ha obtenido una gran cantidad de resultados, algunos de los cuales han servido como paso intermedio para llegar a resultados finales. Sin embargo, otros son resultados finales en sí mismos. De estos últimos se presentan los más interesantes en la siguiente sección.

4.5 Análisis del Tráfico

En esta parte del proyecto se incluye el estudio que se ha llevado a cabo de análisis del tráfico, en base a los resultados que se han obtenido, los cuales son mostrados también aquí.

Como ya se ha indicado , inicialmente se parte únicamente del tráfico capturado de la MurciaLAN Party mediante el analizador de paquetes Ethereal, y desde ahí se pretende llegar a obtener un modelo que permita simular el tráfico generado por los distintos juegos en red.

En el tráfico capturado aparecen paquetes con información tal como direcciones IP origen y destino, puertos origen y destino, día y hora de llegada, tamaño total y tamaño del paquete.

4.5.1 Comportamiento de los jugadores

La primera cuestión que se plantea ante el tráfico disponible es ver cómo se comportan los jugadores a lo largo del tiempo, ver el tiempo entre paquetes y si todos los jugadores envían la misma cantidad de paquetes con un espacio entre paquetes determinado.

Para explicar lo que se quiere estudiar vamos a utilizar la siguiente gráfica:

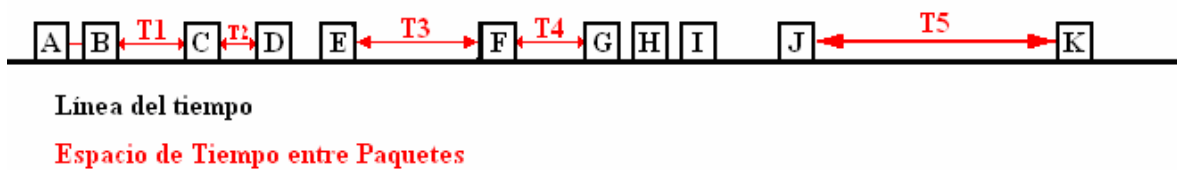


Figura 4.6 Gráfica de tiempo entre paquetes.

Como podemos ver en la gráfica, hay distintos paquetes los cuales van desde la etiqueta A a la K, y están separados por diferentes intervalos de tiempo. Además, se puede observar que los tiempos entre paquetes varían considerablemente. En base a esto se llevará a cabo el análisis del tráfico.

Lo que se persigue con este estudio es separar el tráfico en partidas. Hay que recordar que la única información de la que se dispone es el tráfico capturado a lo largo de las 25 horas de la Murcia LAN Party. El único modo que se tiene para separar las partidas es ver cómo de separados están los paquetes, y a partir de ahí estimar las partidas jugadas.

Puesto que no se sabe cuanto tiempo hay entre dos paquetes de partidas distintas éste se debe estimar. Para ello se toman umbrales y si la separación entre dos paquetes es menor a un umbral se añade ese paquete al intervalo que quede entre el umbral considerado y el anterior. De esta manera, al final se tendrán agrupados los paquetes por intervalos, y los intervalos de tiempo que agrupen más paquetes será donde se produce el tráfico normal del juego.

Para obtener los umbrales más apropiados se han realizado varias pruebas para llevar a cabo un ajuste de valores, con el fin de crear intervalos que puedan representar claramente la distribución de los paquetes en el tiempo.

Los intervalos considerados en este estudio son los siguientes:

- Intervalo 1: Con diferencia menor a 0.0001 segundos → (-0.0001) segundos
- Intervalo 2: Entre 0.0001 y 0.001 segundos → (0.0001-0.001] segundos
- Intervalo 3: Entre 0.001 y 0.01 segundos → (0.001- 0.01] segundos
- Intervalo 4: Entre 0.01 y 0.1 segundos → (0.01-0.1] segundos
- Intervalo 5: Entre 0.1 y 1 segundo → (0.1-1] segundos
- Intervalo 6: Entre 1 y 10 segundos → (1-10] segundos
- Intervalo 7: Entre 10 y 30 segundos → (10-30] segundos
- Intervalo 8: Entre 30 segundos y 1 minuto → (30-60] segundos
- Intervalo 9: Entre 1 minuto y 10 minutos → (60-600] segundos
- Intervalo 10: Entre 10 minutos y media hora → (600-1800] segundos
- Intervalo 11: Entre media hora y 1 hora → (1800-3600] segundos
- Intervalo 12: Más de 1 hora → (36000-) segundos

Se pretende estudiar cuatro juegos, como se mencionó anteriormente. Luego lo primero que hay que hacer es ver si para cada uno de los juegos todos los jugadores se comportan de la misma manera. Para cada uno de los juegos se eligen 10 jugadores distintos al azar, siendo por tanto, distintos para cada juego. A continuación, se estudiará el comportamiento de cada uno de los jugadores para ver si todos los jugadores envían los paquetes con la misma frecuencia dentro de un mismo juego.

Posteriormente, en las gráficas, cuando se hable de intervalos aparecerá el límite superior de éste, dado el reducido espacio que hay para incluir etiquetas en los ejes.

Con los usuarios de cada juego y la diferencia entre paquetes considerados para cada uno de los intervalos se han realizado gráficas que permiten ver si el comportamiento de todos los usuarios es similar o no.

En la Figura 4.7 se incluye una gráfica con el porcentaje de paquetes enviados y otra con el porcentaje acumulado.

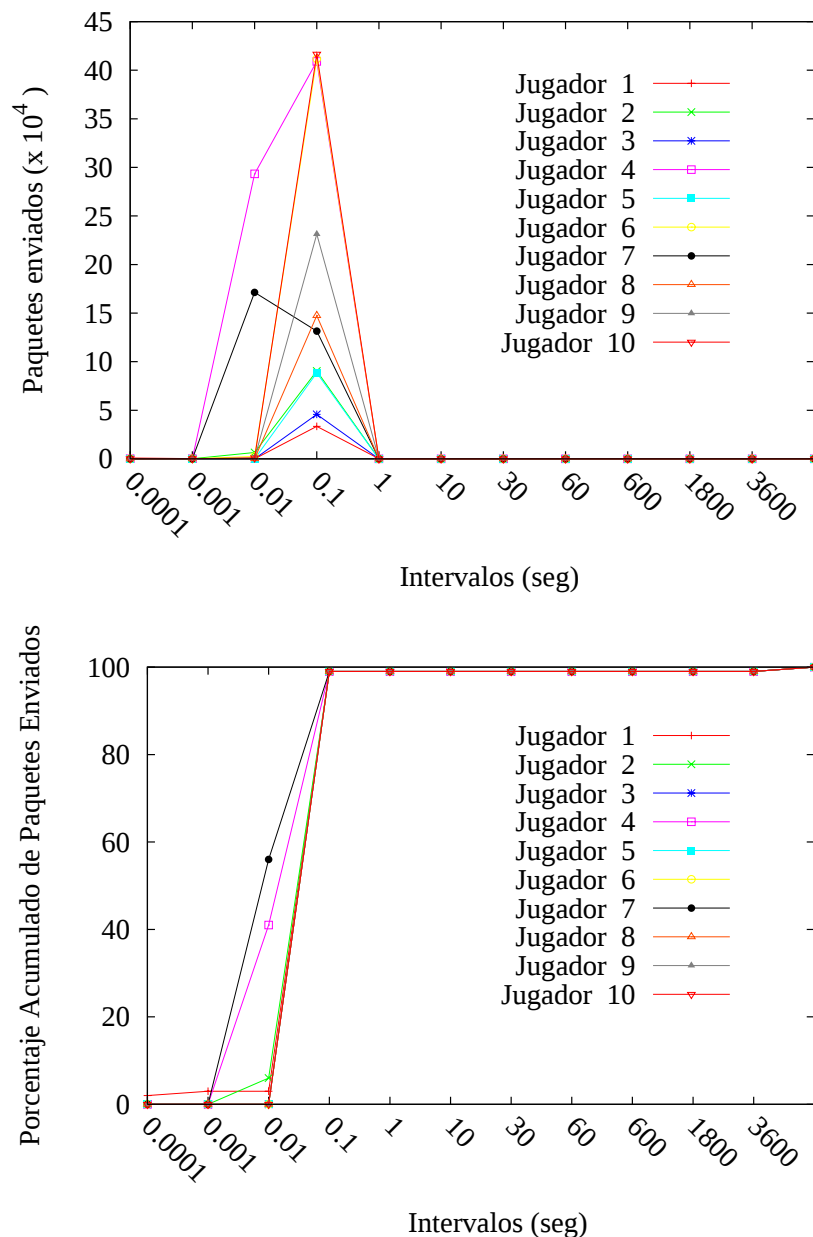


Figura 4.7 Comportamiento de los jugadores en general para todos los juegos.

Para todos los juegos, como era de esperar, el comportamiento de los jugadores es similar. Por esa razón estas gráficas, que corresponden al Quake 3 Arena, representan el comportamiento general de todos los juegos.

En la primera gráfica de la Figura 4.7 se puede ver el número de paquetes enviados en cada intervalo. Ésta muestra que la mayoría de los paquetes se agrupan en torno a unos pocos intervalos, lo que significa que la mayoría de los paquetes llegan con la misma diferencia de tiempo.

En la segunda gráfica se muestra el porcentaje acumulado de los paquetes enviados. En esta otra gráfica se puede ver que casi el 100% de los paquetes llegan con una diferencia máxima de 0.1 segundos.

Dependiendo del juego, el pico de la curva estará más a la izquierda o más a la derecha. Sin embargo, la tendencia de la gráfica es la misma en todos los juegos. Si el pico de la gráfica se da en los intervalos más pequeños, esto indica que los paquetes llegan con una diferencia de tiempo entre ellos menor, por lo que el juego es más rápido. Si por el contrario el pico se produce en intervalos mayores, la diferencia entre la llegada de los paquetes es mayor y esto indica que el juego es más lento.

No obstante, para todos los juegos en las gráficas de este tipo aparece un pico que siguen todos los jugadores (de forma similar) con un número de paquetes mayor o menor, dependiendo de la capacidad del jugador, ya que un jugador muy activo generará más paquetes que otros.

Otros factores que influyen mucho en el desarrollo del juego son:

- La experiencia y habilidad del jugador: en función de cómo lleve a cabo la estrategia un jugador el tráfico puede variar. Un jugador puede ser más rápido y generar más paquetes con una diferencia de tiempo entre llegadas menores que otro que sea más lento. Por otra parte, si el jugador tiene mucha experiencia o es muy bueno, realizará varias acciones al mismo tiempo, lo que puede hacer que el tamaño de los paquetes sea mayor.
- Las características de la máquina: al principio de este proyecto se puede ver que los requisitos mínimos para el juego son los básicos que tienen la mayoría de los ordenadores. Sin embargo, en el transcurso de una partida se puede observar que cuanto mejor es una máquina (principalmente la tarjeta gráfica) más oportunidades tendrá para ganar.

También es necesario indicar que dependiendo del tipo de juego los requisitos de la máquina influirán más en unos juegos que en otros. Hay juegos en los que el hardware juega un papel tan importante como la calidad del jugador; estos juegos suelen ser muy rápidos (en cuanto a movimiento y cambio de pantallas) y con unos gráficos con mucho detalle, texturas, colores, etc.

4.5.2 Partidas por juego

Ya se ha podido comprobar que el comportamiento de los jugadores es similar dentro de cada juego, aunque el comportamiento de todos los juegos, obviamente, no es el mismo. Como se mencionó anteriormente, lo que se pretende es separar el tráfico por partida que se obtuvo en la Murcia LAN Party. Este método es el inverso al que se seguiría si se hace un seguimiento de los juegos in-situ. Sin embargo, en una LAN Party es muy difícil contabilizar las partidas que se llevan a cabo y mucho más aún conocer la duración y participantes.

Para diferenciar entre partidas y con ello saber el número de partidas, se han observado los intervalos de tiempo. Se han estudiado los intervalos de tiempo y los paquetes que corresponden con cada intervalo y a partir de ahí se ha intentado determinar la separación de dos partidas distintas. De esta forma el número de ocurrencias en los intervalos superiores a los considerados límites indicarían el número de partidas distintas disputadas por ese jugador. Sin embargo, con este método se detectó un problema. Al dar un número exacto, la probabilidad de error era muy grande, ya que no se puede estimar el número exacto con la información de la que se dispone. De esta forma se decidió realizar un estudio similar al anterior, dejando el número de partidas en función del intervalo considerado.

Así pues, partiendo de los intervalos definidos en el apartado anterior se decidió averiguar el número de partidas celebradas por un mismo jugador. Para esto se ha de suponer que una partida se acaba cuando hay una diferencia de tiempo entre paquetes recibidos mayor o igual al intervalo de tiempo elegido para el corte.

En la Figura 4.8, para cada uno de los juegos se representa una gráfica de las partidas estimadas.

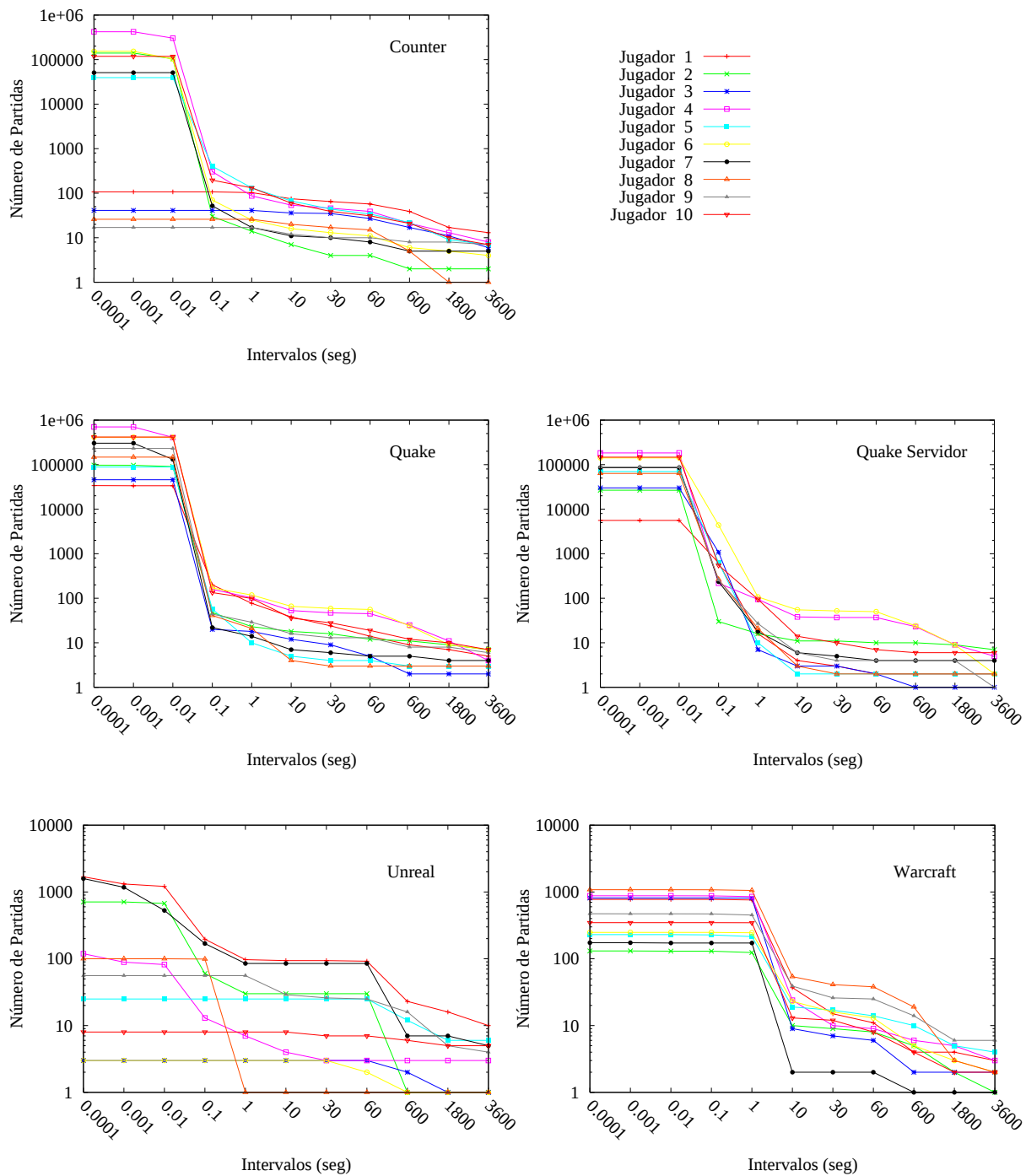


Figura 4.8 Partidas estimadas por tiempos para cada uno de los juegos.

Hay que indicar que aunque el estudio se está realizando sobre los 4 juegos mencionados anteriormente, se tienen 5 representaciones gráficas. Esto se debe a que para el Quake 3 Arena además del tráfico enviado se va a estudiar también el tráfico recibido, o lo que es lo mismo, el tráfico enviado por el servidor, que corresponde con la gráfica denominada Quake_Servidor. Para el resto de los juegos no es posible estudiar el tráfico recibido porque los paquetes se envían con direcciones *broadcast* para destino (pero sólo para los de la misma partida). Esto se debe a que en el resto de los juegos no hay un servidor dedicado, sino que uno de los jugadores hace de servidor. En este caso, uno de los jugadores “*hostea*” (hace de servidor) la partida y los jugadores van rotando a lo largo de distintas partidas para ser *host*, de forma que no sea siempre el mismo.

Volviendo a las Figura 4.8, se puede observar que en todos los juegos, a intervalos más pequeños hay más partidas, como por otra parte es de esperar. Esto se debe a que si separamos las partidas en los intervalos en los que, por ejemplo, se envían los paquetes en menos de 0.1 segundo, es de esperar que salgan muchas partidas. Evidentemente, en ese caso los resultados no tendrán sentido ya que entre dos partidas van a pasar al menos varios segundos o incluso minutos.

En el Quake 3 Arena no se obtiene el mismo número de partidas para los clientes que para el servidor en los intervalos con diferencias de tiempo muy pequeñas. Esto se debe a que el servidor tarda algo más en responder (a cada uno de los usuarios) que en recibir paquetes, pues él recibe paquetes de todos los jugadores y, a su vez, tiene que informar a todos los jugadores de la situación de los demás. Por lo tanto es de esperar que envíe menos paquetes más grandes a cada uno de los clientes y con una frecuencia algo menor que la de los clientes que sólo le envían paquetes a él. No obstante, a partir de los intervalos segundo y tercero el número de partidas estimadas es bastante coherente.

Una vez realizado este estudio para estimar el número de partidas en función del tiempo que transcurre entre paquetes, se puede observar que en el juego Unreal Tournament hay algunos jugadores para los que no cambia el número de partidas ya haya separaciones muy pequeñas entre paquetes (los intervalos de la izquierda) o separaciones muy grandes (los intervalos de la derecha). Esto se debe a que, para esos usuarios, hay pocos paquetes y en esos casos la separación entre ellos es muy grande.

En las gráficas también se puede ver que el tráfico del Counter Strike y el Quake 3 Arena es muy parecido entre sí, al igual que ocurre con el Unreal Tournament y el Warcraft III. Las semejanzas en el comportamiento entre los juegos Counter Strike y Quake 3 es lógica ya que son del mismo tipo. Sin embargo, no se puede decir lo mismo para los otros dos ya que el Unreal Tournament es del mismo tipo que Quake 3 y Counter

Strike, los motivos por lo que se piensa que se puede dar esto son: o que los dos juegos estuviesen más parados que los otros (el número de partidas que salen para estos es menor) o que la programación de ambos juegos sea similar aunque el tipo de juegos sea distinto.

Como se mencionaba anteriormente, no se va a elegir un número de partidas en concreto ya que se estarían falseando los datos. Se ha optado por incluir las gráficas para que se vean los resultados. Además, para todos los juegos el tiempo entre partidas no es el mismo ya que son de distinto tipo. Por lo tanto tienen distintos objetivos, distintos modos de juego y distintas velocidades y normas de juego.

Si se tuviese que dar un número aproximado de partidas, habría que estimar un número de partidas considerando a partir del intervalo 6, es decir, separar las partidas cuando haya, como mínimo, 60 segundos entre 2 paquetes, debido a que la separación entre paquetes es suficiente para considerarlos en partidas distintas y además se obtendría un número razonable de partidas, aunque este no se conozca exactamente. Además, en ese caso, sería necesario estudiar las partidas y ver cuáles tienen una cantidad de tráfico razonable como para que sean partidas en sí mismas.

4.5.3 Paquetes por partida

El siguiente paso en el análisis del tráfico de los juegos es averiguar el número de paquetes medio por partida para cada uno de los juegos. Para ello se va a suponer que las partidas jugadas son las obtenidas en el apartado anterior, y por tanto también aquí el número de paquetes por partida quedará en función de los intervalos de tiempo entre paquetes considerados.

Así pues, para este estudio se analiza el número de paquetes en función del número de partidas obtenidas con el procedimiento anterior. A primera vista, las curvas de estas gráficas deben tener una forma contraria a las que aparecen en la Figura 4.8, relativa al número de partidas por intervalo de tiempo, ya que cuantas más partidas haya menos paquetes tendrá cada partida, y viceversa. Cuando, en el apartado anterior, han salido muchas partidas se debía a que la separación entre paquetes dentro de una misma partida era muy pequeña, por lo tanto ahora en esos intervalos habrá pocos paquetes por partida, porque no transcurre tiempo suficiente para que lleguen muchos paquetes.

Esta información también puede ser útil para determinar las características de los juegos. Como se comentaba en el apartado anterior, se pretende conocer el número de partidas considerando las diferencias de tiempo entre llegadas de paquetes. Sin embargo, puede ocurrir que en un momento dado de la partida un jugador pare durante unos

segundos o que un jugador se conecte con el fin de ver cómo va la partida de otros jugadores. Para distinguir estos casos de los finales de partidas reales, se deben estudiar las partidas resultantes (en caso de dividir las en dos). Si las duraciones de ambas partidas no tienen sentido se debe analizar si tienen paquetes suficientes, cada una, para poder separarlas.

La Figura 4.9 representa las gráficas que indican el número de paquetes enviados en cada intervalo para cada uno de los juegos.

