

# **SISTEMAS DE RED DE ÁREA LOCAL (SRAL): EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DESDE UNA PERSPECTIVA GLOBAL**

Norma Fleytas Jover  
Enrique Goossen

Departamento de Electrónica e Informática - Facultad de Ciencias y Tecnología  
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"  
Asunción - Paraguay

[nfleytas@pla.net.py](mailto:nfleytas@pla.net.py) ; [ehg@uca.edu.py](mailto:ehg@uca.edu.py)

## **RESUMEN**

A fin de obtener un mejor desempeño de red, las propuestas de solución han apuntado a servidores más rápidos y mejor equipados, así como arquitecturas con mayor ancho de banda, pero esto no ha conducido siempre al mejor resultado posible. El objetivo de este trabajo ha sido el de observar a las redes como un conjunto integral de componentes relacionados, un sistema, cuya performance final no es el resultado de la suma de los desempeños de cada una de las partes, sino que constituye un fenómeno que debe ser analizado y estudiado de manera integral considerando en todo momento al conjunto de factores componentes y sus interacciones. Este planteamiento conduce así al concepto de Sistema de Red de Área Local (SRAL), concepto definido a fin de considerar todos los factores que inciden en el desempeño y demostrar la incidencia de las estaciones clientes en la performance de una LAN, las cuales no han sido tenidas en cuenta como factores decisivos para el desempeño.

**Palabras claves:** redes, desempeño, performance, sistema, modelo, estaciones.

## Introducción

La búsqueda y validación de nuevos parámetros de influencia en el desempeño<sup>1</sup> de una red de área local se fundamenta en varios estudios y experimentos hechos en sistemas de redes: infinita capacidad de memoria en los buffers no soluciona el problema de la congestión [NAG 87], los enlaces de alta velocidad sin estrategias de control de congestión adecuadas tampoco ayudan [JAI 86b], así como los procesadores rápidos no son capaces por sí solos de resolver la degradación de la performance [JAI 90]. Obviamente, existe un conjunto de factores interrelacionados que determina el desempeño global. El concepto de red observado por la mayoría de los investigadores no hace énfasis en este conjunto global de factores e interacciones. El peso de un mal desempeño recae generalmente en los servidores y en los medios de transmisión. En este punto cabe preguntarnos: ¿cuál es el papel de las máquinas clientes?, este concepto de red, ¿comprende también a las estaciones? Para responder a estos cuestionamientos definimos al Sistema de Red de Área Local (SRAL) y a partir de aquí pasamos a evaluar performance de redes locales considerando la influencia de las características de las estaciones clientes en el aprovechamiento global de los recursos de la red a través de una serie de experimentos programados. Finalmente se demuestra que los clientes definitivamente influyen en el desempeño de la red, en proporciones bastante significativas y que, de hecho, es justo considerar a la red como un sistema cuyos componentes e interrelaciones definen el desempeño global.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 1 se introducen trabajos preliminares sobre performance de redes, de los cuales se extrae la cosmovisión de los autores acerca de los conceptos de red y performance; en la Sección 2 se presenta la conceptualización del Sistema de Red de Área Local, su fundamentación y características. Posteriormente en la Sección 3, se establecen las consideraciones teóricas y metodológicas para modelar un SRAL, así como las bases conceptuales que guiarán la experimentación y luego en la Sección 4 se formula y demuestra la hipótesis de la influencia de las estaciones clientes sobre el SRAL. Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones y se dan algunas guías para trabajos futuros.