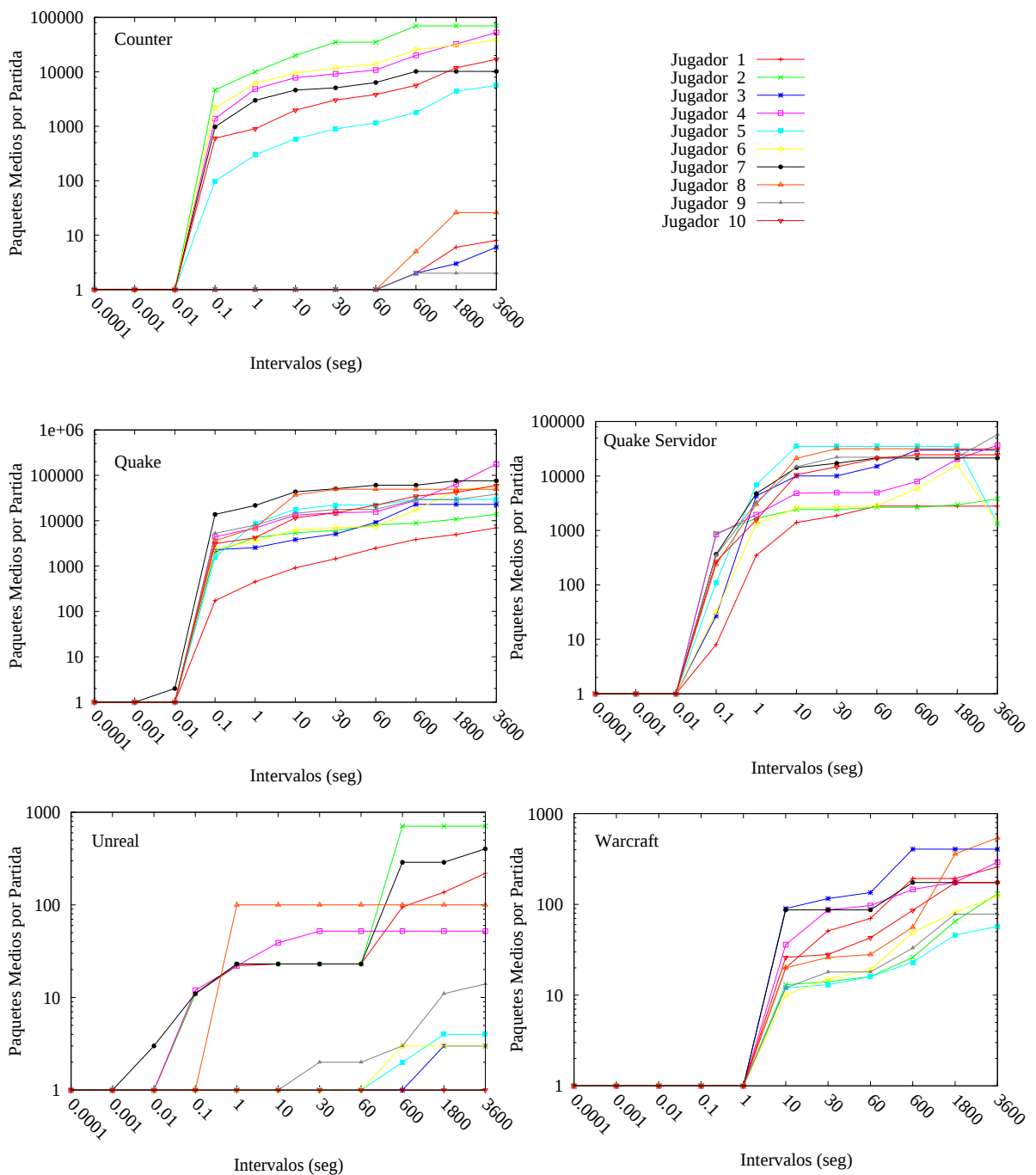


Figura 4.9 Paquetes estimados por tiempos para cada uno de los juegos.

En las gráficas se puede ver claramente que el número de paquetes medio por partida se comporta al contrario que en las gráficas del número de partidas jugadas. Este comportamiento, como ya se ha adelantado antes, es lógico ya que si se separan partidas con diferencias de tiempos entre paquetes muy pequeñas, el resultado es que aparecen muchas partidas y por lo tanto habrá muy pocos paquetes en cada una de ellas (incluso sólo 1 ó 2 paquetes). El número de paquetes comenzará a tener sentido cuando la gráfica empiece a tener una forma constante. Hay que señalar que esto coincide con los intervalos en los que el número de partidas parece tener sentido, es decir a partir de los intervalos 3º o 4º, o lo que es lo mismo, a partir de 1 segundo más o menos.

Al igual que en el apartado anterior, cabe mencionar que se están estudiando cuatro juegos, pero se realiza el estudio del servidor del Quake 3, ya que en este juego tenemos localizado al servidor dedicado. Como también se indicaba anteriormente, el servidor envía menos paquetes, pero éstos se supone que serán más grandes. Es lógico que el servidor envíe menos paquetes que los usuarios, pues el servidor envía los paquetes con una frecuencia menor que los jugadores. Esto se debe a que el servidor tiene que informar a todos los usuarios y no puede mandar tantos paquetes como le llegan, con lo cual envía menos paquetes, pero más grandes.

Como se puede ver en las gráficas, en los juegos Counter Strike y Quake 3, los usuarios tienen el mismo comportamiento. Esto corrobora que son juegos muy similares, del mismo tipo y por lo tanto se comportan igual, aunque dependiendo de los jugadores las cifras serán unas u otras, el comportamiento es el mismo.

Por otro lado en los juegos Unreal Tournament y el Warcraft III, la tendencia es la misma que en los juegos anteriores. No obstante, en el caso del Unreal Tournament aparecen algunos jugadores que siguen la misma tendencia, pero con un número de paquetes muy pequeño. Además, en estos dos juegos el número de paquetes por partida es muy inferior, lo que puede deberse al comportamiento de los juegos o a cómo se jugó en la LAN Party, pues puede ser que en los momentos en los que se capturó el tráfico no jugaran de forma intensiva a estos juegos.

4.5.4 Duración de las partidas

Siguiendo con el análisis anterior, a continuación se va a estudiar la duración de las partidas estimadas. Por ello, de nuevo, se realizará el estudio en función de los distintos intervalos considerados para los tiempos entre paquetes. Con lo cual se seguirán considerando las partidas que se estimaron anteriormente.

Así pues, la duración de las partidas va a depender también del intervalo apreciado para el tiempo de separación que haya entre dos paquetes. No obstante, en este caso no se puede saber de antemano el comportamiento de las gráficas. Se puede intuir que tendrán una forma similar a las del apartado anterior. Es decir, suponemos que las partidas serán más cortas si se estiman separadas con los intervalos de tiempo más pequeños, y más duraderas las partidas cuando los intervalos sean muy grandes.

La información que van a proporcionar estas gráficas es muy interesante, ya que la duración de las partidas suele ser más o menos constante para cada tipo de juegos y para cada uno de los juegos. Esto puede servir de mucha ayuda, ya que si la duración es aproximada y no exactamente la misma, es razonable que no se eligiera una duración fija para las partidas, sino que se estimase como umbral una meta establecida, como puede ser número de muertes, victorias alcanzadas, etc.; lo que indica que el juego se comporta siempre de la misma manera. Por ejemplo en el Quake 3 se puede elegir un número de muertes y cuando un jugador las consigue, entonces finaliza el juego. No obstante, el Quake 3 también permite finalizar una partida cuando se llega al tiempo que se decidió cuando se creó la partida. No todos los juegos permiten establecer el tiempo máximo de las partidas.

Dependiendo del tipo de juegos, de la acción que en ellos se lleva a cabo y de la historia que siguen, la duración puede variar considerablemente. Sin embargo, para el mismo juego las partidas suelen tener una duración más o menos similar.

Otra forma de estimar el número de partidas sería con su duración. De esta forma, si se obtienen duraciones muy variables se podrán coger los intervalos en los que la duración de la partida se acerque más a la realidad, y en las que los paquetes que aparezcan sean los suficientes como para que una partida se pueda llevar a cabo.

En la Figura 4.10 aparecen las gráficas obtenidas para las duraciones de las partidas.

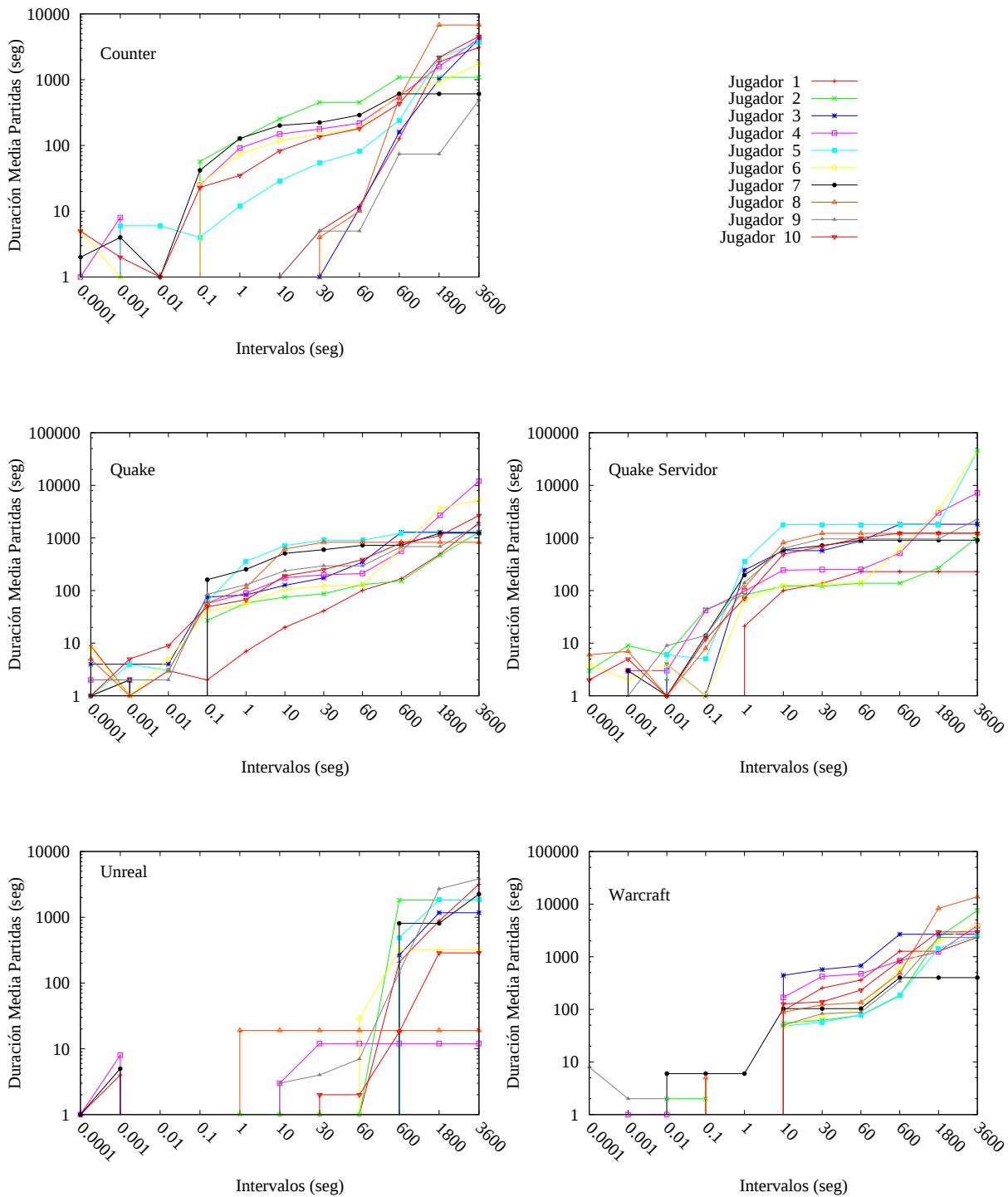


Figura 4.10 Duración de partidas estimada por tiempo.

En este caso se puede observar que el comportamiento sigue la forma que se estimaba. Al principio, para los intervalos de separación de partidas pequeños, la duración de las partidas es muy pequeña ya que las partidas tienen muy pocos paquetes. Sin embargo, para los intervalos mayores las partidas son también de mayor duración.

Al igual que en los apartados anteriores, se ha estudiado el comportamiento para el servidor del Quake 3. En este caso se puede ver que la duración de las partidas es muy aproximada a la duración de las partidas que se obtienen para los jugadores. Se ve que hay unas duraciones un poco mayores y esto es debido a cómo envía los paquetes el servidor. En el servidor del juego es lógico que las partidas duren algo más, ya que es ahí donde se crean las partidas y desde donde se informa a todos los jugadores del fin de la partida porque ha habido un jugador que ha ganado.

Cabe señalar que para algunos juegos la duración de las partidas es constante para muchos de los intervalos considerados. Esto es debido a que se llega a un momento en el que los tiempos entre partidas es aproximado a la realidad. En la gráfica correspondiente al Warcraft III, se puede ver que no comienza a haber duraciones de partida razonables hasta que ha transcurrido un tiempo entre paquetes de distintas partidas bastante grande. Esto se debe al tipo de juego, ya que no exige tanta rapidez como en los otros, pues su objetivo es construir una historia.

Según se estima para el tipo de juego FPS (Counter, Quake, Unreal) la duración de las partidas suele ser de 10 a 30 minutos, aunque depende el número de muertes escogidas. También se pueden establecer tiempos, con lo cual las partidas duran un tiempo exacto. Así pues, en este caso el corte estaría entre 600 y 1800 segundos. Para el Warcraft, que es del tipo MMG/RTS, el comportamiento es distinto, ya que puede haber partidas con muy poca duración y otras de mucho tiempo, dependiendo del jugador.

Con estas gráficas concluimos (por ahora) con el estudio de los paquetes según su distribución en el tiempo y la estimación de las partidas. Las conclusiones a las que hemos llegado con el estudio realizado hasta ahora han sido las siguientes:

- Los usuarios de un mismo juego siguen el mismo comportamiento entre ellos a la hora de enviar paquetes.
- Es difícil dar un número exacto de partidas. Por ello, se ha realizado el estudio con un número aproximado de partidas que se estima que se han jugado. Además, se han obtenido las características consideradas importantes para cada número de partidas estimadas. Estas características son paquetes por partida y duración de las partidas.

- Exactamente no se puede saber en qué punto del juego se encontraban los jugadores en cada momento. Sin embargo, sí se puede saber el comportamiento general de los jugadores, si están jugando o parados, y por tanto estimar los casos excepcionales de los jugadores que generan un tráfico muy distinto al resto.

A continuación se seguirá con el análisis del tráfico, pero en este caso se estudiará el tamaño de los paquetes transmitidos.

4.5.5 Tamaño de los paquetes

Dado que ya se ha realizado el estudio de la distribución de los paquetes a lo largo del tiempo, ahora se procede a estudiar los tamaños de los paquetes y el número de paquetes que hay para cada uno de los tamaños existentes. Con este estudio se pretende averiguar si los tamaños de los paquetes son constantes, o con ligeras variaciones en el tamaño, o si por el contrario encontramos tamaños de paquete muy distintos.

Los tamaños de los paquetes pueden aportar mucha información a la hora de conocer el comportamiento de los juegos, puesto que no es lo mismo tener tamaños de paquetes constantes, o sólo unos pocos tamaños de paquetes, que tener muchos tamaños distintos y además muy variables. El tener pocos tamaños distintos de paquetes indicaría que el juego tiene el mismo comportamiento a lo largo de todo el juego. Si por el contrario se tienen tamaños de paquetes muy variables, esto indica que en el juego hay claras diferenciaciones de unas partes a otras. Además, tamaños de paquetes variables indicarían que el tráfico enviado para cada una de las acciones no es igual, sino que se tienen diferentes tamaños de paquetes, y por tanto diferente cantidad de información a transmitir, en función de la acción.

Para poder estudiar los tamaños de paquete se ha hecho lo siguiente:

- Averiguar el tamaño mínimo y máximo de los paquetes para cada uno de los juegos.
- Ver el número de paquetes de cada uno de los juegos que se tienen para cada uno de los tamaños distintos.

Las Figuras 4.11 y 4.12 representan los estudios realizados para conocer los tamaños de los paquetes de cada uno de los juegos.

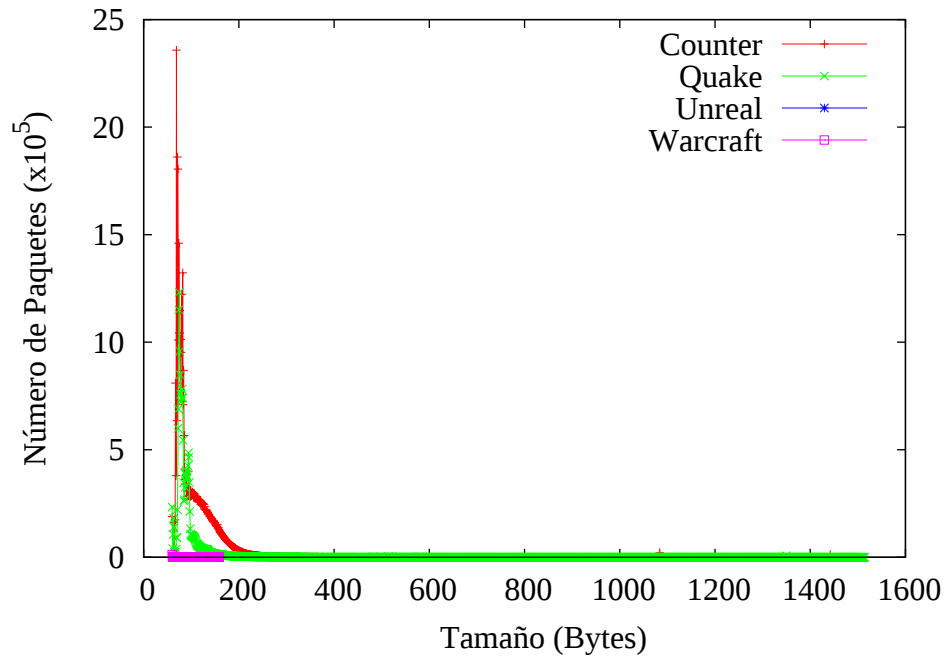


Figura 4.11 Número de paquetes por tamaño en escala lineal.

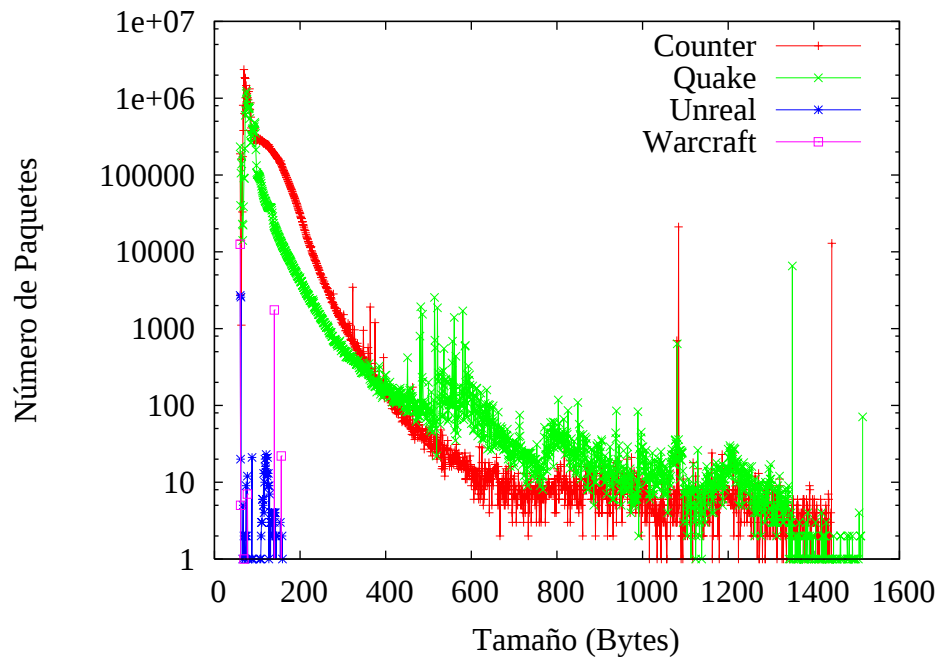


Figura 4.12 Número de paquetes por tamaño en escala logarítmica.

Las Figuras 4.11 y 4.12 contienen los mismos datos, aunque la información que proporcionan y las conclusiones que se pueden extraer de cada una de ellas son distintas. La primera gráfica está en escala lineal, mientras que en la segunda podemos ver que se ha utilizado escala logarítmica.

Los tamaños mínimos y máximo para cada uno de los juegos son los que aparecen en la Tabla 4.1.

	Juegos			
	Counter Strike	Quake 3 Arena	Unreal Tournament	Warcraft III
Tamaño Mínimo	60 bytes	60 bytes	60 bytes	60 bytes
Tamaño Máximo	1442 bytes	1514 bytes	159 bytes	473 bytes

Tabla 4.1 Tamaños de paquete mínimo y máximo para cada uno de los juegos.

Al contrario que en los casos anteriores, en este estudio no se ha tenido en cuenta el servidor para el Quake 3 Arena, ya que se han analizado todos los tamaños distintos para el juego en general, sin separar por un lado el servidor y por otro los usuarios. En este caso el tráfico del Quake 3 Arena está analizado todo junto.

En la Figura 4.11 se puede ver que el tamaño de los paquetes va desde 60 bytes hasta 1500 bytes (aproximadamente), que es el tamaño máximo permitido para Ethernet y que la mayoría de los paquetes se encuentren entre los tamaños 60 y 72 bytes. Por lo tanto, de la primera gráfica se puede deducir que los tamaños no son constantes.

Es de suponer que cuando el tamaño de los paquetes oscila entre 60 y 72 bytes se está enviando tráfico normal del juego, o lo que es lo mismo se llevan a cabo las acciones más habituales. Entre las acciones más comunes para estos juegos son el desplazamiento y los disparos de los jugadores.

Por otra parte, suponemos que cuando el tamaño de los paquetes es muy distinto y hay pocos paquetes de ese tipo, se debe a que se está enviando información más específica. Entre estas acciones pueden aparecer la muerte de un jugador, la sincronización de los mapas de un juego u otras acciones poco usuales en una partida.

En la Figura 4.12 se puede ver que todos los juegos no funcionan de la misma forma, ya que se pueden hacer dos grupos bien diferenciados: Counter y Quake en un grupo y Unreal junto a Warcraft en otro. Por un lado se ve que el Counter y el Quake tienen un

comportamiento muy similar, viendo que tienen muchos tamaños distintos de paquetes, aunque la mayoría de los paquetes se encuentran entre 60 y 72 bytes. Estos juegos, además de ser del mismo tipo, son muy parecidos en cuanto a comportamiento.

Por otro lado están los juegos Unreal y Warcraft, que tienen un comportamiento muy similar entre sí. Estos juegos tienen un rango menor de tamaños, pues para el Unreal los tamaños van desde 60 a 159 bytes y para el Warcraft de 60 a 473 bytes. Estos juegos son de distinto tipo entre sí, ya que el Unreal es FPS al igual que el Quake 3 Arena y el Counter Strike, mientras que el Warcraft por el contrario es MMG/RTS. No obstante, tanto el Unreal Tournament como el Warcraft III siguen un comportamiento parecido en cuanto a tamaños de paquetes, siendo los tamaños casi constantes.

La Figura 4.13 se ha realizado para ver el rango de tamaños de los juegos Unreal Tournament y Warcraft III.

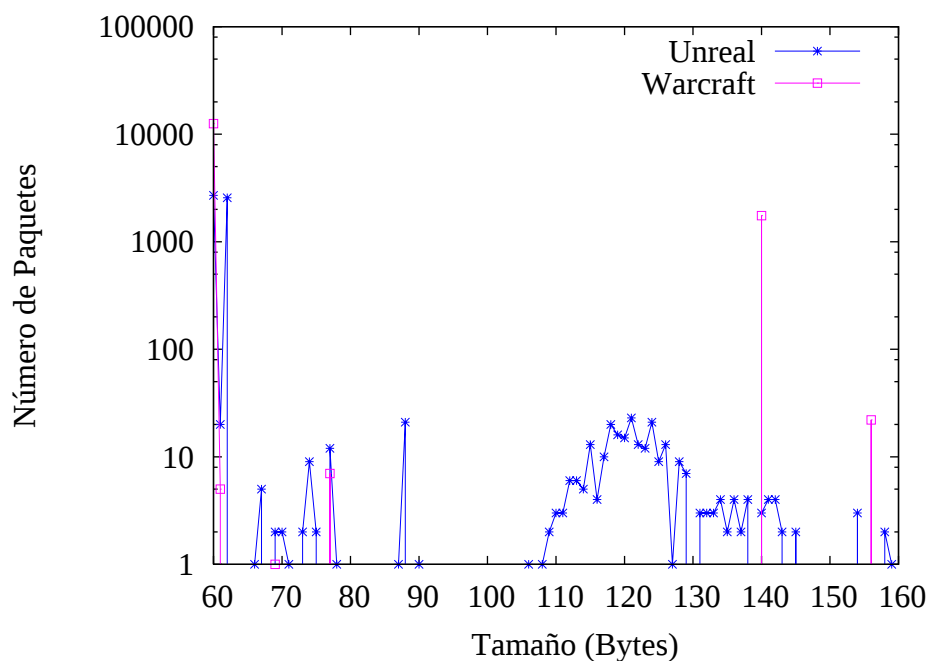


Figura 4.13 Número de paquetes para el Unreal y el Warcraft en escala logarítmica.

Como se ha indicado anteriormente, esta gráfica muestra con más claridad el comportamiento de los juegos Unreal Tournament y el Warcraft III, e indica que los dos juegos se parecen bastante en cuanto a tamaños de paquete y comportamientos. Además, se puede observar que el número de tamaños distinto es mucho menor que para los juegos anteriores, y que el rango está en torno a 60 y 160 bytes.

4.5.6 Distribución de los jugadores a lo largo del tiempo

Otro punto que se ha considerado interesante es saber cuántos jugadores se encuentran en cada juego de los elegidos a lo largo de las 24 horas en las que se estuvo capturando tráfico de la red.

El número de jugadores distintos para el Counter Strike es: 383

El número de jugadores distintos para el Quake 3 Arena es: 281

El número de jugadores distintos para el Unreal Tournament es: 48

El número de jugadores distintos para el Warcraft III The Frozen Throne es: 84

La Figura 4.14 muestra la distribución de los jugadores a lo largo de las 24 horas.

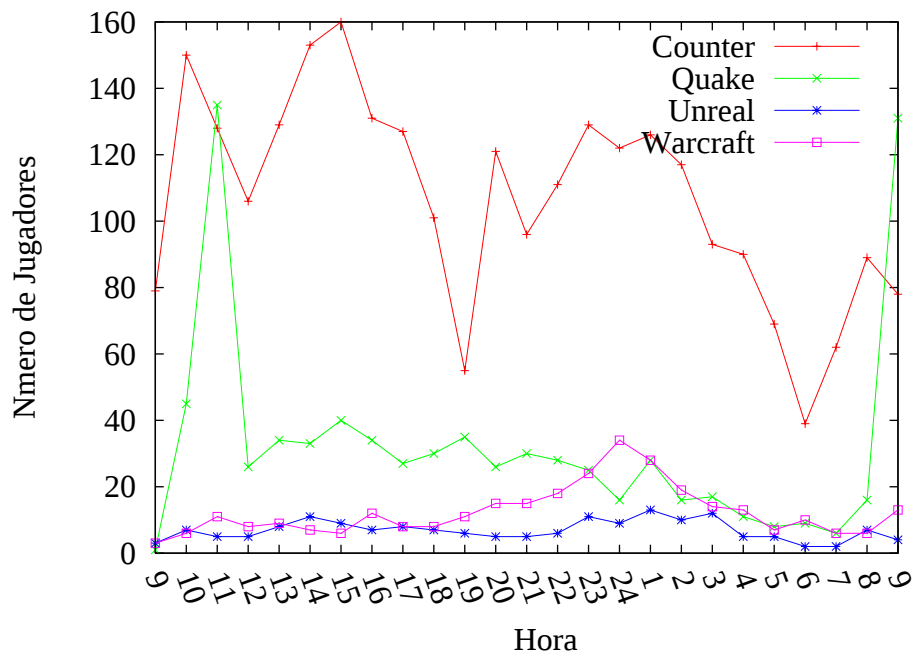


Figura 4.14 Jugadores en cada hora donde se capturó el tráfico desde las 9h del día 13 hasta las 10h del día siguiente.

Se puede ver que el juego que tiene más adeptos, por lo menos en el intervalo de tiempo capturado para esta LAN Party, es el Counter Strike. Está seguido por el Quake 3 Arena y, más lejanos quedan los juegos Unreal Tournament y Warcraft III que son los que menos jugadores tienen.

Cuando se fue a la Murcia LAN Party para capturar tráfico, se capturó el tráfico que había por la red. Por tanto no se sabe cuándo se celebraron los torneos, ni los días ni las horas en las que hubo más tráfico de los juegos. Tampoco se conoce la distribución de

partidas, con lo que hay que suponer lo que ocurre en cada momento a partir de la información obtenida en el análisis, que era lo que se pretendía averiguar con los apartados de análisis realizados hasta ahora.

La explicación que se considera para el comportamiento que se muestra en la gráfica es que el Counter Strike se juega a lo largo de las horas en las que se está capturando el tráfico, ya que se capturó un día de tres que duró la LAN Party. Dado que sólo se obtuvo tráfico de veinticinco horas, es imposible que todos los juegos estuviesen en la misma fase, y por tanto de unos juegos debe haber más tráfico que de otros.

El Quake III Arena por su parte tiene dos picos en esta gráfica. Esto puede representar que se jugaron dos rondas de torneos, una el sábado por la mañana y otra el domingo por la mañana. Además, los picos parece ser que se producen los dos días a las mismas horas.

Por el contrario, el Unreal Tournament no tiene muchos usuarios, lo que puede significar que quedan pocos jugadores que están esperando celebrar la final, ya que no se ven partidas muy significativas, pero sí que hay varios jugadores conectados y enviando paquetes.

Por último, se puede observar que el Warcraft III sigue un comportamiento similar al Unreal pero con una diferencia, pues este juego tiene un pico. Esto puede significar que en ese momento se celebra algún torneo y luego desciende el número de jugadores, que pueden ser los que quedan hasta la final.

4.5.7 Distribución de jugadores a lo largo del tiempo

Para finalizar con el análisis, se han elegido al azar 10 direcciones IP de jugadores y se ha visto cómo se distribuía el tráfico de los cuatro juegos estudiados a lo largo del tiempo.

La Figura 4.15 muestra la distribución de jugadores a lo largo de 24 horas de captura de tráfico.

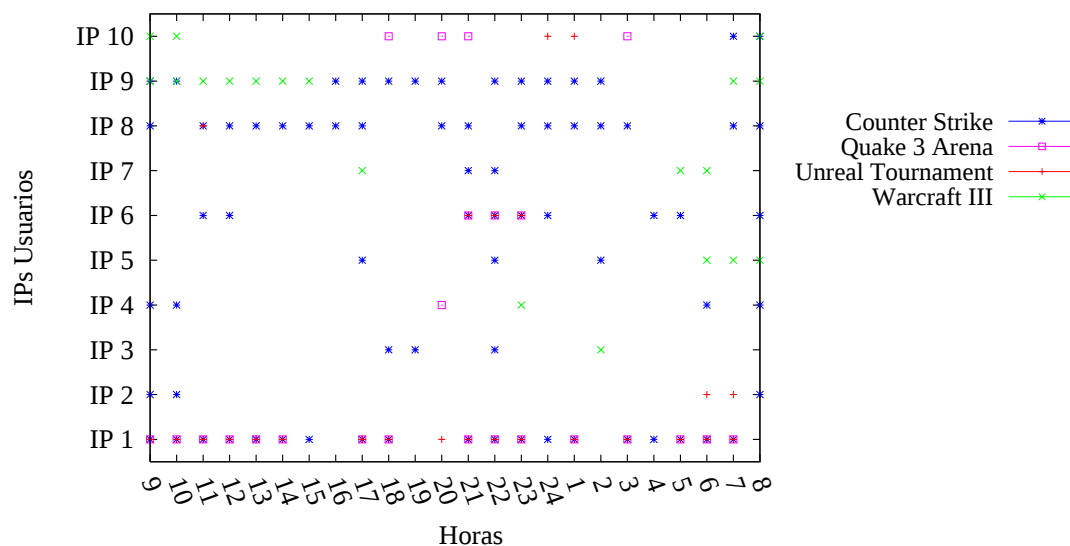


Figura 4.15 Distribución de jugadores a lo largo de 24 horas de captura del tráfico.

En la Figura 4.15 se puede ver que un mismo jugador puede estar simultáneamente recibiendo información de los cuatro juegos distintos estudiados. Este comportamiento se debe a que puede estar inscrito en varios juegos simultáneamente, y por lo tanto recibir tráfico de cada uno de ellos (información que les afecte aunque no estén en la partida en ese momento). Los torneos se celebrarán en momentos distintos, lo que permite que haya varios jugadores que reciban tráfico de varios juegos a la vez. Así pues, aunque se esté inscrito puede que no se esté jugando.

En esta gráfica se puede ver también que todos los usuarios no son igualmente activos, unos están presentes en varios juegos a la vez y a lo largo de casi todas las horas, como pueden ser los jugadores IP 1, IP 8 e IP 9. Por otro lado, se puede ver que los usuarios IP 2, IP 3, IP 4 e IP 7 están jugando muy pocas horas al día, esto puede deberse a que están eliminados de las convocatorias, o que no se hayan inscrito.

También se puede ver que en todas las horas no hay la misma distribución de juegos ni de jugadores. Así de las 5 a las 9 de la mañana (del segundo día) se puede ver que hay muchos menos juegos y también muchos menos jugadores jugando a algún juego, probablemente en esas horas en la Murcia LAN Party, la mayoría de los usuarios tomaron un descanso en cuanto a torneos se refiere.

4.5.8 Resumen

En definitiva lo que se ha mostrado con este capítulo es un estudio del comportamiento de los jugadores en los distintos juegos. Por otra parte también se han comparado los juegos entre sí, es decir, ver en qué se parece y en qué se diferencian los distintos jugadores en los distintos juegos.

No se conoce el funcionamiento de los juegos internamente, ni el tráfico que se genera. Para poder conocer mejor el funcionamiento de los juegos y cómo se genera tráfico se ha realizado todo el estudio anterior. Las gráficas son unas herramientas que permiten ver las líneas de comportamiento y obtener resultados claros a partir de ellas.

Para finalizar este capítulo se van a indicar las conclusiones más importantes:

- En primer lugar se ha estudiado el comportamiento de los jugadores en cada juego. Los resultados que se han obtenido muestran que casi todos los jugadores siguen el mismo comportamiento en un mismo juego, aunque pueda variar el número de paquetes, o el tamaño de los mismos.
- Después se ha intentado conocer el número de partidas para cada uno de los juegos. Ya que no se conoce cómo se distribuyeron las partidas de los juegos, al final no se ha dado un número exacto de partidas, porque el margen de error sería grande. Sin embargo, se han estudiado intervalos de espera entre dos paquetes para poder deducir fin y principio de partida. Los resultados se han dejado en general y a partir de ahí se han explicado las opciones más viables.
- Tampoco se sabe qué parte del juego se está disputando en cada momento (inicio, transcurso normal, fin,...) por lo que se ha estudiado el número de paquetes para todas partidas posibles (dependiendo del corte que se elija) y la duración de cada una de las partidas en función del intervalo de espera que se quiera considerar en cada momento.

- También se ha estudiado el tamaño de los paquetes y se vio como los comportamientos de los juegos se parecían dos a dos. Además se han obtenido los rangos de tamaños posibles y cómo se distribuyen los paquetes a lo largo de esos tamaños.
- Por último se ha visto cómo se distribuyen los jugadores a lo largo de 24 horas de tráfico capturadas. Se ha estudiado el número de jugadores (distintos) por hora en cada uno de los juegos. Además se han analizado 10 jugadores y se ha visto como cada uno de ellos puede estar inscrito en varios juegos simultáneamente.

Con este estudio se han realizado los análisis considerados más importantes para a continuación proceder al estudio que permita su posterior simulación. El correspondiente estudio estadístico se llevará a cabo con la intención de facilitar un modelo que sirva para la implementación de módulos de simulación del tráfico de los juegos seleccionados

5 MODELADO DEL TRÁFICO DE JUEGOS EN RED

En este capítulo se incluye un resumen del trabajo realizado para obtener un código en lenguaje de alto nivel que permita reproducir el tráfico generado en la red por los juegos *on-line*. Antes de mostrar el resultado que ha conducido hasta el módulo de simulación, se indicarán las condiciones en las que se ha realizado.

En primer lugar hay que señalar que se ha elegido el juego Quake 3 Arena para realizar el modelado pues es uno de los que ofrece más posibilidades, debido a que en este juego participan tanto jugadores como servidor y se puede analizar el tráfico en ambas direcciones. Por otra parte, en la Murcia LAN Party fue el único juego que utilizaba un servidor dedicado (y no *hosteado* como el resto). Eso lo que permite es simular tanto el tráfico enviado desde los clientes al servidor como el tráfico dirigido del servidor a los clientes.

Una vez seleccionado el juego y su tráfico, el siguiente paso ha sido determinar qué modelar. Lo más razonable, parece considerar jugadores y servidor como elementos principales a modelar. De esta forma, reproducir el comportamiento de partidas reales pasa simplemente por simular dichas partidas ejecutando los códigos de jugador y servidor bajo unas condiciones adecuadas, y con el número de jugadores que se desee.

Para obtener el modelo que logre simular dicho comportamiento, parece lógico utilizar el tráfico generado por jugadores y servidor durante una partida. Sin embargo, como se ha puesto de manifiesto en el capítulo anterior, ha sido imposible separar por partidas el tráfico de las trazas de la LAN Party, pues no ha sido posible detectar de forma fiable el comienzo y final de cada partida. Por ello, se decidió celebrar una partida de forma controlada.

En definitiva, lo que se pretende es obtener un modelo que represente la realidad de la forma más aproximada posible. Partiendo de los datos obtenidos en la partida celebrada de forma controlada, se han de analizar dichos datos y se compararán con los de la LAN Party. El modelo obtenido de esta partida y su posterior simulación proporcionará “resultados simulados” que serán comparados con los datos de la partida controlada y también con los datos recogidos de la LAN Party. Con todo ello se realizará un estudio comparativo global y se sacarán las conclusiones finales.

La partida realizada de forma controlada del juego Quake 3 Arena ha tenido las siguientes características:

- Partida con 8 jugadores (al igual que las realizadas en la LAN Party)
- Computadores conectados a una red “161.67.---” dividida en tres subredes.
- Ordenadores muy similares, con procesador Pentium 4, discos duros de 60 GB o superiores, y periféricos de sonido sin habilitar.
- Misma versión del juego con los mismos parches.
- La partida se ha realizado a 40 muertes, es decir, la partida finaliza cuando un jugador llega a alcanzar 40 muertes.

5.1 Análisis del tráfico de la partida controlada del Quake 3 Arena

A continuación se realizará un estudio similar al que se realizó con los datos obtenidos de la LAN Party. Si los resultados obtenidos en esta partida son afines a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, entonces la simulación se realizará en función de los datos de la partida controlada. Esto facilitará el trabajo, ya que todos los datos se localizan en la misma partida, se tendrá una cantidad de datos apropiada para obtener las muestras y con los datos obtenidos de la simulación se podrá realizar una comparativa con esta partida controlada y, también, extrapolar la comparativa al análisis de la LAN Party.

La partida se ha jugado a 40 muertes y ha tenido una duración de unos 23 minutos, la duración aproximada de las partidas para este juego oscila entre 20 y 30 minutos. Con 23 minutos hay suficientes paquetes para obtener muestras y realizar el estudio, y a partir de él, obtener el modelo de la simulación.

5.1.1 Tiempo entre llegada de paquetes

De nuevo, la primera cuestión que se plantea ante el tráfico disponible es ver cómo se comportan los jugadores a lo largo del tiempo, ver el tiempo entre paquetes y si todos los jugadores envían la misma cantidad de paquetes con un tiempo entre paquetes determinado.

Para ver la distribución de paquetes a lo largo del tiempo en una partida, se realizará el estudio que muestre el número de paquetes que aparece en cada uno de los intervalos descritos en el capítulo anterior.

Considerando los usuarios de esta partida controlada, la diferencia de tiempo entre paquetes, separando los paquetes por intervalos, se han realizado gráficas que permiten comprobar si el comportamiento de todos los usuarios es similar o no. Las gráficas obtenidas aplicando la misma metodología e intervalos que en el capítulo anterior son las que aparecen en la Figura 5.1.

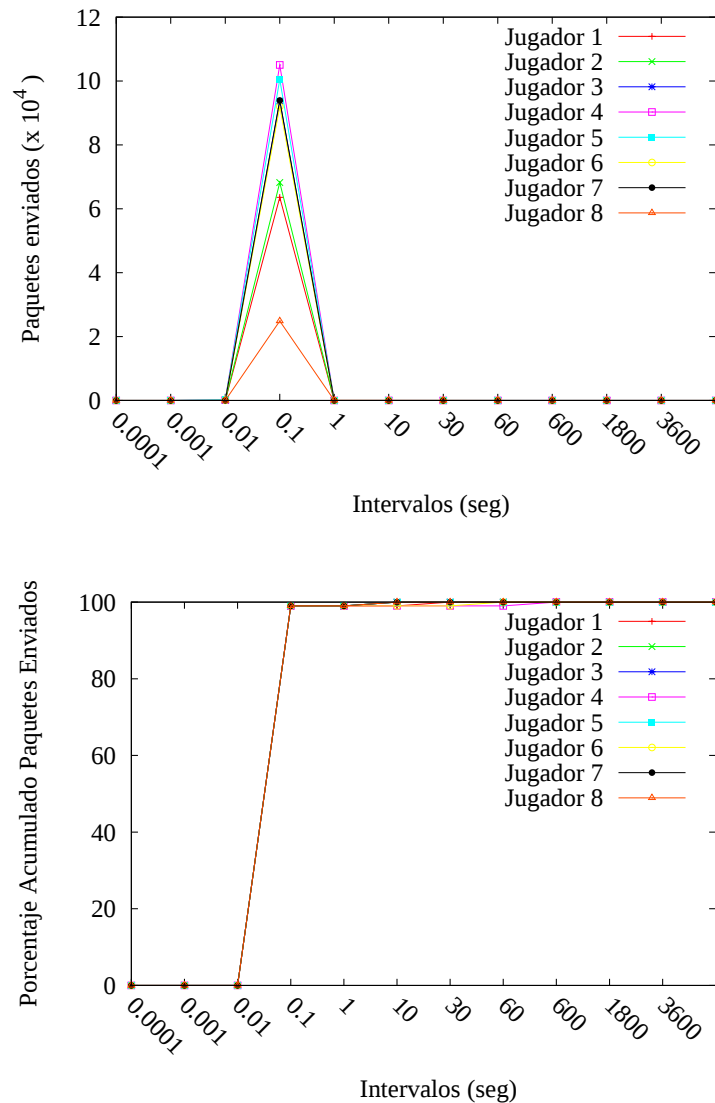


Figura 5.1 Comportamiento de los jugadores en la partida controlada del Quake 3 Arena.

Como era de esperar, el comportamiento de los jugadores es muy similar entre ellos y muy similar a los jugadores de la LAN Party.

Para comprobarlo, se volverá a hacer una representación del tráfico capturado para la LAN Party, que se estudió en el capítulo anterior, y si comparamos las gráficas, estas son muy aproximadas.

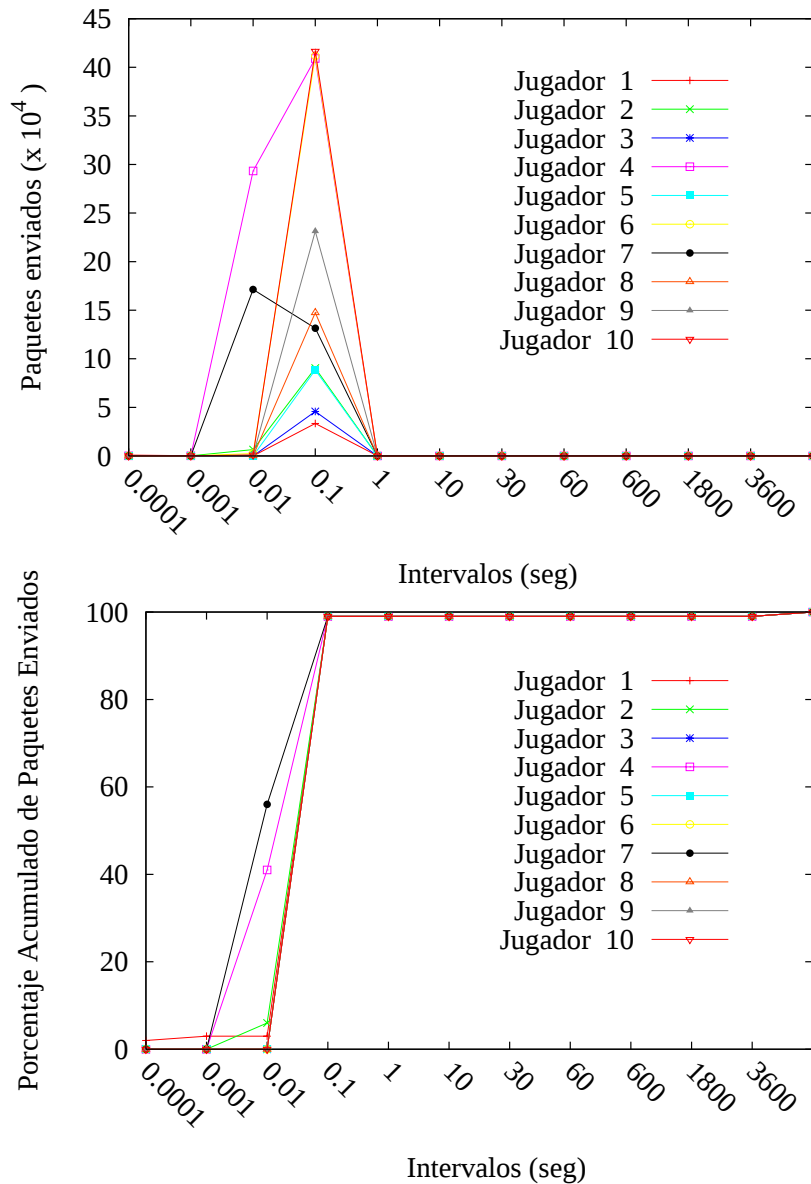


Figura 5.2 Comportamiento de los jugadores del Quake 3 Arena en la partida LAN Party.

En la primera gráfica de la Figura 5.2 se puede ver, de nuevo, el número de paquetes enviados en cada intervalo durante la LAN Party. Ésta muestra que la mayoría de los paquetes se agrupan en torno a unos pocos intervalos, lo que significa que la mayoría de los paquetes llegan con la misma diferencia de tiempo.

Además, comparando la primera gráfica de la Figura 5.1 y la primera gráfica de la Figura 5.2, que es la correspondiente a la de la Lan Party, se puede ver que los paquetes llegan con prácticamente la misma diferencia de tiempo. Los intervalos en los que se concentran la mayoría de los paquetes son: entre 0.01 segundos y 1 segundo.

En la segunda gráfica de la Figura 5.1 y la segunda gráfica de la Figura 5.2 se muestra el porcentaje acumulado de los paquetes enviados. En estas gráficas se puede ver que casi el 100 por 100 de los paquetes llega con una diferencia de 0.1 segundos.

Como conclusión a estas gráficas, se ha de decir que las características del tráfico en ambos casos son las mismas. Estos resultados indican que se puede seguir con el estudio, ahora para los tamaños de los paquetes, y comprobar si estos también ofrecen los mismos resultados para la LAN Party.