### 1.- Trabajos preliminares

La literatura sobre performance de redes es extensa. [YUP 77] ya observó la comparación de performance de esquemas de acceso aleatorio en redes de conmutación de paquetes. Más tarde, [REI 86] esquematizó los modelos incluidos en el Modelo de Referencia OSI, luego [KEL 86] obtuvo una herramienta de evaluación y predicción de performance para LANs. [JAI 86a] investigó sobre el análisis y modelado de performance en redes de arquitectura DIGITAL, más tarde [JAI 90] analizó el problema de la congestión en las redes de computadoras. [JAI 92] estudió la performance en redes FDDI y [KAI 93] realizó mediciones y análisis de componentes UDP/IP. Una formulación de modelos en capas fue hecha por [CON 93] y [CAR 96] estudió la calidad de las conexiones de red. Se realizaron asimismo evaluaciones de performance en redes ETHERNET utilizadas para tráfico multimedial [DAL 96] y también estudios de la variabilidad del tráfico de área local y área extendida [PAR 96]. Se analizaron las sobrecargas de procesamiento de software de red con tráfico TCP/IP [KAY 96] y se caracterizó la performance del encaminamiento en circuitos virtuales [MAT 97].

La cosmovisión de los investigadores se ha centrado principalmente en el medio físico y en los aspectos cualitativos y cuantitativos de los servidores, así como en el tráfico y en los protocolos de

---

<sup>1</sup>Se emplean indistintamente los términos de desempeño y performance

comunicación. Escasa atención se ha prestado a las estaciones, debido a que se considera que poseen muy poca influencia en el desempeño global.

## 2.- Conceptualización del Sistema de Red de Área Local

Aunque algunos trabajos mencionan la importancia de una perspectiva global, al momento de profundizar la problemática de performance, parece haber un consenso en cuanto a tomar en cuenta

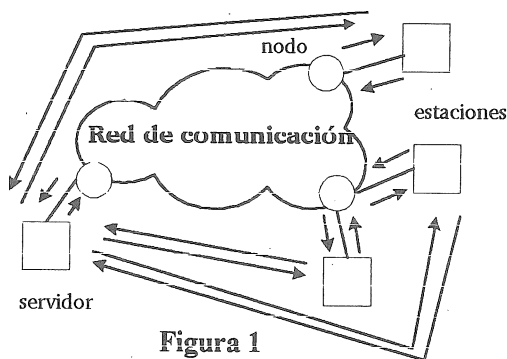


Figura 1

solamente algunos aspectos y en cuanto a limitar a la "red" o lo que constituiría el medio y el servidor. Respetando esta perspectiva de performance e intentando evitar confusiones a las que se podría llegar partir de cosmovisiones distintas, se introduce el término "**SISTEMA DE RED DE ÁREA LOCAL (SRAL)**", el cual se define como el conjunto global de elementos interconectados a través de un medio de transmisión y las interrelaciones entre ellos (ver Figura 1). Este concepto incluye a los servidores de red, al medio en sí, a las máquinas clientes e incluso se podría mencionar a las aplicaciones, es decir, a las partes componentes del

sistema como un todo.

Introducir el concepto de SRAL se constituyó en necesidad, tras haber optado por una perspectiva global y haber profundizado en el estudio de los conceptos de red, performance y sistema. La Teoría General de Sistemas (TGS) [JOH 93] se constituyó en una herramienta teórica capaz de fundamentar el comportamiento de las redes locales. Se puede afirmar que los sistemas poseen una conducta que no puede ser predecida o explicada solamente a través del estudio y del análisis de cada una de sus partes y que muchas veces es indispensable una visión integral y totalizante. Para explicar la conducta global del objeto, no sólo es necesario analizar y estudiar todas sus partes componentes, sino además establecer las relaciones existentes entre ellas; de este modo, se podría predecir la conducta del objeto ante la incidencia de un factor particular, conducta que no será normalmente la resultante de la suma de efectos de cada una de sus partes. Esta propiedad de explicar un comportamiento en función de las partes del objeto y de las interacciones entre ellas, se denomina *sinergia* [JOH 93] y en base a los trabajos ya citados de [NAG 87], [JAI 86b] y [JAI 90] en los cuales se demuestra que mediante soluciones aisladas no se obtendrá una mejora sustancial en el desempeño, se puede afirmar que las redes, al igual que muchos sistemas reales, poseen esta propiedad. Por consiguiente, será posible una descripción más precisa y efectiva del problema tomando en cuenta el factor de las interrelaciones. Así se definen dos conceptos fundamentales de la TGS, la *sinergia* y la *recursividad*. La *sinergia* existe cuando la suma de las partes es diferente del todo, cuando el examen de alguna de las partes de un objeto en forma aislada, no puede explicar o predecir la conducta del todo. La *recursividad* se refiere al hecho de que un objeto sinérgico, un sistema, esté compuesto de partes con características tales que son a su vez objetos sinérgicos.