5.1.2 Tamaño de los paquetes

Ahora se procede a estudiar los tamaños de los paquetes y el número de paquetes que hay para cada uno de los tamaños existentes. Además, los tamaños de los paquetes pueden variar más en función de los jugadores y del momento en que se encuentra la partida [Lan04]. Por lo tanto, si la mayoría de los paquetes se concentran en los mismos intervalos, la realización del modelo para la simulación se hará con las muestras de la partida controlada.

Para poder estudiar los tamaños de los paquetes se ha hecho lo siguiente, al igual que se hizo con el tráfico obtenido de la LAN Party de Murcia:

- Averiguar el tamaño mínimo y máximo de los paquetes para este juego.
- Obtener el número de paquetes que hay para cada uno de los tamaños distintos que se han obtenido.

La gráfica obtenida para los tamaños de paquetes aparece en la Figura 5.3.

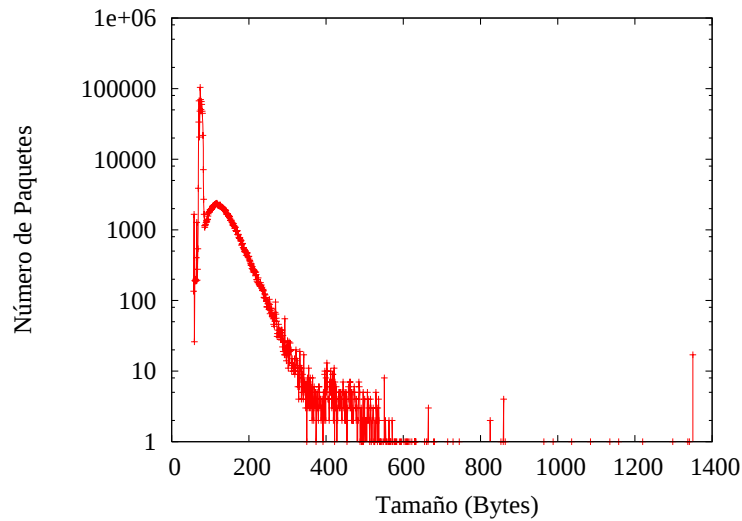


Figura 5.3 Número de paquetes por tamaño en escala logarítmica para la partida controlada.

En este caso se han representado los datos de forma logarítmica para ver dónde se concentran la mayoría de paquetes y además ver el comportamiento general.

Los tamaños mínimo y máximo de paquete para el Quake 3 Arena en la partida controlada son los siguientes:

- Tamaño mínimo: 60 bytes
- Tamaño máximo: 1350 bytes

El tamaño mínimo en este caso es el mismo que en la LAN Party. Sin embargo, los tamaños máximos son algo menores para la partida controlada. Esto no es muy determinante ya que de los tamaños de paquete grandes el número de ocurrencias es muy pequeño en ambos casos. Sin embargo, se puede observar que el pico de ambas gráficas se produce en torno a los mismos tamaños: 60 y 200 bytes, de lo que se deduce que el comportamiento es el mismo para ambos casos.

La explicación que se puede dar a este caso es que hay menos jugadores en la partida controlada que en todo el recinto de la LAN Party, con lo cual, el servidor puede recibir paquetes con una frecuencia algo menor y con tamaños algo menores también.

Por lo tanto, los resultados obtenidos tanto en este apartado como en el anterior son muy parecidos a los obtenidos para la LAN Party, con lo que se pueden extraer los datos para las muestras que se utilizarán para realizar el modelo de la partida controlada.

5.2 Selección del programa estadístico

De todos los programas estadísticos que existen en el mercado actualmente, como pueden ser: SPSS, Rweb, S-plus, S-locfit, Matlab, Mathcat, Excel, etc. se ha elegido el programa SPSS. Este programa es uno de los más utilizados y tiene la ventaja de haberlo utilizado durante algunas prácticas de la carrera. Además, es de fácil manejo y permite introducir ficheros de datos en formato texto aunque tiene un formato propio.

El análisis estadístico es muy útil en este proyecto ya que es muy difícil conocer el tráfico que circula por una red y más aún el tráfico generado por juegos *on-line*. Las herramientas estadísticas que obtengamos con este análisis proporcionarán las claves para la implementación del modelo que simule alguno de los juegos *on-line* analizados.

5.2.1 Programa estadístico SPSS

El programa SPSS (paquete estadístico aplicado a las ciencias sociales) [9] constituye un programa modular que implementa gran variedad de temas estadísticos orientados al ámbito de las ciencias sociales desde hace más de 30 años. Actualmente, cubre casi todas las necesidades del cálculo estadístico de los investigadores y profesionales, no sólo del campo de las ciencias sociales, sino también de las humanas y de las biomédicas y, en general, de cualquier campo de actividad en el que se precise el tratamiento estadístico de la información.

Este programa incluye todas las funcionalidades necesarias para llevar a cabo cada paso del proceso analítico: **planificación, recogida de datos, acceso y preparación de los datos, análisis, creación de informes y distribución** de los mismos.

Algunas de las funcionalidades incluidas para el análisis de datos son las siguientes:

- **Editor de datos:** que permite configurar la información sobre los datos (por ejemplo, variables, etiquetas de valores, valores perdidos, tipo de las variables etc.).
- **Asistente de reestructuración de datos:** se pueden reestructurar los datos partiendo de un fichero de texto y organizando los atributos de la forma más apropiada para el estudio.
- **Transformaciones de los datos:** de tal forma que se pueden agrupar o separar datos, crear índices, e incluir funcionalidades más complejas.

La vista principal de la entrada de datos del programa aparece en la Figura 5.4.

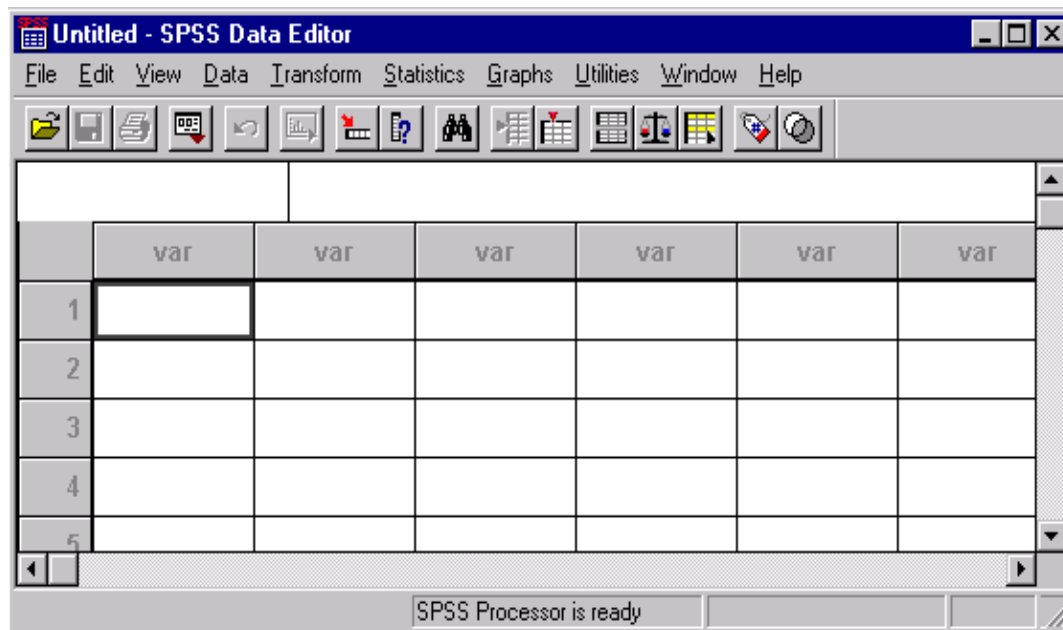


Figura 5.4 Vista principal del programa SPSS.

5.3 Simulación del tráfico generado por los jugadores

Como se viene indicando en este capítulo, los datos de las muestras se extraerán de la partida del Quake 3 Arena realizada de manera controlada, y que tiene una duración de 23 minutos. Con estos datos primero se hará un rastreo para obtener muestras y seleccionar las que se consideren necesarias. Posteriormente, se hará un análisis más detallado de las muestras seleccionadas con el fin de aproximar los datos obtenidos a funciones de distribución que servirán para finalmente construir el modelo de simulación que se implementará en última instancia.

5.3.1 Selección de las muestras

Para realizar la extracción de las muestras se han dividido los 23 minutos de la partida en periodos de 30 segundos, y de todos ellos se han elegido 3 al azar, además se ha obtenido otra muestra general para cada jugador y una global que incluye datos de todos los jugadores. Para ello, se han realizado pequeños programas con la herramienta AWK.

Con lo dicho anteriormente, de las muestras elegidas para cada jugador se han extraído datos relativos al tamaño de los paquetes y a las diferencias de tiempo entre llegadas de paquetes.

5.3.1.1 Tamaños de los paquetes

En primer lugar se va a realizar el estudio de los tamaños de los paquetes. Además de las tres muestras elegidas al azar (de entre 20 muestras que tiene cada jugador) también se ha considerado una muestra más general que agrupa 10000 paquetes extraídos de entre todas las muestras de cada jugador. Y por último se ha realizado un estudio global de los paquetes recibidos por el servidor sin considerar el jugador que ha enviado dichos paquetes, en este caso la muestra contiene 20000 paquetes elegidos de una zona aleatoria.

En la Tabla 5.1 aparecen los datos estadísticos recogidos para cada jugador, es decir, para cada muestra de 30 segundos de cada jugador. Se han obtenido la media y desviación típica para cada una de las muestras seleccionadas, y para la muestra global (sin separar por jugadores) se ha calculado también la varianza.

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra General
Jugador 1	Media	73,519	74,888	75,395	74,198
	Des. Típica	2,8154	2,8328	2,7881	2,7849
Jugador 2	Media	74,448	76,251	76,359	75,903
	Des. Típica	2,7349	2,8354	2,7203	2,7909
Jugador 3	Media	74,324	75,343	75,118	74,478
	Des. Típica	2,9510	2,7555	2,9971	2,9463
Jugador 4	Media	74,424	75,078	74,909	75,185
	Des. Típica	2,4206	2,6684	2,7369	2,7223
Jugador 5	Media	73,859	75,562	75,751	75,137
	Des. Típica	2,6802	2,3369	2,7056	2,7293
Jugador 6	Media	77,337	76,057	77,337	75,754
	Des. Típica	2,4961	3,7965	3,3145	3,7198
Jugador 7	Media	75,073	75,398	76,506	75,296
	Des. Típica	2,8734	3,0471	3,3806	3,2848
Jugador 8	Media	75,074	78,093	78,300	77,992
	Des. Típica	3,1864	2,6928	3,1799	3,0167
Todos los Jugadores	Media				74,749
	Des. Típica				3,1268
	Varianza				9,777

Tabla 5.1 Media y desviación típica de los tamaños de los paquetes para varias muestras y jugadores.

Para concluir con el estudio del tamaño de los paquetes se comparan los resultados de las muestras anteriores con los de la muestra global (que no separa el tráfico en función de las direcciones IP origen de los jugadores que generan los paquetes) observando también que los resultados son muy similares. Por lo tanto, la muestra global (sin distinguir jugadores) es muy representativa del tráfico total, con lo que se puede considerar esta muestra para realizar el estudio que conducirá al modelo de simulación.

En resumen, para analizar los tamaños de los paquetes se ha realizado el estudio para todos los jugadores. En dicho estudio se ha visto que todos los jugadores se comportan de una manera más o menos similar. Por lo tanto, se ha decidido incluir las gráficas de las muestras correspondientes a un jugador que serán representativas de todos los jugadores, y la muestra global que representará el tráfico recibido por el servidor, sin distinción entre los jugadores que envían los paquetes.

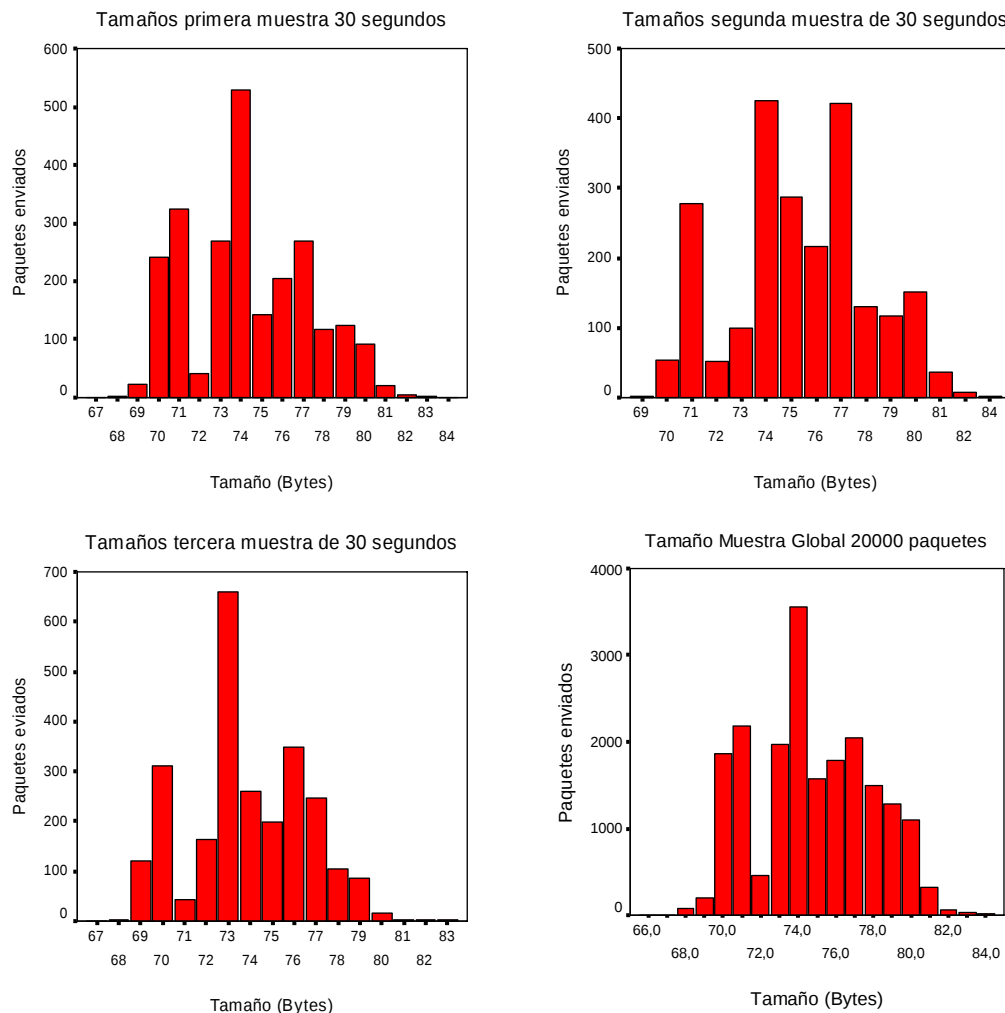


Figura 5.5 Tamaños de paquetes para las muestras.

La Figura 5.5 incluye los diagramas de barras para las tres muestras, escogidas de forma aleatoria, y estudiadas con el SPSS, para uno cualquiera de los jugadores (concretamente el jugador 3). En las gráficas se puede observar un comportamiento muy similar en todos los casos. También se puede ver que en todas ellas aparece un pico muy pronunciado para los tamaños de paquete entre 74 y 77 bytes y otro también bastante pronunciado alrededor de 70 y 71 bytes. Además, la representación correspondiente a 20000 paquetes de todos los jugadores sigue exactamente el mismo comportamiento que el estudiado para la muestra de un usuario pero con muchos más paquetes para cada tamaño.

Como conclusión a este apartado, hay que indicar que en los siguientes apartados se considerará únicamente la muestra global, obtenida para el tráfico de todos los jugadores. Esto es posible porque los resultados obtenidos son los mismos en todas las muestras y de esta forma se facilitará el desarrollo.

Una vez analizado el tamaño de los paquetes generados por los jugadores, se va a hacer lo mismo para la diferencia de tiempo entre llegadas de paquetes enviados por los jugadores al servidor.

5.3.1.2 Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos

En este caso también se obtendrán las muestras del mismo modo que inicialmente, es decir, se han considerado 3 muestras de 30 segundos cada una de ellas. Después, se ha tomado una muestra general para cada jugador estudiando la diferencia de tiempos entre de llegadas de 10000 paquetes. Por último, se ha estudiado la distribución de los tiempos para una muestra en la que no se distinguen los jugadores que envían los paquetes. Para esta muestra se han cogido 20000 paquetes de una zona elegida de forma aleatoria del total de los paquetes recibidos por el servidor.

Por otra parte, en la Tabla 5.2 se muestran los datos estadísticos del estudio realizado, para ver la diferencia de tiempo entre dos paquetes que llegan al servidor, desde cada uno de los usuarios en particular, y una muestra sin distinguir entre jugadores.

Al igual que para el caso de los tamaños de los paquetes, el comportamiento de los tiempos entre llegadas es muy similar para la mayoría de las muestras de un jugador. Si se comparan todos los jugadores, también se puede comprobar que los tiempos son parecidos para todos los jugadores, exceptuando el jugador 8. Este jugador tiene valores superiores a los demás, lo que se debe a que este jugador era bastante inexperto y tardaba más en generar paquetes. Así pues, en este caso se hará lo que en el caso anterior, es decir, considerar los tiempos entre paquetes sin diferenciar el jugador que los envía.

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra General
Jugador 1	Media	0,0181655	0,0203853	0,0203853	0,020178688
	Des. Típica	0,0055432	0,0069763	0,0069763	0,006931438
Jugador 2	Media	0,0170054	0,0174919	0,0154901	0,016880105
	Des. Típica	0,0035337	0,0037735	0,0037466	0,003875789
Jugador 3	Media	0,0124461	0,0146267	0,0125153	0,012879990
	Des. Típica	0,0027153	0,0039819	0,0023595	0,002505624
Jugador 4	Media	0,0110497	0,0110233	0,0110233	0,011069993
	Des. Típica	0,0006560	0,0006398	0,0006398	0,000720593
Jugador 5	Media	0,0116766	0,0116766	0,0119848	0,012096712
	Des. Típica	0,0013371	0,0013371	0,0014613	0,002149857
Jugador 6	Media	0,0124435	0,0129189	0,0130117	0,013082244
	Des. Típica	0,0023566	0,0022399	0,0024119	0,002340164
Jugador 7	Media	0,0131327	0,0131327	0,0124242	0,013434113
	Des. Típica	0,0029663	0,0029663	0,0023241	0,002888868
Jugador 8	Media	0,0451973	0,0473252	0,0487945	0,044173333
	Des. Típica	0,1146657	0,0109100	0,0119639	0,009369344
Todos los Jugadores	Media				0,001876687
	Des. Típica				0,016159056
	Varianza				0,000026

Tabla 5.2 Distribución de diferencia de tiempos entre paquetes.

Si ahora se estudia la diferencia de tiempo entre llegadas de paquetes al servidor sin separar por jugadores (Figura 5.6), se puede apreciar que la media es mucho menor que para el tráfico que envía un jugador en particular. Pues bien, esto se debe a que los paquetes de todos los jugadores llegan intercalados, con lo cual, es lógico que la diferencia de tiempo sea mucho menor entre dos paquetes de dos jugadores distintos que entre dos paquetes del mismo jugador.

Se ha realizado el estudio para todos los jugadores, pero al igual que en los casos anteriores, únicamente se van a incluir las gráficas para las muestras de un único jugador, que representará a todos los demás, pues como se ha visto el comportamiento es el mismo para todos los jugadores.

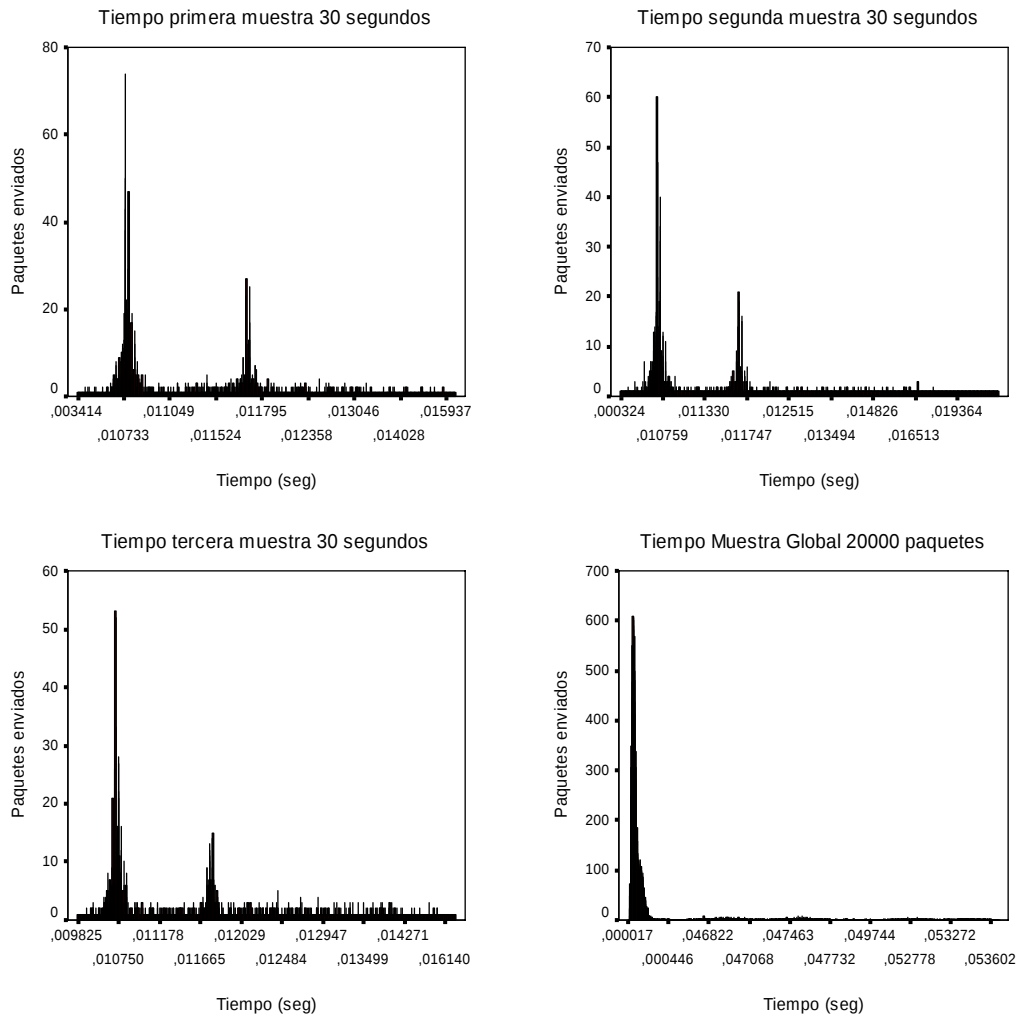


Figura 5.6 Gráficas de diferencia de tiempo de llegada de paquetes.

La Figura 5.6 representa las diferencias de tiempo para las muestras elegidas del jugador 5, aunque los resultados para los demás jugadores son muy parecidos. En las gráficas de esta figura se ve que aparecen dos picos uno más grande y otro más pequeño. Sin embargo, en la muestra obtenida sin separar el tráfico por jugadores sólo aparece único pico. La explicación a este comportamiento es lógica, ya que la diferencia entre dos paquetes de un mismo jugador depende del tráfico de los demás jugadores. Sin embargo, la diferencia de tiempo entre paquetes de dos usuarios distintos representa un tráfico general que define el comportamiento del juego mucho mejor que si se considera el tráfico de un único usuario.

Resumiendo, para simular el tráfico del juego hay que generar paquetes con un tamaño y con una diferencia de tiempo entre paquetes (igual que lo haría el juego). El siguiente paso, antes de buscar funciones de distribución que se ajusten a los datos obtenidos, es comprobar si hay alguna relación entre las variables o éstas son completamente independientes (tamaño de los paquetes y tiempo de llegada entre paquetes). Para ello, se ha realizado la gráfica de dispersión mostrada en la Figura 5.7, que es una gráfica de dispersión.

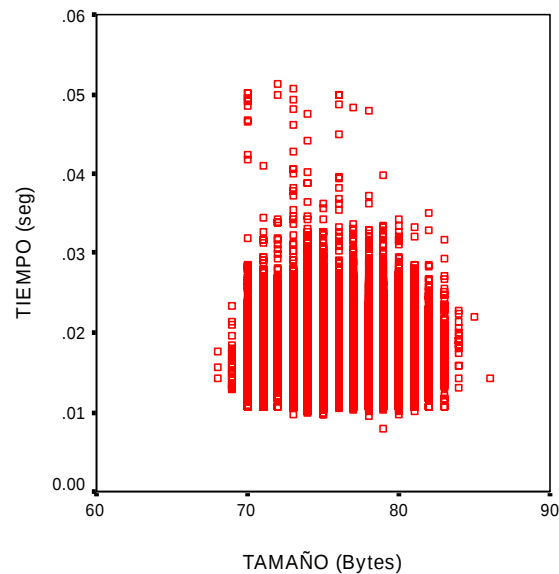


Figura 5.7 Dispersión simple entre tamaños y diferencia de tiempo entre paquetes.

Como se puede observar, se ha representado la variable tiempo (tiempo de espera entre dos paquetes consecutivos) en el eje Y frente a la variable tamaño (de los paquetes) en el eje X. Lo que se pretende con esta gráfica es, precisamente, encontrar si las observaciones siguen algún patrón lineal. Sin embargo, lo que se puede ver en esta gráfica es una nube central de puntos que indica que no hay relación entre los dos parámetros.

5.3.2 Análisis de las muestras e identificación de las funciones de distribución

Llegado a este punto, después de analizar las muestras de tráfico generado por los jugadores, la siguiente tarea es identificar la familia de distribuciones que corresponden con los datos obtenidos de las muestras. De esa forma se usarán los datos observados para encontrar una función de distribución que se ajuste a los mismos para cada una de las variables que caracterizan el tráfico.

5.3.2.1 Tamaño de los paquetes

En primer lugar se realizará el estudio para los tamaños de los paquetes con el fin de obtener la distribución que permita implementar la función que se necesita para la simulación del tráfico.

Como se mencionó anteriormente, se van a utilizar los datos obtenidos de la muestra global, es decir, no el tráfico generado por un cliente en concreto, sino el de todos los jugadores. De esta forma se estima un comportamiento más general del juego y se evita una alta probabilidad de error que se daría si se eligiese a un jugador en particular, ya que un jugador en concreto podría no seguir un comportamiento regular y con ello producir variaciones significativas en el estudio.

En este caso, se han de estudiar los datos anteriormente obtenidos, para en el siguiente apartado, intentar aproximarlos a alguna función estadística. Para ello, se obtiene la distribución de frecuencias (véase Anexo 1) y se estudia tanto el diagrama de barras como el histograma, en los cuales aparecen los tamaños de los paquetes en el eje X y la frecuencia de aparición de cada uno de los tamaños en el eje Y.

La Figura 5.8 muestra tanto el histograma como el diagrama de barras de los tamaños de los paquetes enviados desde los jugadores al servidor.

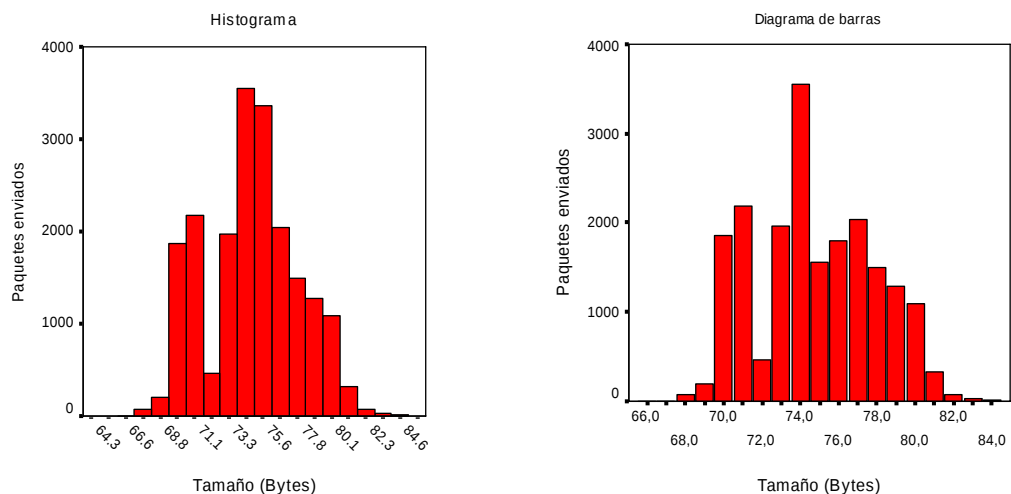


Figura 5.8 Histograma y diagrama de barras de los tamaños de paquetes enviados por los jugadores.

Las gráficas de la Figura 5.8 son las que representan el número de paquetes que hay para cada uno de los tamaños de los paquetes enviados por los clientes. En estas gráficas, se puede observar una serie de picos que, a primera vista, no siguen un comportamiento definido.

A continuación se obtendrán los datos estadísticos que en este caso son:

Variable Tamaño	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
	66,0	84,0	74,749	3,1268	9,777

Tabla 5.3 Datos estadísticos de los tamaños de paquetes para los jugadores.

Estos datos han sido útiles tanto para identificar la función, como lo será para calcular los parámetros de las funciones de distribución, cuando sea necesario. Después de realizar la simulación, estos datos serán comparados con los obtenidos de la simulación.

Después de analizar los tamaños y someterlos a varios procesos para comprobar su correspondencia con alguna función de distribución conocida, no ha sido posible conseguirlo. La forma de los diagramas ya hizo pensar que así sucedería.

Por tanto, para simular los tamaños de los paquetes, en el tráfico correspondiente a los clientes, se utilizará el porcentaje acumulado obtenido de la muestra global (véase Anexo 1), ya que de esta manera los datos se aproximarán bastante a la realidad. En este caso, el número de opciones posibles distintas de tamaños es pequeño y por lo tanto se utilizarán todos los tamaños obtenidos para realizar la simulación, sin tener que agruparlos por intervalos.

5.3.2.2 Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos.

De la misma forma que se ha realizado el estudio para los tamaños hay que estudiar las muestras para encontrar una función de distribución que ayude a calcular las diferencias de tiempo entre llegadas de paquete.

A partir de los valores obtenidos en el apartado de muestras en el caso global, donde se consideran todos los paquetes enviados (sin considerar un jugador en concreto), se comprueba si esos datos se aproximan a alguna distribución, para realizar el modelo que se utilizará en la simulación. Para ello se va a estudiar la distribución de frecuencias (que no se mostrará porque es muy extensa) el diagrama de barras y el histograma, en los que aparece la diferencia de tiempo entre paquetes en el eje X y el número de paquetes que aparece con cada una de las frecuencias en el eje Y.

La Figura 5.9 muestra tanto el histograma como el diagrama de barras de la diferencia de tiempo entre dos paquetes enviados desde cualquier jugador al servidor.

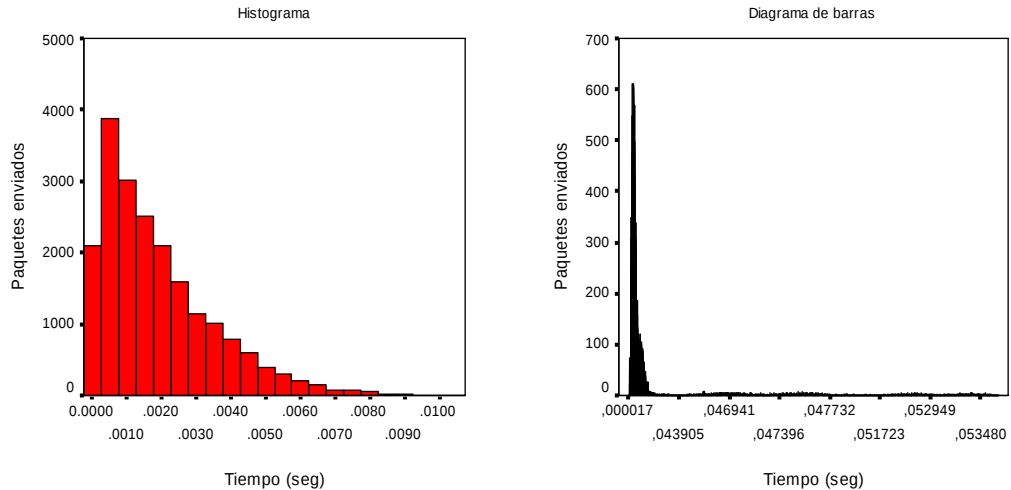


Figura 5.9 Histograma y diagrama de barras de los tiempos entre paquetes enviados por los jugadores.

En las gráficas de la Figura 5.9, a diferencia del caso de los tamaños, se puede observar que las gráficas tienen una forma regular. Por lo tanto, se estudiará detenidamente el comportamiento para identificar una función de distribución que se aproxime.

A continuación en la Tabla 5.4, se calcularán los estadísticos de las muestras ya que, cuando sea necesario, serán los que se utilicen para calcular los parámetros de las funciones. Para este caso los estadísticos descriptivos calculados son:

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Tiempo	0,00000400	0,01052900	0,0018766871	0,00161590563	0,000026

Tabla 5.4 Datos estadísticos de los tiempos entre envíos de paquetes para los jugadores.

Con las curvas observadas en las gráficas de la Figura 5.9 se puede intuir que los tiempos entre llegadas se ajustan a una distribución exponencial, ya que los datos siguen una curva concreta. A continuación se estudiará la función exponencial para comparar su comportamiento con el de las gráficas anteriores y se calcularán los parámetros necesarios.

Distribución exponencial:

- Aplicaciones posibles:
 - Tiempo de llegadas de ítems a un sistema (con razón constante).
 - Tiempo que tarda en fallar una pieza de un equipo.

- Forma:

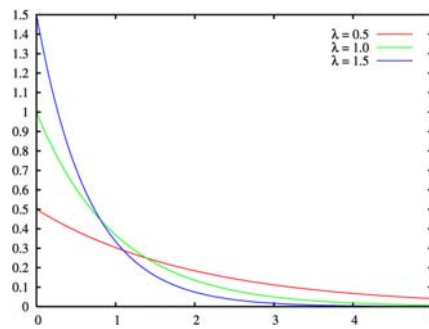


Figura 5.10 Forma de una distribución exponencial.

- Parámetros:
 - o Rango: $[0, \infty)$
 - o Media: $1/\lambda = 0,0019$
 - o Varianza: $1/\lambda^2 = 0.000026$
- Función:
 - o $f(x) = -\lambda^{\lambda x} \quad x \geq 0$
 - o $F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad x \geq 0$
- Algoritmo:
 - o Se genera $U(0,1)$, es decir, la función uniforme de valores entre 0 y 1.
 - o Se calcula la salida de la función:
 - Resultado = $-(1/\lambda) \ln(U)$

Después de ver cómo se define la función exponencial para calcular los tiempos entre la llegada de dos paquetes y obtener la función de distribución que sirve para calcular el tamaño de los paquetes, se ha terminado con el modelado para los clientes. A partir de estas funciones se llevará a cabo el módulo de simulación para generar el tráfico correspondiente a los jugadores.

5.4 Simulación del tráfico generado por el servidor

Al igual que para el caso del tráfico generado por los jugadores en la partida controlada del Quake 3 Arena. Para tomar muestras se han dividido los 23 minutos de la partida en periodos de 30 segundos, y de todos ellos se han elegido los 3 al azar. Para realizar la extracción de las muestras se han realizado pequeños programas con la herramienta AWK.

5.4.1 Selección de las muestras

En este caso, también se va a estudiar tanto el tamaño de los paquetes como el tiempo entre llegadas entre paquetes generados por el servidor. Las muestras obtenidas para este estudio han sido recogidas del mismo modo que se hizo anteriormente, ya que la estructura de este capítulo será la misma que en el capítulo anterior.

5.4.1.1 Tamaño de los paquetes

En primer lugar se separaron los paquetes que envía el servidor a cada uno de los jugadores. Para cada uno de los jugadores, se estudió el comportamiento del servidor con respecto a ellos en muestras de 30 segundos. Después, se tomó una muestra de 10000 paquetes para cada jugador, agrupando todas las muestras de 30 segundos y extrayendo los paquetes.

Por último, se recogió una muestra de 20000 paquetes sin separar el tráfico por jugadores, de tal modo que se ha realizado un estudio mucho más general considerando estos datos. A partir de esos datos, se ha realizado la Tabla 5.5 que muestra dichos resultados.

Como se puede observar en la Tabla 5.5, tanto para cada uno de los jugadores en particular, como comparando todos los jugadores entre sí, se ve que la media de los tamaños de los paquetes es muy similar y con una desviación típica muy parecida en todos los casos. Esto aporta información muy útil, ya que el servidor se comporta de forma muy parecida con cada uno de los jugadores. En la muestra global, en la que el servidor no distingue entre jugadores, se ve que la media está muy cercana a las de los jugadores en particular, lo que implica que se puedan utilizar estos datos en representación de los datos de cada jugador, al igual que ocurría en el caso de los jugadores.

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra General
Servidor a Jugador 1	Media	112,065	113,722	141,125	130,043
	Des. Típica	38,8290	39,0204	45,6666	42,7980
Servidor a Jugador 2	Media	125,712	132,626	145,441	138,138
	Des. Típica	36,3396	37,6925	42,6139	42,0235
Servidor a Jugador 3	Media	115,058	137,045	142,175	139,787
	Des. Típica	35,5803	52,7931	44,117	48,0891
Servidor a Jugador 4	Media	133,483	124,144	151,755	141,273
	Des. Típica	37,792	27,867	46,7542	43,0416
Servidor a Jugador 5	Media	127,097	133,276	146,015	138,615
	Des. Típica	35,4144	33,4850	56,2859	44,5801
Servidor a Jugador 6	Media	138,741	116,923	158,640	143,106
	Des. Típica	39,4505	36,3991	48,7148	45,101
Servidor a Jugador 7	Media	124,625	131,674	146,522	128,635
	Des. Típica	39,8703	39,2619	41,2472	40,1354
Servidor a Jugador 8	Media	119,180	153,220	123,83	143,710
	Des. Típica	36,9823	53,3426	63,779	46,9834
Servidor a todos los Jugadores	Media				130,030
	Des. Típica				40,379
	Varianza				2233,35

Tabla 5.5 Distribución de tamaños de paquetes.

En la Figura 5.11 se muestran las frecuencias de tamaños para un jugador en concreto, que es representativo de todos los demás, puesto que todos los jugadores siguen el más o menos mismo comportamiento.

En las gráficas de la Figura 5.11, se puede observar que hay un pico en los tamaños que van de 65 a 200 bytes que indica el comportamiento global del juego. Además de estos tamaños, aparecen paquetes con mayor tamaño. Sin embargo, los paquetes de tamaños mayores a 300 bytes son muy poco frecuentes y esto se puede deber a que el envío de paquetes grandes, no está ligado a las acciones comunes del juego, sino a casos excepcionales dentro de éste.

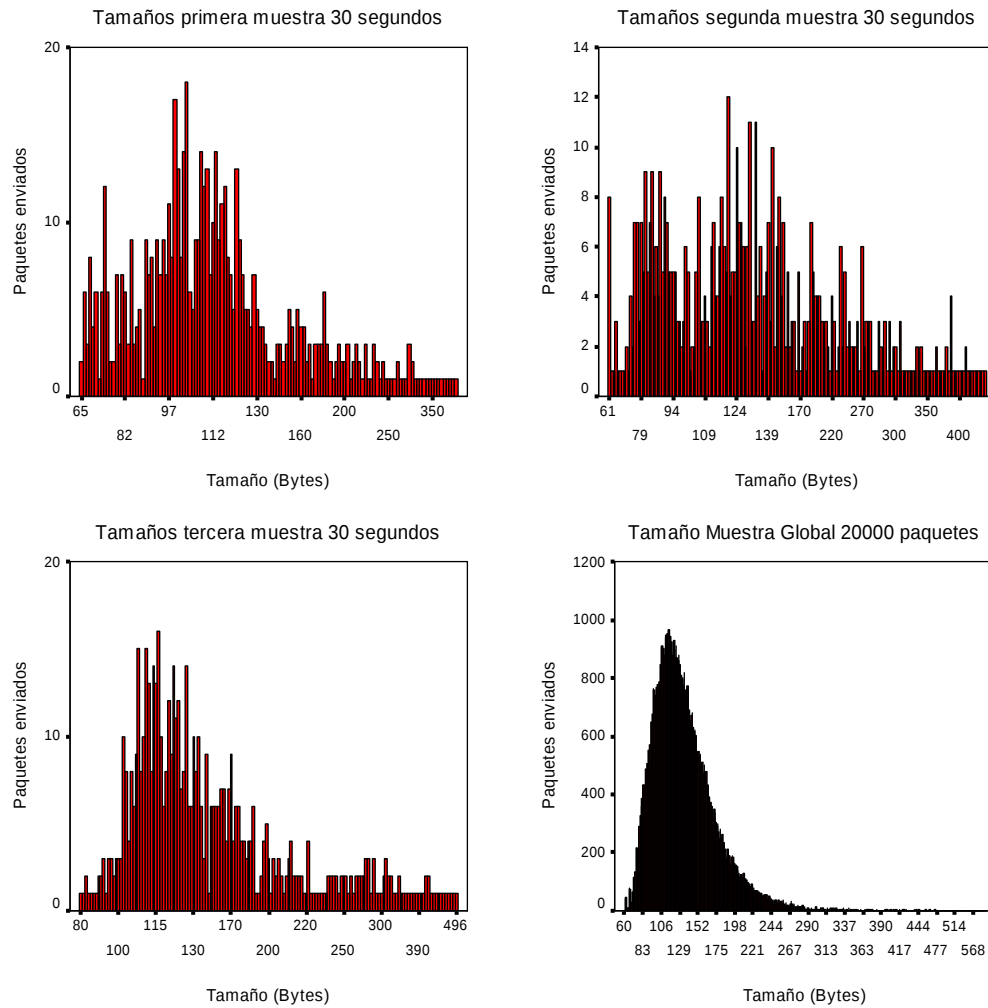


Figura 5.11 Gráficas de frecuencias de tamaños de paquetes

Como se puede comprobar, las gráficas de la Figura 5.11 llevan a la misma conclusión que los datos recogidos en la tabla, es decir, que el tráfico generado por el servidor hacia todos los usuarios sin separar entre jugadores es muy similar al enviado a cada uno de los jugadores individualmente.

5.4.1.2 Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos

Al igual que se ha realizado el estudio para los tamaños de los paquetes, se realizará el estudio considerando los tiempos entre envíos de paquetes. En la Tabla 5.6 se ven los valores obtenidos en el caso de los tiempos. Estos datos son la media y la varianza para cada una de las muestras de cada jugador, y además, para la muestra global, se estudia también la varianza por si es necesaria utilizarla en casos futuros.

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra General
Servidor a	Media	0,050007	0,049996	0,054533	0,050229
Jugador 1	Des. Típica	0,00278	0,002816	0,020885	0,005251
Servidor a	Media	0,050001	0,050005	0,049998	0,050120
Jugador 2	Des. Típica	0,003016	0,002823	0,002848	0,005612
Servidor a	Media	0,050001	0,050001	0,050506	0,05032
Jugador 3	Des. Típica	0,002797	0,002827	0,01080	0,01036
Servidor a	Media	0,04999	0,050332	0,050079	0,050361
Jugador 4	Des. Típica	0,00275	0,00704	0,004392	0,01024
Servidor a	Media	0,04999	0,050503	0,054534	0,05023
Jugador 5	Des. Típica	0,00275	0,007788	0,02219	0,05797
Servidor a	Media	0,04999	0,04999	0,04999	0,05030
Jugador 6	Des. Típica	0,00276	0,00276	0,00286	0,00995
Servidor a	Media	0,050004	0,04998	0,04999	0,05028
Jugador 7	Des. Típica	0,002773	0,00278	0,004047	0,06897
Servidor a	Media	0,050007	0,050002	0,04999	0,050327
Jugador 8	Des. Típica	0,00277	0,027736	0,004105	0,01032
Servidor a	Media				0,006254
todos los	Des. Típica				0,01634
Jugadores	Varianza				0,002

Tabla 5.6 Distribución de diferencia de tiempos entre paquetes enviados desde el servidor.

En este caso, en la Tabla 5.6, también se puede observar que los datos obtenidos para cada una de las muestras son casi idénticos para un mismo jugador, e incluso muy similares si se consideran todos los jugadores. Sin embargo, los datos recogidos en la última fila, correspondiente a la muestra que considera el tráfico enviado por el servidor a todos los jugadores, y se puede observar que el tiempo entre envío de paquetes es mucho menor desde el servidor. Esto se debe a que (al igual que para el tráfico generado por los jugadores) estos datos estadísticos, al no distinguir entre jugadores, muestran la diferencia de tiempo entre dos paquetes independientemente de su destino. Por este motivo, los tiempos entre paquetes de distintos jugadores deben ser mucho menores que los considerados para los jugadores individuales, ya que el servidor, entre dos envíos consecutivos al mismo jugador, envía paquetes al resto de jugadores.

Del mismo modo que en los apartados anteriores, en este apartado también se muestra la diferencia de tiempos entre paquetes enviados por el servidor a un jugador (en concreto al jugador 5 que será el representativo de los demás) para las tres muestras de tiempo consideradas. Estos datos están recogidos en la Figura 5.12. Además, también

aparece la gráfica que representa la muestra global del servidor, en la cual aparecen tiempos de envío entre 20000 paquetes elegidos de una zona central, de forma aleatoria.

En las gráficas que muestran la diferencia de tiempos entre paquetes enviados desde el servidor a cada jugador se puede ver que hay dos picos. Del mismo modo, se ven los dos picos en la gráfica obtenida para la muestra global en la que aparecen paquetes enviados a todos los jugadores, sin separar el tráfico entre ellos.