Merece ser destacado que las dos propiedades que caracterizan a los sistemas en general – la *sinergia* y la *recursividad* –, son inherentes al SRAL; así, si el objeto en estudio posee *sinergia* queda de inmediato descartado el enfoque reduccionista<sup>2</sup> como método para explicar ese objeto. Asimismo, teniendo en mente la idea de la *recursividad*, se analizan las partes en función del todo, en función de sistemas y subsistemas y no en forma aislada.

<sup>2</sup> El enfoque reduccionista estudia un fenómeno complejo a través del análisis de sus elementos componentes.

### 3.- Consideraciones teóricas y metodológicas para el modelado del SRAL

Entre los aspectos teóricos y metodológicos que nos conducen a observar a la red como un sistema a fin de evaluar su desempeño se destacan los siguientes:

- El enfoque de sistemas se puede aplicar a cualquier campo o disciplina [VAN 89], [JOH 93]. El enfoque de sistemas puede ser útil para considerar a los componentes de la red no tenidos en cuenta y a las interrelaciones entre los mismos.
- Con el fin de crear un marco de trabajo basado en esta visión para guiar la investigación de este nuevo concepto, lo que se necesita es elaborar un modelo de la red como sistema a fin de poder estudiarlo y experimentarlo.
- El modelado de sistemas no es trivial. El modelo consiste en un aspecto o parte de la realidad sobre la cual se quiere teorizar y lo que despierta interés en el científico con el fin de desarrollar una teoría es precisamente un sistema (entidad compleja formada por diversos individuos<sup>3</sup> y por una serie de funciones y relaciones entre esos individuos).
- Entre los variados tipos de modelos posibles se elige adoptar un tipo de modelo conceptual por varias razones. El modelo conceptual [ACK 62], [WIL 93] es ampliamente utilizado en el campo científico y de sistemas. Corresponde a la clase de modelos cualitativos en general y se utiliza para aclarar consideraciones de un área de interés, para ilustrar un concepto, para definir la estructura y la lógica o bien como pre-requisito del diseño. [WIL 93] afirma que los modelos de sistemas son generalmente conceptuales ya que permiten describir al mismo en términos del conjunto de actividades que se deben realizar para ser definidos de esa manera. Los modelos conceptuales son adecuados al extremo "suave" del problema (cuando la designación de los objetivos constituye en sí un problema).
- En este contexto adquiere importancia el aspecto de percepciones múltiples en el conjunto de conceptos, la cosmovisión W (Weltanschauung) del mundo que permite a cada observador atribuir un significado a lo que observa y que puede ser definido por la experiencia, la situación, etc. Esta *cosmovisión* se incorpora a la definición del sistema no sólo como una mera descripción de los objetivos del sistema, sino que intenta capturar la esencia misma que lo describe.
- La cosmovisión adoptada para este trabajo se fundamenta en observar a la red como un SISTEMA DE RED, teniendo en cuenta a todos sus componentes (especialmente a las estaciones clientes hasta ahora dejadas de lado), a fin de medir su desempeño global y demostrar la influencia de elementos, -en este caso las estaciones- hasta ahora no consideradas en forma significativa.

### 4.- Evaluación de desempeño en una red de área local

Lo que se desea es verificar la incidencia de los clientes (específicamente, sus configuraciones particulares) en el desempeño del SRAL, ya que como elementos componentes de este sistema en particular, deberían incidir en el funcionamiento del todo, es decir, el SRAL.

- La hipótesis para este sistema es:

*"Las características del procesador de las máquinas clientes inciden en el desempeño global de una red local".*

<sup>3</sup> El concepto de individuo no se circunscribe aquí al de persona; se trata de cualquier elemento caracterizado por poseer individualidad.