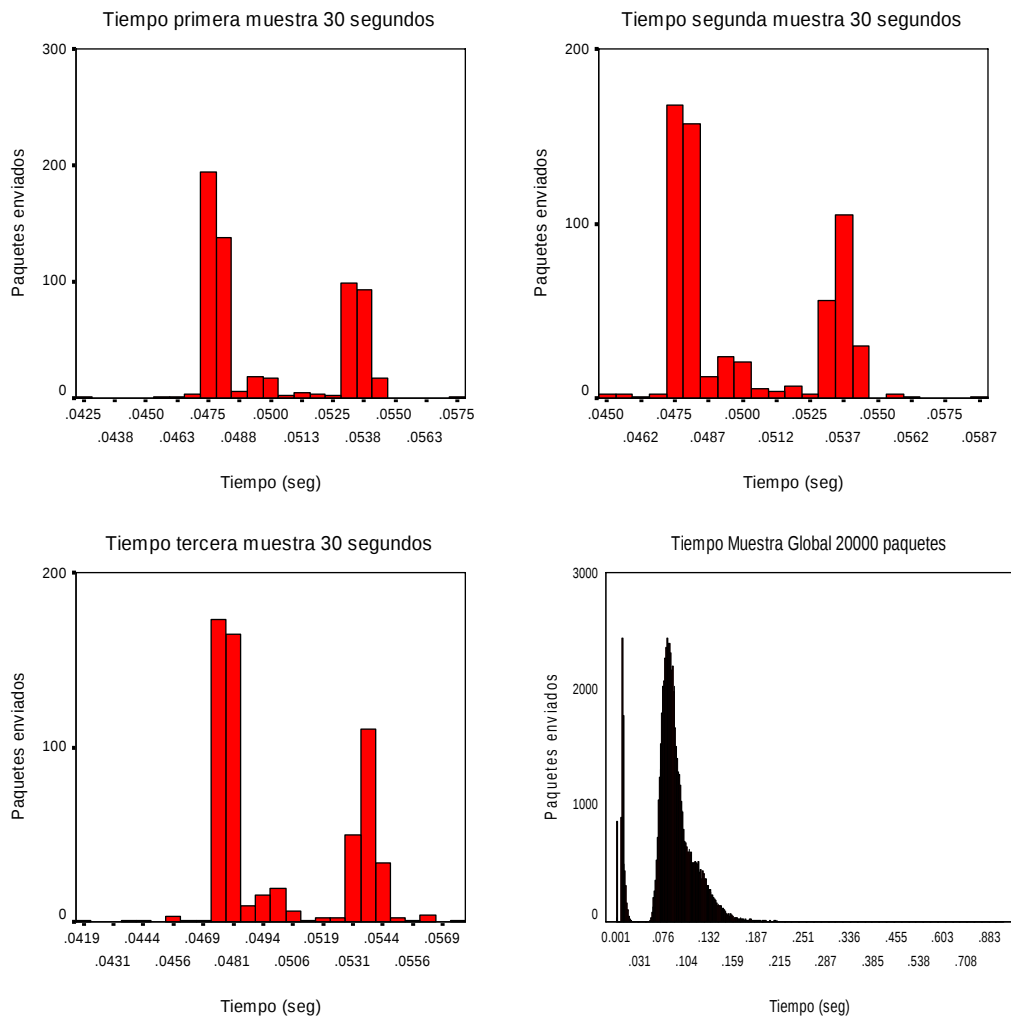


Figura 5.12 Gráficas de diferencia de tiempo de llegada de paquetes.

Llegado a este punto, se realizará la Figura 5.13 que es la gráfica de dispersión para las dos variables consideradas en el estudio (el tamaño de los paquetes y la diferencia de tiempo entre dos paquetes consecutivos), desde el punto de vista del servidor. Con este estudio se comprobará si hay alguna relación de dependencia entre ambas variables, ya que el estudio de la distribución variará considerablemente si están relacionadas o no lo están.

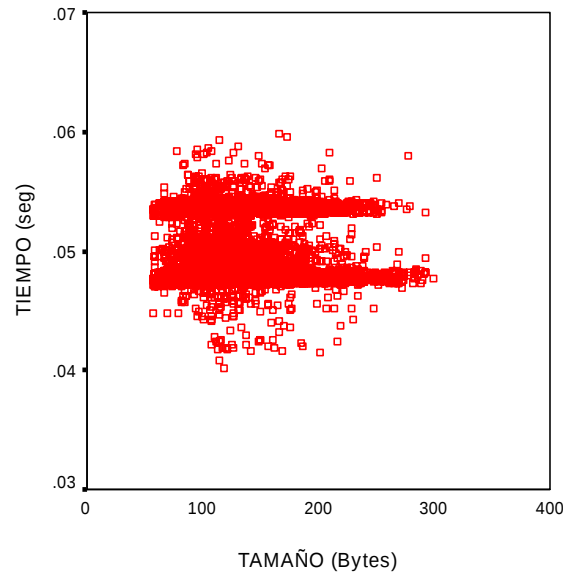


Figura 5.13 Gráfica de dispersión simple entre tamaños y diferencia de tiempo entre paquetes.

En la Figura 5.13 se puede observar que no hay ninguna relación de dependencia entre ambas variables, ya que se puede ver una nube de puntos central, pero sin una tendencia definida que pueda dar alguna señal de dependencia entre las variables.

Se ha visto que ni en el caso del tráfico enviado por los jugadores, ni tampoco en el tráfico generado por el servidor, se relaciona el tamaño de los paquetes y el tiempo entre llegada/envío de paquetes. Esto indica que ambas variables son independientes y por lo tanto hay que simularlas creando un modelo independientemente para cada una de las variables.

De esta forma, se concluye con el estudio de los datos recogidos en las muestras, en el caso del servidor, para comenzar con el estudio de las distribuciones obtenidas para identificar las familias de distribuciones, para su posterior simulación con la distribución que mejor se ajuste a los datos observados.

5.4.2 Análisis de las muestras e identificación de las funciones de distribución

Al igual que en el caso anterior, después de la obtención de las muestras y de realizar el correspondiente estudio sobre ellas, ha llegado el momento de estudiar las funciones estadísticas que definen tanto el tamaño de los paquetes como el tiempo entre llegadas de paquetes enviados desde el servidor.

5.4.2.1 Tamaños de los paquetes

En primer lugar, se realizará el estudio para los tamaños de los paquetes con el fin de obtener la función de distribución que se aproxime a los datos de entrada obtenidos, para después reproducirlo. Para ello, se va a realizar un análisis de la distribución de los paquetes (la distribución que no se mostrará ya que es muy extensa) y se va a estudiar tanto el diagrama de barras como el histograma. En ellos aparecen los tamaños de los paquetes en el eje X y la frecuencia de aparición de cada uno de los tamaños en el eje Y. La Figura 5.14 muestra tanto el histograma como el diagrama de barras de los tamaños de los paquetes enviados desde el servidor a los jugadores.

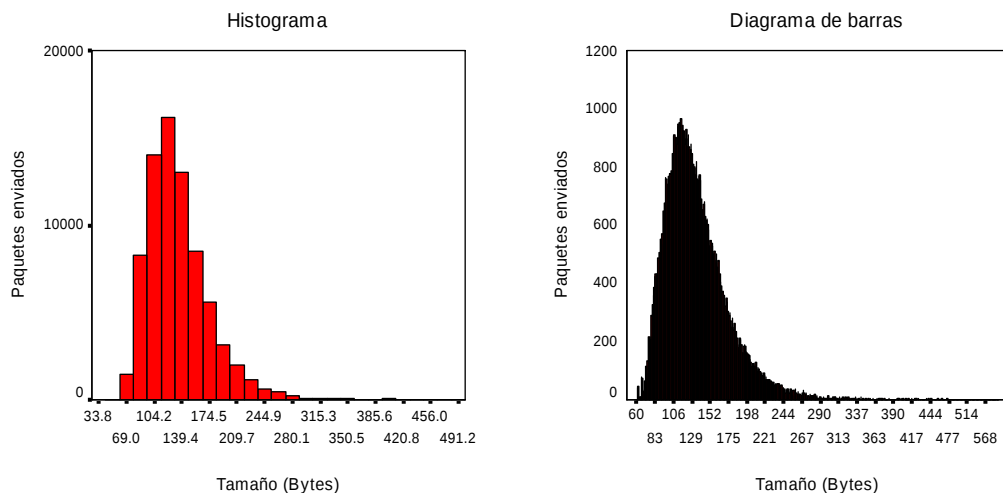


Figura 5.14 Histograma y diagrama de barras de los tamaños de paquetes enviados por el servidor.

En este caso, se puede observar que los tamaños de los paquetes siguen una curva con una forma bien definida.

Para este caso, también se necesitarán los estadísticos descriptivos, que son los siguientes:

Variable Tamaño	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
	61	745	139,36	47,258	2233,355

Tabla 5.7 Datos estadísticos de los tamaños de paquetes para el servidor.

A partir del estudio realizado para la Figura 5.14, se observa que su comportamiento corresponde con el representado por la función de distribución de tipo Gamma. Más concretamente, se puede considerar del tipo a-Erlang, que se trata de un caso concreto de la función Gamma en la que el valor de α es un número natural, y en este caso al querer simular tamaños de paquetes, estos son números naturales. Además con los valores de la Tabla 5.7 se podrán obtener los parámetros requeridos para esta distribución Gamma.

Distribución Gamma:

- Aplicaciones posibles:
 - Tiempo para completar alguna tarea.
- Forma:

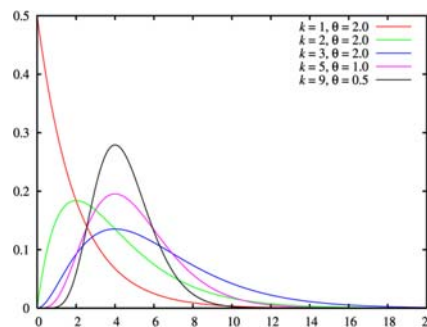


Figura 5.15 Forma de una distribución Gamma.

- Parámetros:
 - Rango: $[0, \infty)$
 - Media: $\alpha\beta = 139.36$
 - Varianza: $\alpha\beta^2 = 2233.35$
 - $\alpha = 8.69 \approx 9$
 - $\beta = 16.025$
- Función:
 - $f(x) = [(\lambda(\lambda x)^{\alpha-1}) / \Gamma(\alpha)] * e^{-\lambda x} \quad x \geq 0$

- Algoritmo:
 - o Se generan α valores a partir de la función $U(0,1)$, función uniforme de valores entre 0 y 1, es decir, hay que generar $U_1, \dots, U_\alpha \sim U(0,1)$
 - o $X_i = -\beta \ln(U_i)$ $i = 1 \dots \alpha$
 - o Se calcula la salida de la función:
 - Resultado = $X_1 + \dots + X_\alpha$

Después de ver como se define la función Gamma a-Erlang para calcular los tamaños de los paquetes, se concluye con la búsqueda de la función de distribución de los tamaños de los paquetes en el servidor y se comienza con el análisis para los tiempos entre paquetes.

5.4.2.2 Tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos

A continuación, es necesario estudiar el comportamiento de los paquetes en cuanto a los tiempos entre llegadas de dos paquetes consecutivos. Por lo tanto, se ha de estudiar si los datos obtenidos para la diferencia de tiempo entre paquetes enviados desde el servidor se pueden aproximar a alguna función estadística.

Para ello, se va a realizar una distribución de frecuencias (que se ha omitido por ser muy extensa) y se va a estudiar tanto la gráfica de barras como el histograma. En ellas aparecen los tiempos entre llegadas de los paquetes en el eje X y la frecuencia de aparición de cada uno de los tiempos en el eje Y. La Figura 5.16 muestra tanto el histograma como el diagrama de barras de la diferencia de tiempo entre paquetes de los enviados desde el servidor hacia los jugadores.

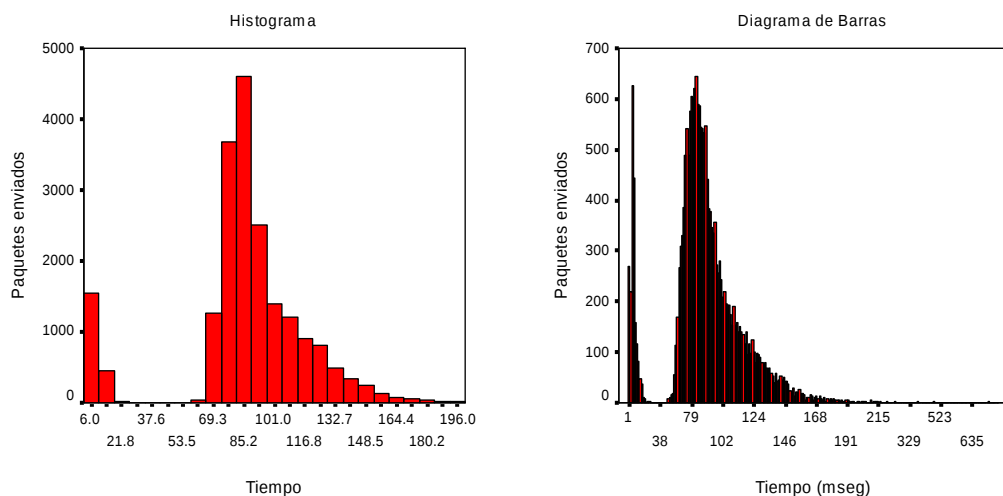


Figura 5.16 Histograma y diagrama de barras de los tiempos entre paquetes enviados por el servidor.

En la Figura 5.16 se observa que el comportamiento es muy irregular. Por lo tanto, ante la posibilidad de que esta función no se aproxime a ninguna función de distribución, es necesario agrupar los valores en intervalos, hallar la correspondiente distribución de frecuencias (véase Anexo 2) y obtener tanto el histograma como el diagrama de barras para este caso.

En este caso, la Figura 5.17 representa los mismos datos que los mostrados en la Figura 5.16, con la diferencia de que ahora los datos están agrupados en 20 intervalos.

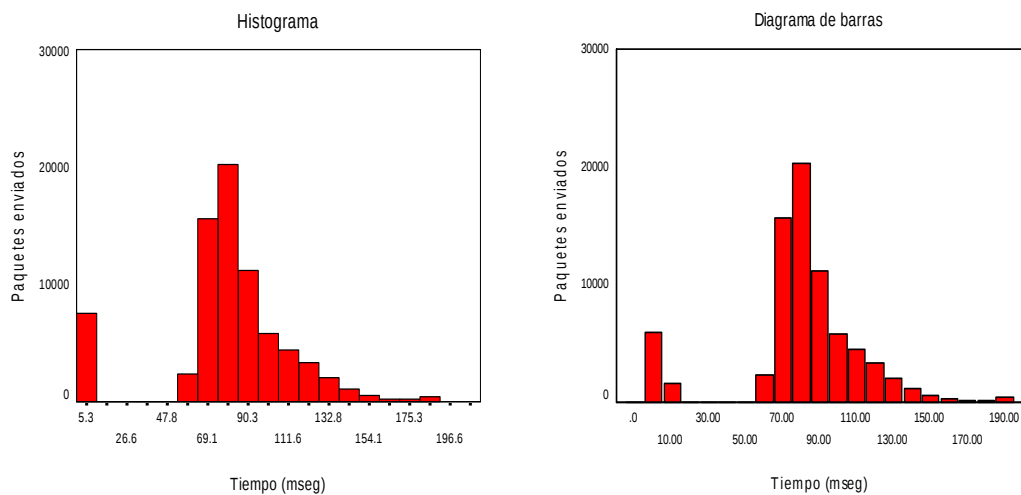


Figura 5.17 Histograma y diagrama de barras de los tiempos entre paquetes enviados por el servidor considerando intervalos.

Al igual que se viene realizando en los apartados anteriores, a continuación se realiza el cálculo de descriptivos para su posterior uso.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Tiempo	0,00	0,019	0,0081328	0,00338867	0,011483

Tabla 5.8 Datos estadísticos de los tiempos de paquetes enviados por el Servidor.

Partiendo de los estudios anteriores, tanto en la Figura 5.16 como en la Figura 5.17, se puede observar que en este caso ocurre lo mismo que en la distribución de tamaños para los jugadores, es decir, el comportamiento es muy irregular. De esta forma, es muy difícil aproximar esta distribución a una única función estadística. La solución para este caso es la misma que la que se ha dado para los tamaños de paquetes enviados por los jugadores, es decir, utilizar los porcentajes acumulados para realizar la función de distribución.

Sin embargo, en este caso aparece un problema añadido ya que hay un gran número de valores posibles. No obstante, en las gráficas de la Figura 5.17 se puede observar que el comportamiento de los tiempos de llegadas entre paquetes es el mismo agrupado en intervalos que sin agrupar, con lo cual será esta distribución de frecuencias (véase Anexo 2) la que se utilice para implementar el simulador.

En este punto, se tienen también ya las dos funciones de distribución que se van a implementar en el módulo de simulación. Con esto se finaliza la parte de análisis de los datos para comenzar con la implementación de los modelos obtenidos hasta el momento.

5.5 Simulador

En esta sección, tras haber estudiado las muestras y buscado las distribuciones que se aproximan a las muestras de tráfico obtenidas de una partida real, se tienen los datos suficientes para realizar la implementación del simulador.

El objetivo del simulador es generar tráfico que se aproxime lo máximo posible al generado por los juegos *on-line*. Como se explicó al comienzo del proyecto, para obtener los datos se utilizó un analizador de paquetes, el cual se encargaba de recoger datos de la red generados por los juegos de la Murcia LAN Party. A partir de estos datos, pasados a texto, se ha realizado todo el estudio utilizando sólo los datos que se consideraron importantes entre todos los extraídos de la red. El formato de los datos de los juegos que se ha utilizado durante todo el proceso es el siguiente:

NºPaq	Día	Hora de Llegada Juego (Aparece solo cuando el juego es el Quake)	Tam Paquete	IP Origen	IP Destino
1	06	02:57:57.0000000000 Quake III Arena	311 60	161.067.015.241	161.067.015.211
2	06	02:57:57.0081000000 Quake III Arena	157 60	161.067.015.241	161.067.015.204
3	06	02:57:57.0179000000 Quake III Arena	208 60	161.067.015.241	161.067.015.024
4	06	02:57:57.0297000000 Quake III Arena	181 60	161.067.015.241	161.067.015.154
5	06	02:57:57.0386000000 Quake III Arena	205 60	161.067.015.241	161.067.015.133
6	06	02:57:57.0482000000 Quake III Arena	171 60	161.067.015.241	161.067.015.244
7	06	02:57:57.0562000000 Quake III Arena	160 60	161.067.015.241	161.067.015.252
8	06	02:57:57.0662000000 Quake III Arena	115 60	161.067.015.241	161.067.015.250
9	06	02:57:57.0747000000 Quake III Arena	89 60	161.067.015.241	161.067.015.211

10	06	02:57:57.0846000000 91	60	161.067.015.241	161.067.015.204
		Quake III Arena			
11	06	02:57:57.0921000000 128	60	161.067.015.241	161.067.015.248
		Quake III Arena			

Por lo tanto, para realizar la simulación se ha decidido realizar un programa que, con los valores estimados de las distribuciones, genere archivos de texto con los datos en el formato mostrado anteriormente. De este modo, con los datos obtenidos de la simulación se podrán realizar los mismos estudios que se llevaron a cabo en el capítulo de análisis del tráfico.

En un simulador de tráfico de redes, hay que tener en cuenta tanto las características de los paquetes, respecto al tamaño, como la frecuencia de envío y/o llegada de éstos. Por lo tanto, en este caso en el que se está trabajando con juegos *on-line*, se tendrán en cuenta los tamaños y las diferencias entre llegadas de los paquetes, y el comportamiento por parte de los jugadores con respecto al servidor, y viceversa.

Para realizar el simulador se ha decidido implementar dos módulos independientes. Por un lado, un módulo que simule el comportamiento de los jugadores. Por otra parte, se ha de implementar también otro módulo que simule el comportamiento del servidor, que envía paquetes a los jugadores. En las siguientes secciones se verá cada uno de ellos.

5.5.1 Módulo de jugadores

Este módulo va a simular el comportamiento general de los jugadores con respecto al servidor. Antes de continuar, interesa conocer cómo se distribuyen los envíos por jugadores. Para ello se observa cómo envían los jugadores el tráfico hacia el servidor. En las trazas de tráfico obtenidas de la partida controlada, se ve que todos los usuarios no mandan paquetes con la misma frecuencia, y por tanto es necesario determinar la frecuencia de envío de paquetes por parte de cada usuario.

Como se puede ver en la Figura 5.18, no todos los usuarios envían paquetes con la misma frecuencia, así pues, cada jugador mandará un número de paquetes determinado. Este comportamiento es lógico, ya que todos los jugadores no tienen el mismo dominio del juego, ni realizan las mismas acciones, ni siguen la misma estrategia, con lo cual este comportamiento hay que tenerlo en cuenta a la hora de modelar el tráfico de un juego.

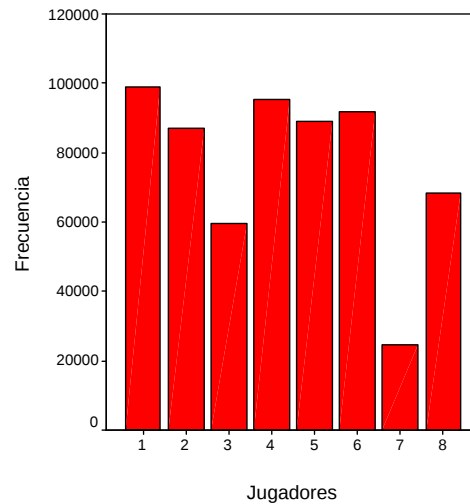


Figura 5.18 Envío de paquetes por parte de los distintos jugadores.

Para tener en cuenta las frecuencias de envío anteriores, a la hora de decidir quién envía un paquete en un determinado instante de tiempo, se recurre a la función **usuariosfin**, que se encarga de decidir quién es el usuario que envía cada paquete determinado.

Para el caso de 8 jugadores y los datos de la Figura 5.18 el pseudocódigo es el siguiente:

```

Genera número aleatorio entre 0 y 100

Si (numero aleatorio <= 16.1) lanza el jugador1
Sino si (numero aleatorio <= 30.3) lanza el jugador2
Sino si (numero aleatorio <= 40) lanza el jugador3
Sino si (numero aleatorio <= 55.4) lanza el jugador4
Sino si (numero aleatorio <= 69.9) lanza el jugador5
Sino si (numero aleatorio <= 84.9) lanza el jugador6
Sino si (numero aleatorio <= 88.9) lanza el jugador7
Sino lanza el jugador8

```

Este comportamiento es el que se da en el juego analizado para la partida controlada, pero se ha comprobado mediante varias partidas más que la distribución de frecuencias es muy parecida a ésta.

Después de estudiar el comportamiento de los jugadores, falta definir las características que presentarán los paquetes. Para estudiar el comportamiento de los paquetes se realizaron los dos apartados anteriores, en los que se estudiaron las muestras obtenidas de una partida controlada del Quake con 8 jugadores. En dichos apartados, se

estudió tanto el tamaño de los paquetes, como la frecuencia de llegada al servidor de los paquetes enviados por los jugadores. Según los datos obtenidos en el apartado anterior se van a definir las funciones.

En cuanto a los tamaños de los paquetes, se ha implementado una función que representa el modelado de frecuencias obtenido a la hora de realizar el muestreo, ya que según vimos, no hay ninguna función que genere los tamaños de los paquetes con las distribuciones obtenidas.

Para el caso de los tamaños de los paquetes el pseudocódigo es el siguiente:

Función Tamaño:

Genera número aleatorio entre 0 y 100

```
Si (numero aleatorio<=porcentajeAcumulado1) tamaño de paquete 1
Sino si (numero aleatorio<=porcentajeAcumulado2) tamaño de paquete2
Sino si (numero aleatorio<=porcentajeAcumulado3) tamaño de paquete3
.
.
.
Sino si (numero aleatorio<=porcentajeAcumuladoX) tamaño de paquetes
```

Esta implementación se ha realizado, utilizando los datos de porcentajes acumulados y tamaños de los paquetes correspondientes a la tabla que hay en el Anexo 1. De esta tabla, la última columna representa los porcentajes acumulados y la primera columna representa los tamaños válidos de los paquetes que hay que asignar.