▪ Preparación del experimento para probar la hipótesis:

En el experimento efectuado se ha considerado el caso de lectura de archivos. Se dispuso una red ETHERNET de 10 Mbps con 4 clientes accediendo a un servidor. Los clientes poseían procesadores Pentium, 486 y 386. A continuación, en el cuadro 1 se destacan sus principales características:

| PENTIUMS                   |                |                |                |                |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| DATOS                      | PC 107         | PC 108         | PC 106         | PC 105         |
| Procesador                 | Pentium 150    | Pentium 133    | Pentium 150    | Pentium 150    |
| Coprocesador               | Built - in     | Built - in     | Built - in     | Built - in     |
| Disco Duro                 | 2060 MB        | 1633 MB        | 2060 MB        | 2060 MB        |
| Memoria EXT                | 31,744 K       | 31,744 K       | 31,744 K       | 31,744 K       |
| CPU Speed                  | 476.4          | 420.6          | 476.4          | 476.5          |
| Disk Speed                 | 23.6           | 16.2           | 24.1           | 23.7           |
| Average seek               | 9.92           | 10.95          | 10.27          | 9.65           |
| Data transfer Rate (K/seg) | 3304.6         | 2114.0         | 3427.7         | 3316.0         |
| Network Bench. - Reads     | 833.3 K/seg    | 500 K/seg      | 714.2 K/seg    | 714.2 K/seg    |
| Network Bench. - Writes    | 1250 K/seg     | 625 K/seg      | 1250.0 K/seg   | 1250.0 K/seg   |
| 486                        |                |                |                |                |
| DATOS                      | PC 138         | PC 27          | PC 137         | PC 12          |
| Procesador                 | Cyrix 486 / 40 | Cyrix 486 / 40 | Cyrix 486 / 40 | Cyrix 486 / 40 |
| Coprocesador               | Non- Intel 387 | Non- Intel 387 | Non- Intel 387 | Non- Intel 387 |
| Disco Duro                 | 128 MB         | 128 MB         | 128 MB         | 128 MB         |
| Memoria EXT                | 7,424 K        | 7,424 K        | 7,168 K        | 15,616 K       |
| CPU Speed                  | 65.7           | 65.7           | 65.7           | 65.7           |
| Disk Speed                 | 7.1            | 7.1            | 7              | 9.6            |
| Average seek               | 14.96          | 15.3           | 15.6           | 9.22           |
| Data transfer Rate (K/seg) | 730.7 K/seg    | 731.0 K/seg    | 730.1 K/seg    | 866.4 K/seg    |
| Network Bench. - Reads     | 384.6 K/seg    | 384.6 K/seg    | 384.6 K/seg    | 384.6 K/seg    |
| Network Bench. - Writes    | 416.6 K/seg    | 416.6 K/seg    | 416.6 K/seg    | 416.6 K/seg    |
| 386                        |                |                |                |                |
| DATOS                      | 159            | 20             | 35             | 39             |
| Procesador                 | 386 SX / 20    | 386 SX / 20    | 386 SX / 20    | 386 SX / 20    |
| Coprocesador               | Non- Intel 387 | 80387          | Non- Intel 387 | Non- Intel 387 |
| Disco Duro                 | -              | -              | -              | -              |
| Memoria EXT                | 4.352          | 4.352          | 4.352          | 4.352          |
| CPU Speed                  | 15.4           | 15.4           | 15.4           | 15.4           |
| Disk Speed                 | -              | -              | -              | -              |
| Average seek               | -              | -              | -              | -              |
| Data transfer Rate (K/seg) | -              | -              | -              | -              |
| Network Bench. - Reads     | 238.0 K/seg    | 250.0 K/seg    | 250.0 K/seg    | 250.0 K/seg    |
| Network Bench. - Writes    | 277.7 K/seg    | 277.7 K/seg    | 250.0 K/seg    | 277.7 K/seg    |

Cuadro 1

Los ensayos consistieron en permitir que las estaciones leyeran archivos relativamente grandes (3 Mb) en el disco del servidor. El servidor utilizado posee la siguiente configuración: procesador Pentium de 133 Mhz con 32 Mb de memoria RAM y un disco SCSI de 2Gb. Las lecturas se realizaron por bloques de 256 y 512 bytes, de 1, 2, 4, 8, 16 y 32 kbytes en forma individual (cada cliente accediendo a la red cuando nadie más lo hacía) y colectiva (todos los clientes accediendo a la red en forma simultánea).