Para el caso de los tiempos entre llegadas de paquetes se ha implementado la función que se aproxima a la distribución exponencial, que es la que modela esta variable según el estudio que se hizo de las distribuciones.

En este caso el pseudocódigo es el siguiente:

Función Tiempo:

```
/*FUNCIÓN EXPONENCIAL*/
Lambda=533;
U=Calculo de la distribución uniforme
Tiempo=-(1/Lambda)*log(U);
Tiempo_Final= Tiempo_Inicial + Tiempo
```

Con estas tres funciones quedan definidas las características más importantes a la hora de caracterizar el tráfico de la red. Sin embargo, como se ha dicho anteriormente, este módulo genera un fichero de salida con muchos más datos que son generados por otras funciones que no se consideran tan importantes. Puede consultarse el código de dichas funciones, así como el programa completo, en el CD adjunto.

5.5.2 Módulo del servidor

Al igual que el módulo anterior simulaba el comportamiento general de los jugadores, este va a simular el comportamiento del servidor con respecto a los jugadores. En primer lugar es necesario estudiar cómo el servidor envía paquetes a los usuarios. Como se puede ver en las trazas, el servidor envía paquetes a todos los usuarios de forma consecutiva, aunque los paquetes enviados a los jugadores no tienen ni el mismo tamaño ni hay una diferencia de tiempo constante entre los envíos éstos.

Con lo cual, en este caso es necesario únicamente estudiar el tamaño de los paquetes y las frecuencias. En el apartado anterior se vio que los tamaños de los paquetes seguían una distribución que se ajustaba a la familia de las distribuciones Gamma y en concreto para este caso a una específica de tipo a-Erlang, que se define por tener un número de tipo entero para el valor de α .

El pseudocódigo de la función que implementa los tamaños de paquetes para el servidor es el siguiente:

Función Tamaño:

```
/*FUNCIÓN Gamma*/

alfa=9
beta=16;
Desde alfa=1 hasta alfa=9
  Ualfa=Calcula la función uniforme
  Numalfa= -beta * log(Ualfa);

Desde alfa=1 hasta alfa=9
  Tamaño= Tamaño + Numalfa
```

Una vez que se tiene la función que calcula el tamaño de los paquetes, se ha de ver la frecuencia de envío de estos. Como vimos en la sección anterior, para este caso ocurre lo mismo que con los tamaños de paquetes enviados por los clientes, es decir, no hay ninguna

función de distribución que se aproxime a estos valores. Por lo tanto, para este caso también se realizará un modelado de frecuencias, usando el Anexo 2.

Para este caso, el pseudocódigo de la función que implementa los tamaños de los paquetes es la siguiente:

Función Tiempos:

Genera número aleatorio entre 0 y 100

```
Si (numero aleatorio<=porcentajeAcumulado1) tiempo de paquete 1
Sino si (numero aleatorio<=porcentajeAcumulado2) tiempo de paquete2
Sino si (numero aleatorio<=porcentajeAcumulado3) tiempo de paquete3
.
.
.
Sino si (numero aleatorio<=porcentajeAcumuladoX) tiempo de paquetes
```

Esta implementación se ha realizado, utilizando los datos de porcentajes acumulados y tiempos entre llegadas de los paquetes correspondientes a la tabla que hay en el Anexo 2. De esta tabla, la última columna representa los porcentajes acumulados y la primera columna representa los tamaños válidos de los paquetes que hay que asignar.

Una vez definidas las funciones que generan el valor de los parámetros más importantes de los paquetes, que se necesitan conocer a la hora de caracterizar el tráfico de la red, se ha configurado el código completo con funciones adicionales que permiten generar el tráfico requerido. El código completo ha sido incluido en el CD adjunto.

5.6 Validación y verificación de los resultados obtenidos de la simulación

Una vez realizados los módulos de simulación, se han utilizado para obtener dos ficheros, uno para el tráfico generado por los clientes, y otro para el tráfico generado por los usuarios, ambos con el formato requerido. De este modo, lo siguiente a realizar es analizar el tráfico generado mediante simulación y compararlo con el tráfico obtenido tanto de la Murcia LAN Party como de la partida realizada de forma controlada.

5.6.1 Tiempo entre llegada de paquetes

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos, lo primero que hay que hacer es estudiar la frecuencia de llegada de los paquetes al servidor, al igual que se hizo para el análisis inicial, con el tráfico de la LAN Party.

Para ver la distribución de paquetes a lo largo del tiempo en una partida se realizará el estudio que muestre el número de paquetes que aparecen en cada uno de los intervalos.

Para la realización de las gráficas que muestran tanto el comportamiento del tamaño como el del tiempo entre llegadas de paquetes se han utilizado las mismas herramientas en AWK que se desarrollaron para los casos anteriores.

Las gráficas con los resultados obtenidos con respecto al tiempo entre llegada de paquetes en el caso de la partida simulada se pueden observar en la Figura 5.19.

En la primera gráfica de la Figura 5.19, se puede observar que el comportamiento es muy parecido al obtenido en las partidas reales, pues la mayoría de los paquetes llegan en torno al cuarto intervalo. Se puede apreciar que no todos los jugadores genera el mismo número de paquetes ya que esto se hizo así para simular las partidas reales, como se pueden ver tanto en la partida controlada como en el tráfico obtenido de la Murcia LAN Party.

En la segunda gráfica se muestra el porcentaje acumulado de los paquetes enviados. En esta otra gráfica se puede ver que casi el 100 por 100 de los paquetes llegan con una diferencia menor a 0.1 segundo al igual que ocurría en los otros casos.

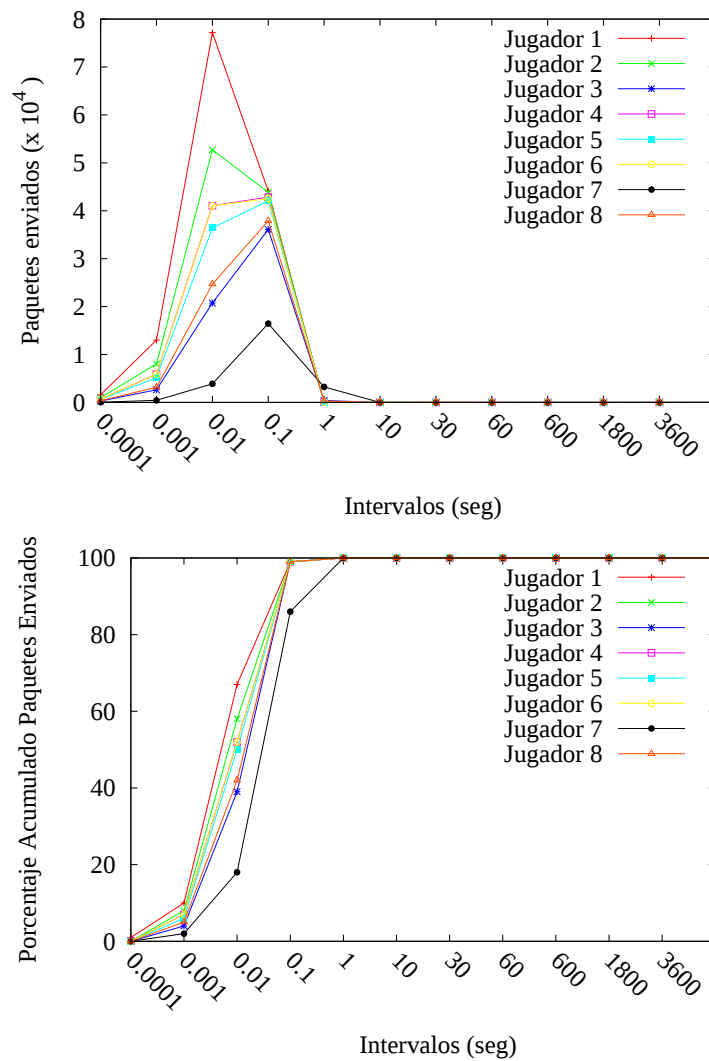


Figura 5.19 Comportamiento de los jugadores en la partida simulada del Quake 3 Arena.

Por lo tanto, como conclusión a estas gráficas se ha de decir que el comportamiento de las simulaciones realizadas es el que se pretendía conseguir. Aunque una simulación no genera tráfico completamente real, podemos observar que tanto las características como la tendencia general de las curvas correspondientes a los tiempos de llegadas son muy aproximadas.

5.6.2 Tamaño de los paquetes

Al igual que en los análisis anteriores, tras realizar el estudio de los tiempos entre llegadas de los paquetes, es necesario realizar el estudio de los tamaños de los paquetes. El cual se realizará de manera conjunta, entre los paquetes enviados y recibidos por el servidor, al igual que se hizo en el análisis de la LAN Party, ya que lo que se quiere ver es el comportamiento general del juego.

Con este estudio se pretende conocer si los tamaños de los paquetes son los mismos en esta partida simulada que en las partidas que hay de referencia, es decir, los mismos que en la partida controlada y que en el tráfico capturado de la LAN Party. Además, los tamaños de los paquetes pueden variar más en función de los jugadores y del momento en el que se encuentra la partida.

Para poder estudiar los tamaños de paquete se ha hecho lo mismo que en los análisis anteriores, es decir:

- Averiguar el tamaño mínimo y máximo de los paquetes para este juego.
- Averiguar el número de paquetes que se tienen para cada uno de los tamaños distintos que se han obtenido

Los tamaños mínimos y máximo para el Quake 3 Arena en la partida simulada son los siguientes:

- Tamaño mínimo: 60 bytes
- Tamaño máximo: 462 bytes

La gráfica resultante del estudio de los tamaños de los paquetes aparece en la Figura 5.20. En este caso se ha realizado la gráfica de forma logarítmica para ver donde se concentran la mayoría de paquetes y además ver el comportamiento general.

El tamaño mínimo es el mismo que en los casos anteriores, aunque el tamaño máximo es menor para la partida simulada, ya que los paquetes mayores se eliminaron debido a que aparecían de forma poco significativo. Sin embargo, el comportamiento de esta gráfica, comparada con las anteriores, es muy aproximado y se produce un pico en torno a los tamaños 70-80 bytes como en los otros casos. No se ve totalmente la curva de la función Gamma, ya que esta gráfica corresponde a las tasas generadas por los juegos, tanto de los clientes como de los servidores.

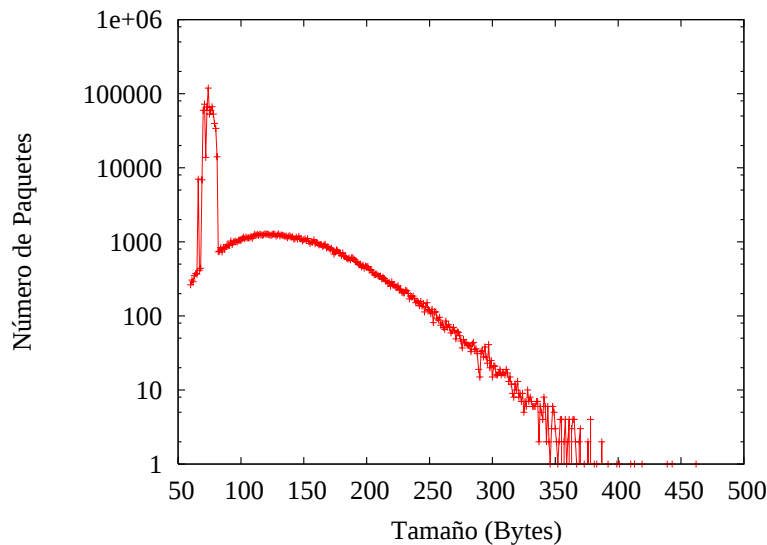


Figura 5.20 Número de paquetes por tamaño en escala logarítmica.

Una vez concluido con el análisis general, que ha sido comparado con los análisis de los otros tráficos que se tienen para el Quake III Arena (tráfico de la Murcia LAN Party y de la partida controlada) y visto que el comportamiento del tráfico obtenido del simulador es bastante parecido al del tráfico real, sólo queda estudiar los datos estadísticos para ver si se aproximan a los obtenidos para la partida controlada.

5.6.3 Estudio de los datos estadísticos

Para acabar con la verificación de los datos obtenidos de la simulación, se va a realizar un estudio estadístico con ellos. Este estudio será similar al que se realizó anteriormente en las muestras con el fin de obtener la distribución.

En primer lugar se estudiará el comportamiento de los jugadores, estudiando los descriptivos que sean necesarios para realizar la comparación con los datos observados. Después se hará lo mismo para los datos obtenidos de la simulación del servidor.

5.6.3.1 Estudio para los jugadores

Para estudiar los datos estadísticos se ha usado el programa estadístico SPSS, al igual que en los apartados anteriores. En primer lugar, se van a estudiar los tamaños de los paquetes y se van a comparar los estadísticos descriptivos de los resultados obtenidos con el simulador, con los datos estadísticos obtenidos de la partida controlada.

En este caso, es muy probable que coincidan los datos simulados con los datos observados, ya que el modelado de frecuencias es bastante seguro. Sin embargo, el modelado de frecuencias fallaría si se desprecian datos que fuesen realmente importantes, ya que no suele ser posible tener en cuenta todos los datos obtenidos en este modelo.

En la Tabla 5.9 se puede observar la comparativa de los datos observados con los datos simulados.

Datos Observados	Media	74,749
	Des. Típica	3,1268
	Varianza	9,777
Datos Simulados	Media	74,674
	Des. Típica	3,1730
	Varianza	10,0678

Tabla 5.9 Distribución de tamaños de paquetes.

Como se puede observar en la Tabla 5.9, los resultados obtenidos de la simulación, para los tamaños de los paquetes, son bastante aproximados a los datos observados, lo que significa que el modelado de frecuencias para la simulación es bastante bueno.

Para ver los resultados gráficamente, se compararán los gráficos de barras y los histogramas de la partida simulada y de la partida controlada. De esta forma no se tendrán sólo los datos estadísticos, sino que se tendrá también la tendencia de ambas gráficas y el comportamiento general. La Figura 5.21 muestra la comparativa de los datos observados, con los datos simulados.

Como se puede ver en las gráficas de la Figura 5.21, los tamaños de los paquetes para los jugadores simulados siguen la misma tendencia que los datos reales. Estos resultados, pueden concluir con la validación de los resultados obtenidos del modelo y, por tanto, la validación de la distribución de frecuencias que se estimó para el realizar el simulador.

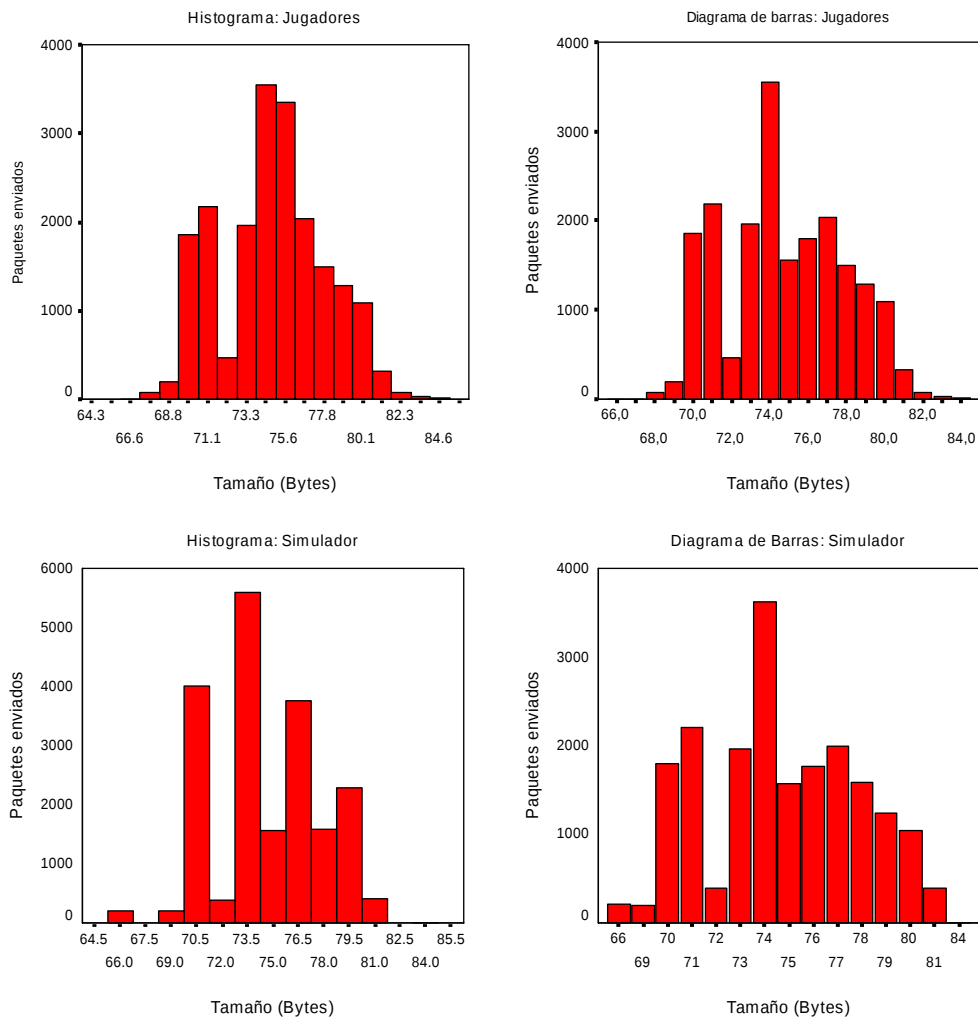


Figura 5.21 Histogramas y diagrama de barras de los tamaños de paquetes.

Una vez estudiados los tamaños de los paquetes, se ha de estudiar la diferencia de tiempo entre llegadas de los paquetes enviados por los jugadores. Para ello, igual que en el caso anterior, se realizará un estudio de los datos estadísticos obtenidos.

En la Tabla 5.10 se ve la diferencia entre los tiempos generados por la partida controlada y la simulación realizada, para los principales estadísticos descriptivos.

Datos Observados	Media	0,001876687
	Des. Típica	0,016159056
	Varianza	0,0000026
Datos Simulados	Media	0,001838653
	Des. Típica	0,001868323
	Varianza	0,00000349

Tabla 5.10 Distribución de la diferencia de tiempos entre paquetes.

En la Tabla 5.10 se pueden observar unos tiempos entre paquetes muy parecidos entre el tráfico recogido de la partida real controlada y los de la partida simulada. Esto puede dar una idea de lo que se aproxima la función exponencial.

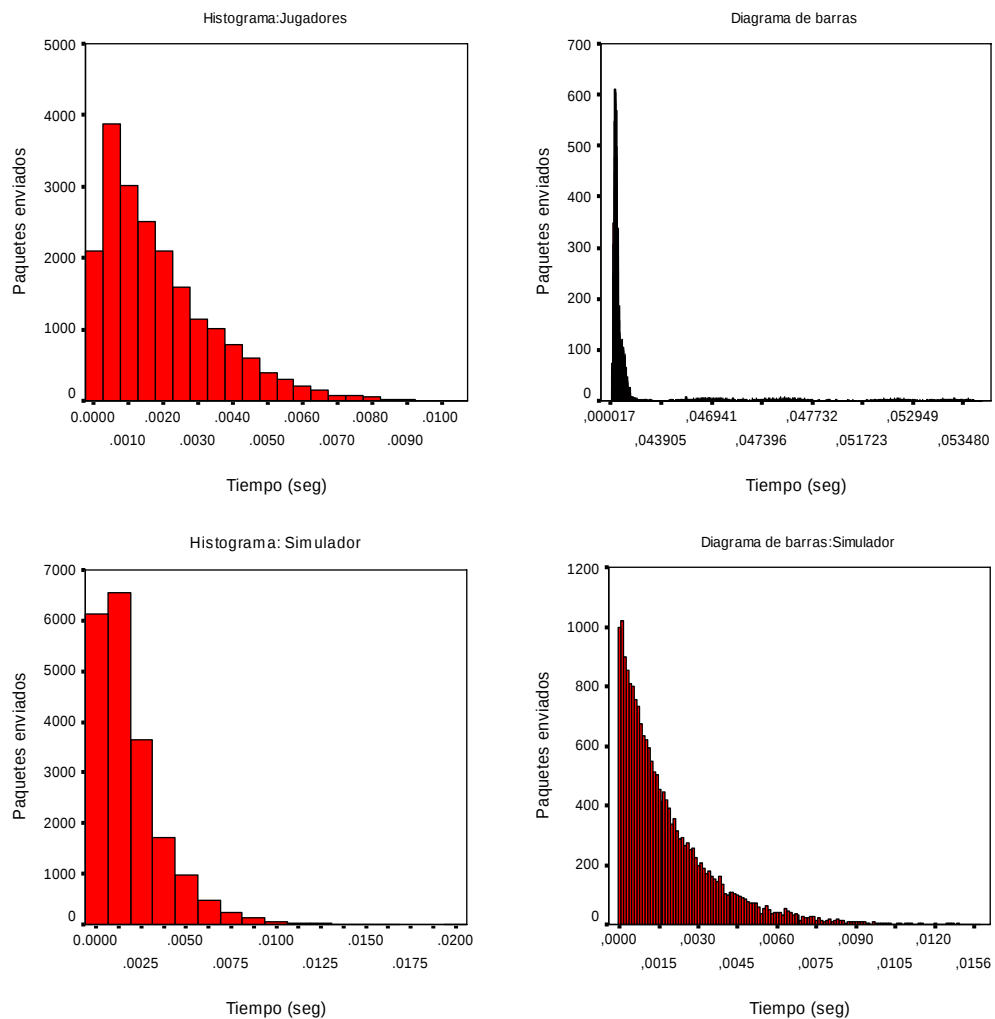


Figura 5.22 Gráficas de diferencia de tiempo entre llegadas de paquetes.

Al igual que en el caso anterior, se han realizado las gráficas que muestran el comportamiento de los datos que han dado lugar a la gráfica anterior. En las gráficas correspondientes a la Figura 5.22, se pueden comparar las diferencias de tiempos entre llegadas de paquetes reales y simulados.

En este caso, en el que se ha utilizado la función de distribución exponencial. Se puede observar cómo la salida de los datos de la simulación se aproximan completamente a la función exponencial, al igual que los datos obtenidos de las muestras.

Si se comparan los resultados obtenidos de la partida controlada y los datos simulados, se puede ver que el comportamiento de la llegada de los tiempos es muy semejante. Con lo cual, tras verificar los datos obtenidos de la simulación y haber comprobado que la tendencia es muy similar, se puede validar su comportamiento.

Para concluir con el estudio de los datos simulados para los jugadores, se ha de mencionar que el tráfico generado por los jugadores es bastante realista. En las gráficas realizadas para el análisis de los paquetes, se ve que los picos se producen en torno a los mismos valores. Además, los resultados obtenidos por el programa SPSS cercioran que el modelo es muy apropiado para el tráfico que se pretendía generar.

5.6.3.2 Estudio para el servidor

Al igual que en los apartados anteriores, se han recogido datos estadísticos, en primer lugar, se van a estudiar los tamaños de los paquetes y se van a comparar los datos de los resultados obtenidos con el simulador y los datos estadísticos obtenidos de la partida controlada.

En este caso, se ha visto que la función de distribución que mejor se aproximaba al comportamiento de los tamaños de paquetes enviados por el servidor, es una función de tiempo Gamma, más concretamente una a-Erlang. En la Tabla 5.11 se pueden observar tanto los datos observados, como los datos simulados.

Datos Observados	Media	130,030
	Des. Típica	40,379
	Varianza	2233,35
Datos Simulados	Media	139,167
	Des. Típica	47,7243
	Varianza	2277,612

Tabla 5.11 Distribución de tamaños de paquetes.

Como se puede observar en la Tabla 5.11 los resultados obtenidos de la simulación son bastante aproximados a los datos observados. Esto indica que la función Gamma sigue un comportamiento bastante aproximado a la distribución real de tamaños de paquetes.

Para ver los resultados gráficamente, se compararán los gráficos de barras y los histogramas de la partida simulada y la partida controlada. De esta forma no se tendrán sólo los datos estadísticos, sino que se tendrá también la tendencia de ambas gráficas y el comportamiento general. Las gráficas de la Figura 5.23 muestran la comparativa de los datos observados, con los datos simulados.

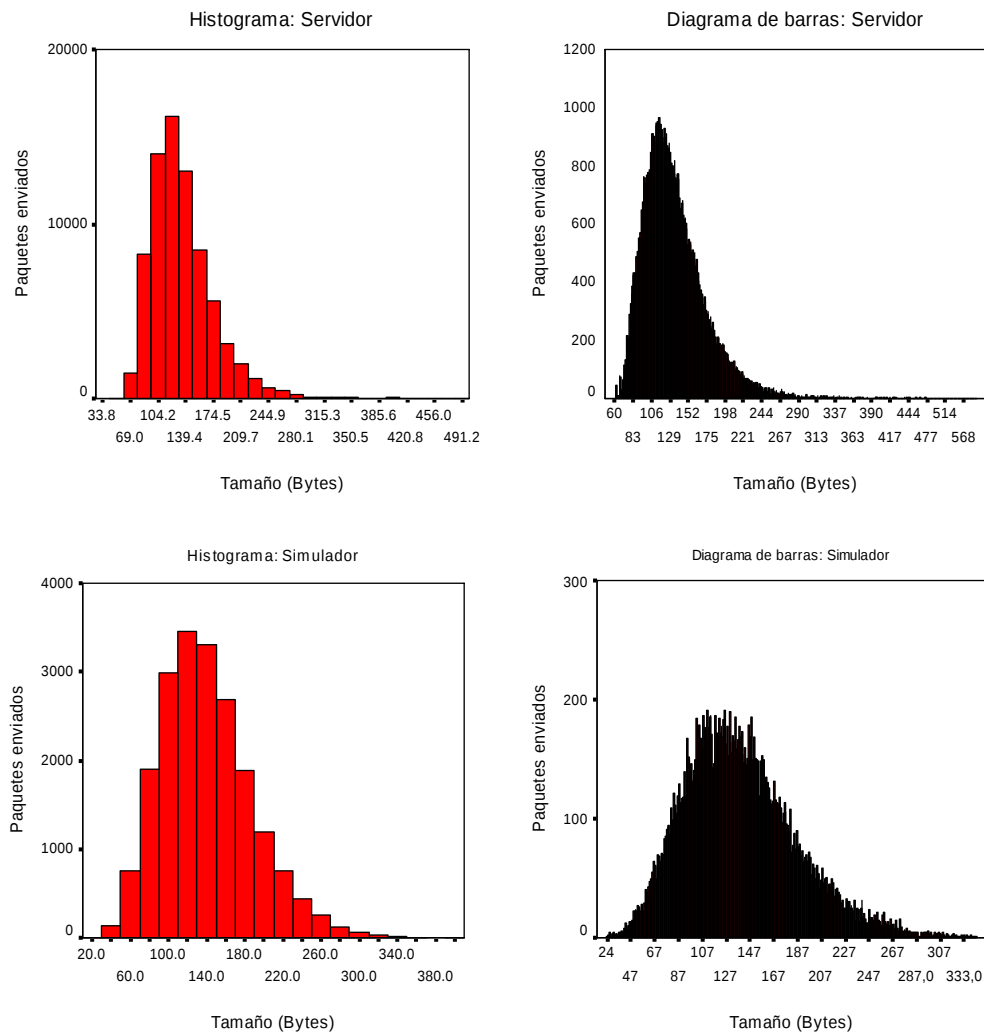


Figura 5.23 Histogramas y Gráficas de barras de los tamaños de paquetes servidor.

Como se puede ver en las gráficas anteriores, los tamaños de los paquetes para la simulación del servidor siguen la misma tendencia que los tamaños del servidor real. Estos resultados, pueden concluir con la validación de los resultados obtenidos del modelo y, por tanto, la validación de la función de distribución a-Erlang que se estimó para el simulador.

Una vez estudiados los tamaños de los paquetes, se ha de estudiar la diferencia de tiempo entre llegadas de los paquetes enviados por el servidor. Para ello, igual que en el caso anterior, se realizará un estudio de los datos estadísticos obtenidos.

En la Tabla 5.12 se ve la diferencia entre los tiempos generados por la partidas controlada y la simulación realizada, también se pueden observar unos tiempos entre paquetes muy parecidos entre el tráfico recogido de la partida real controlada y los de la partida simulada. Esto puede dar una idea de lo que se aproxima la función exponencial.

Datos Observados	Media	0,0081528
	Des. Típica	0,00338887
	Varianza	0,011483
Datos Simulados	Media	0,00833248
	Des. Típica	0,00330357
	Varianza	0,00000109

Tabla 5.12 Distribución de diferencia de tiempos entre paquetes servidor.

Al igual que en el caso anterior, lo siguiente es realizar las gráficas que muestren el comportamiento de los datos que han dado lugar a la gráfica anterior. Con las gráficas de la Figura 5.24, se pueden comparar las diferencias de tiempos entre llegadas de paquetes reales y simulados.

En este caso, al igual que para los tamaños de los paquetes de los jugadores, se vio que el comportamiento no se aproximaba a ninguna función. De este modo, se implementó el modelo mediante el modelado de frecuencias.

Tomando como referencia la Figura 5.24, si se comparan los resultados obtenidos de la partida controlada y los datos simulados, se puede observar que el comportamiento de los tiempos entre llegada de paquetes es muy semejante. Con lo cual, tras verificar los datos obtenidos de la simulación y haber comprobado que la tendencia es muy similar, se puede validar la distribución de frecuencias ya que aproxima bastante bien la simulación a la realidad.

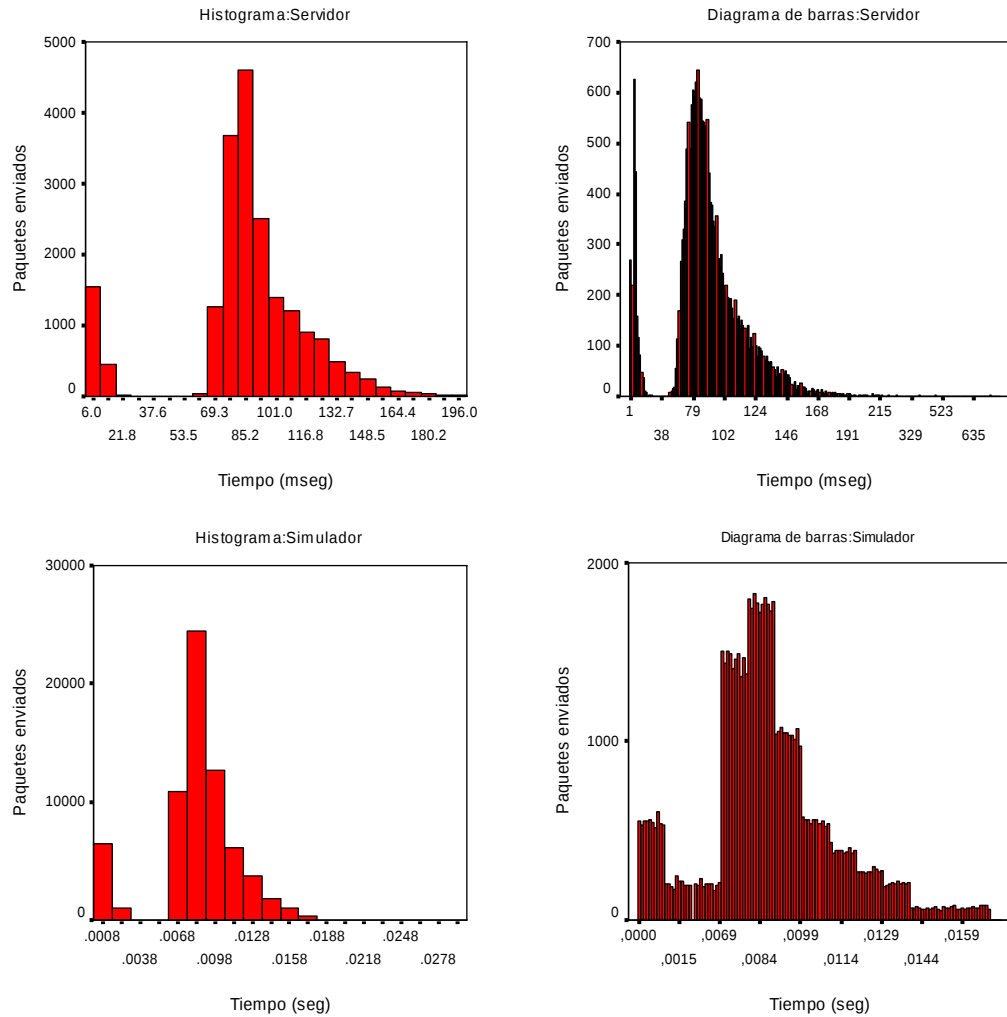


Figura 5.24 Gráficas de diferencia de tiempo de llegada de paquetes.

Para concluir con el estudio de los datos simulados para el servidor, se ha de mencionar que el tráfico generado por éste es bastante realista. En las gráficas realizadas para el análisis de los paquetes, se ve que los picos se producen en torno a los mismos valores. Además, los resultados obtenidos por el programa SPSS corroboran que el modelo es muy apropiado para el tráfico que se pretendía generar.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Finalmente, en este capítulo se presentan las conclusiones más interesantes del trabajo realizado. Hay que indicar, en primer lugar, que los objetivos inicialmente planteados han sido cubiertos en la medida en que el propósito principal del estudio ha sido alcanzado. Es decir, se ha obtenido un módulo de simulación correspondiente al tráfico generado por un juego en red, después de haber realizado una caracterización del tráfico de este tipo de aplicaciones.

Es necesario señalar, igualmente, que el objetivo se ha conseguido aplicando la metodología inicialmente programada, aunque alguna de las etapas haya sufrido alguna ligera desviación en lo que se refiere a las acciones que se habían previsto. Hay que indicar que esto se ha debido fundamentalmente al escaso número de estudios de iguales características a las del trabajo aquí desarrollado.

Al margen de la dificultad que haya podido suponer la novedad del tema tratado en el centro donde se ha realizado, la elección de la metodología ha resultado ser totalmente acertada y ha permitido, además de alcanzar el principal objetivo del trabajo, encontrar una serie de datos de gran interés que pueden dar lugar a nuevos e interesantes estudios.

6.1 CONCLUSIONES

A partir de toda la información consultada y del trabajo desarrollado se pueden extraer una serie de conclusiones que se resumen en los siguientes puntos:

- Los juegos en red se han consolidado como uno de los elementos de entretenimiento más populares, hasta el punto de competir en cuanto a volumen de negocio y usuarios con el cine o la televisión.
- El incremento de usuarios de los juegos en red y el uso masivo de Internet para usarlos, ha hecho subir significativamente el volumen de tráfico por la red.
- Todavía no hay demasiados estudios que analicen las características del tráfico generado por los juegos en red, y menos que realicen modelos de simulación de dicho tráfico.

- Los eventos en los que se presentan numerosos juegos y a los que acuden muchos participantes, como pueden ser LAN Parties, aportan mucha información de tráfico y comportamiento general. Sin embargo, en este tipo de eventos es imposible controlar datos tales como número de partidas desarrolladas, identificar el inicio y el fin de cada partida, jugadores participantes en cada momento, etc.
- La información que no proporciona ese tipo de eventos puede ser obtenida de partidas cortas y controladas para las que sólo son necesarios unos pocos participantes.
- Para cada uno de los juegos analizados, el comportamiento de los jugadores que participaron en ellos es muy similar. Las diferencias existentes, sobre todo en lo que se refiere a tiempos, están motivadas fundamentalmente por el tipo de equipo utilizado y la destreza del propio jugador. Como consecuencia, el tráfico generado por los diferentes participantes del mismo juego es muy parecido, e incluso también lo es con respecto al de otros juegos, de similares características.
- Dependiendo del jugador y el juego en el que participa, se pueden observar distintas estrategias con el fin de ganar el juego, y en función de estas estrategias el tipo de tráfico generado puede variar en número de paquetes y frecuencia de envío de dichos paquetes.
- Para el juego Quake 3 Arena, se ha comprobado la ausencia de correlación entre el tamaño de los paquetes y los tiempos de emisión/recepción de los mismos. Esto permite modelar el comportamiento de ambos parámetros de forma totalmente independiente.
- Las características del tráfico, tanto en lo que se refiere a tamaño de los paquetes como a tiempos entre ellos, son diferentes para el caso de jugador y servidor.
- No se han encontrado funciones de distribución que se ajusten totalmente a los datos recogidos. Sin embargo, para algunos casos ha sido posible aproximar de una manera bastante ajustada esos datos a ciertas distribuciones.
- Se pueden conseguir módulos de simulación sencillos que reproduzcan bastante bien las características del tráfico generado por los juegos en red.

6.2 TRABAJO FUTURO

El de los juegos en red, como se ha indicado varias veces a lo largo de esta memoria, es un tema de gran interés, debido a la demanda tan importante que existe, sobre todo de la gente más joven. Por tanto, es de esperar que se sigan realizando trabajos en torno a ellos. A partir de este trabajo, por ejemplo, ya se pueden plantear varios más. A continuación se indican algunas tareas que podrían realizarse y que darían continuidad a este proyecto.

- Para los juegos estudiados, se podrían realizar estudios variando el número de jugadores, ya que dependiendo del número de jugadores que participen en la partida el servidor puede enviar paquetes de diferentes tamaños y con distintas tasas de envío.
- Realizar el mismo análisis para otros juegos, incluyendo también juegos de otros tipos, realizar más estudios dentro del análisis, como podría ser: comparar los tiempos y los tamaños de paquetes para el servidor independientemente de los usuarios, e incluso añadir algunos parámetros al estudio como podría ser el ancho de banda consumido.
- Llevar a cabo el desarrollo de partidas controladas para todos los juegos anteriormente analizados y realizar las comparativas entre las partidas ejecutadas en una LAN Party con las realizadas en un entorno controlado.
- Realizar un estudio estadístico más detallado, utilizando más funciones estadísticas, e incluso llegar más lejos con el tipo de estudio realizado añadiendo/dividiendo el número de datos.
- Desarrollar un estudio más profundo en cuanto a las funciones de distribución que se aproximan a los datos observados del tráfico. También se puede intentar aproximar a una función compleja (como combinación de varias funciones estadísticas) los casos en los que se ha implementado el modelado de frecuencia.
- Realizar una validación de los modelos simulados aplicando una metodología más compleja.
- Realizar comparativas de estos resultados con datos recogidos de otros eventos que no hayan sido analizados previamente, para realizar un estudio más exhaustivo.

- Desarrollar el estudio de partidas controladas y realizar los correspondientes módulos de simulación para el resto de los juegos analizados en este trabajo.

De esta forma, este trabajo no es más que un punto inicial en una línea más amplia que permitirá hacer otros estudios posteriores en un tema de indudable interés.

ANEXOS

ANEXO 1

A continuación se muestra el modelado de frecuencias realizado para la muestra global extraída de los jugadores para modelar la distribución de los tamaños de los paquetes:

Distribución de Tamaños

Paquetes Válidos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
66,0	1	0,0	0,0	0,0
67,0	4	0,0	0,0	0,0
68,0	74	0,4	0,4	0,4
69,0	202	1,0	1,0	1,4
70,0	1863	9,3	9,3	10,7
71,0	2180	10,9	10,9	21,6
72,0	463	2,3	2,3	23,9
73,0	19665	9,8	9,8	33,8
74,0	3552	17,8	17,8	51,5
75,0	1565	7,8	7,8	59,3
76,0	1792	9,0	9,0	68,3
77,0	2044	10,2	10,2	78,5
78,0	1496	7,5	7,5	86,0
79,0	1281	6,4	6,4	92,4
80,0	1093	5,5	5,5	97,9
81,0	324	1,6	1,6	99,5
82,0	68	0,3	0,3	99,8
83,0	23	0,1	0,1	100,0
84,0	10	0,0	0,0	100,0
Total	20000	100,0	100,0	100,0

Tabla Anexo 1.1 Frecuencias de distribución de tamaños de paquetes para los jugadores.

ANEXO 2

A continuación se muestra el modelado de frecuencias realizado para la muestra global extraída del servidor para modelar la distribución de los tiempos de llegadas de los paquetes al servidor por parte de los jugadores:

Distribución de Tiempos

Paquetes Válidos					
Tiempo	Intervalo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0,001	1,00	1556	7,8	7,8	7,8
0,002	2,00	464	2,3	2,3	10,1
0,003	3,00	6	0,0	0,0	10,1
0,004	4,00	3	0,0	0,0	10,1
0,005	5,00	1	0,0	0,0	10,2
0,006	6,00	2	0,0	0,0	10,2
0,007	7,00	394	2,0	2,0	12,1
0,008	8,00	3992	20,0	20,0	32,1
0,009	9,00	5211	26,1	26,1	58,2
0,010	10,00	3050	15,2	15,3	73,4
0,011	11,00	1769	8,8	8,8	82,3
0,012	12,00	1223	6,1	6,1	88,4
0,013	13,00	880	4,4	4,4	92,8
0,014	14,00	562	2,8	2,8	95,6
0,015	15,00	382	1,9	1,9	97,5
0,016	16,00	182	0,9	0,9	98,4
0,017	17,00	90	0,4	0,5	98,9
0,018	18,00	61	0,3	0,3	99,2
0,019	19,00	37	0,2	0,2	99,4
1	20,00	127	0,6	0,6	100,0
Total		20000	100,0	100,0	100,0

Tabla Anexo 2.2 Frecuencias de distribución de tiempos entre paquetes para el servidor.

REFERENCIAS

- [Ade05a] ADESE (Asociación Española de Distribuidores y Editores de Software de Entretenimiento), “Estudio de Hábitos y Usos de los Videojuegos.” <http://www.adese.es>, 2005.
- [Ade05b] ADESE, “Resultados Anuales 2004. Sector Videojuegos.”, <http://www.adese.es>, 2005.
- [Ade05c] ADESE, “Anuario 20004.”, <http://www.adese.es>, 2005.
- [Alo05] Alonso D., “Juegos On-line, el futuro del mercado de los videojuegos.” <http://www.n-economia.com>, 2005.
- [And02] Andago, “Dossier Juegos On-line.”, <http://www.andago.com>, 2002.
- [Bae99] Baer R., “How video games invaded the home TV set.” http://www.ralphbaer.com/how_video_games.htm, 1999.
- [Bis98] Bishop L., Eberly D., Whitted T., “Designing a PC Game Engine.”, IEEE C&GA, 1998.
- [Bor99] Borella M. S., “Source Models of Network Game Traffic.”, Las Vegas, 1999.
- [Cha03] Chang F., Feng W., “Modelling Player Session Times of Online Games.”, 2003.
- [Cro03] Cronin E., Filstrup B., Jamin S., “Cheat-Proofing Dead Reckoned Multiplayer Games.”, 2003.
- [Dia05] Díaz O., “Historia y géneros del primer multimedia interactivo: el videojuego.”, (I Seminario Internacional sobre Videojuegos: De la creación a la traducción), 2005
- [Dem02] Demaría, R. y Wilson, J.L., “HIGH SOCORE!: la Historia Ilustrada de los Videojuegos.”, Madrid, McGraw-Hill/Osborne, 2002.
- [Dos01] Dossier Juegos, “El Futuro de los Juegos está en Internet.”, Madrid, 2001.
- [Est97] Estallo J.A. “Psicopatología y Videojuegos.”.
- [Fär02] Färber J., “Network Game Traffic Modelling.”, Germany, 2002.
- [Int04] Asociación de Internautas, “Los Usos legales del P2P.”, 2004.
- [Kim03] Kim, J., Hong, E., and Choi, Y., “Measurement and Analysis of a Massively Multiplayer Online Role Playing Game Traffic.”, Korea, 2003.

- [Knu05]** Knutsson B., Lu H., Xu X, Hopkins B., “Peer-to-Peer Support for Massively Multiplayer Games.”, 2005.
- [Lak03]** Lakkakorpi J., Heiner A., Ruutu J. “Measurement and characterization of Internet gaming traffic.”, 2003.
- [Lan04]** Lang T., Branch P., Armitage G., “A Synthetic Traffic Model for Quake 3.”, 2004.
- [LaP01]** LaPointe D., Winslow J., “Analyzing and Simulating Network Game Traffic”, Worcester, 2001.
- [Law00]** Law A. M., Kelton W. D., “Simulation Modelling and Analysis.” , McGraw-Hill, 2000, 3ª Edición.
- [McC02]** McCreary S., Claffy K., “Trends in Wide Area IP Traffic Patterns- A View from Ames Internet Exchange.” ITC Spec. Seminar, 2000.
- [Pack01]** Pack S., Hong E., Choi Y., Park I., Kim J., D. K., “Game Transport Protocol: A Reliable Lightweight Transport Protocol for Massively Multiplayer On-line Games (MMPOGs).”, Korea, 2001.
- [Sah03]** Saha D., Sahu S., Shaikh A., “A Service Platform for OnLine Games.“, 2003.
- [Sch02]** Scholand M., “Localización de Videojuegos.”, 2002.
- [Sme02]** Smed J., Kaukoranta T., Hakonen H., “A Review on Networking and Multiplayer Computer Games”, Finlandia, 2002.
- [Tel00]** Telefónica, “Infraestructuras para Servicios Multimedia”, <http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion>, 2004.
- [Tel03]** Telefónica, “La Sociedad de la Información en España 2003.”, <http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion>, 2003.
- [Val97]** Valero V. “Sistema Operativo UNIX”, Popular Libros, Septiembre 1997.
- [Wil95]** Williams T., Kelley C., “GNU PLOT: An Interactive Plotting Program.”, 1995.

REFERENCIAS WEB

- [1] Relación de LAN *Parties* extraída de la página: <http://www.partyspain.org/>.
- [2] Ethereal - Network protocol analyzer (<http://www.ethereal.com>), versión para Linux. Ayuda en línea y página man. Manual de usuario: Ethereal - Network protocol analyzer (<http://www.ethereal.com>), versión para Linux. Ayuda en línea y página man. Manual de usuario: <http://www.ethereal.com/docs/user-guide/>
- [3] Campus Party, la mayor LAN Party de España. Información acerca de todos los eventos que se celebran en dicho evento: <http://web5.campus-party.org/index.php3>
- [4] Pong Story, The Site of the First Videogame: <http://www.pong-story.com/> .
- [5] Página oficial del juego Quake III Arena: <http://www.quake3.com>
- [6] Página oficial del juego Counter Strike: <http://www.counter-strike.net/>
- [7] Página oficial del juego Unreal Tournament: <http://www.unrealtournament.com/>
- [8] Página oficial del juego Warcraft III The Frozen Throne: <http://www.blizzard.com/war3/>
- [9] SPSS. Programa estadístico: <http://www.spss.es>
- [10] Código europeo de autorregulación para videojuegos PEGI <http://www.pegi.info>
- [11] MurciaLanParty: <http://www.murcialanparty.com/>