Se realizaron pruebas preliminares midiendo los tiempos para distintas copias del archivo a leer para asegurar que el movimiento de los cabezales no incidiera en la velocidad de acceso y lectura del archivo. Los tiempos resultaron sin variación (sólo uno o dos tics<sup>4</sup> de diferencia) entre una y otra prueba. Además el archivo a ser leído fue compactado para evitar activar rutinas de compresión que incidan en el tiempo de lectura.

Tanto para los ensayos individuales como para los colectivos, se efectuaron 4 repeticiones, y tras hallar las medias y desviaciones típicas de los ensayos realizados y observar los bajos índices de desviación, como se muestra en el cuadro 2, se consideró suficiente el número de repeticiones y se optó por limitarlas a 4.

<sup>4</sup> Hay 18.2 tics en un segundo

|             | 80386SX |       |            | 80486DX |       |            | Pentium |       |            | 80386SX y 80486DX |       |            | 80386SX y Pentium |       |            | 80486DX y Pentium |       |            |
|-------------|---------|-------|------------|---------|-------|------------|---------|-------|------------|-------------------|-------|------------|-------------------|-------|------------|-------------------|-------|------------|
| Tamaño      | Finaliz |       |            | Finaliz |       |            | Finaliz |       |            | Finaliz           |       |            | Finaliz           |       |            | Finaliz           |       |            |
| Blq. Le cl. | Tarea   | Acum. | Ac. - Fin. | Tarea   | Acum. | Ac. - Fin. | Tarea   | Acum. | Ac. - Fin. | Tarea             | Acum. | Ac. - Fin. | Tarea             | Acum. | Ac. - Fin. | Tarea             | Acum. | Ac. - Fin. |
| Bytes       | dsvtm   | dsvtm | Mbits/seg. | dsvtm   | dsvtm | Mbits/seg. | dsvtm   | dsvtm | Mbits/seg. | dsvtm             | dsvtm | Mbits/seg. | dsvtm             | dsvtm | Mbits/seg. | dsvtm             | dsvtm | Mbits/seg. |
| 256         | 0.5%    | 0.3%  | 0.016      | 3.5%    | 4.0%  | 0.309      | 5.3%    | 2.7%  | 0.359      | 2.6%              | 8.8%  | 1.557      | 3.0%              | 2.5%  | 2.527      | 2.0%              | 4.7%  | 0.794      |
| 512         | 2.1%    | 0.9%  | 0.217      | 1.4%    | 2.6%  | 0.236      | 2.3%    | 0.8%  | 0.406      | 1.7%              | 3.0%  | 0.546      | 2.9%              | 5.0%  | 0.888      | 10.6%             | 17.2% | 0.662      |
| 1024        | 3.2%    | 4.9%  | 0.272      | 1.0%    | 2.4%  | 0.199      | 2.2%    | 3.7%  | 0.473      | 2.2%              | 0.9%  | 0.552      | 2.6%              | 3.1%  | 0.759      | 1.9%              | 5.3%  | 0.325      |
| 2048        | 1.3%    | 2.5%  | 0.320      | 1.3%    | 2.7%  | 0.286      | 1.1%    | 4.0%  | 0.664      | 3.7%              | 2.7%  | 0.435      | 1.9%              | 6.7%  | 0.763      | 1.7%              | 2.0%  | 0.484      |
| 4096        | 2.2%    | 3.4%  | 0.234      | 1.2%    | 2.8%  | 0.267      | 1.5%    | 2.8%  | 0.433      | 1.0%              | 2.7%  | 0.445      | 0.6%              | 1.9%  | 0.688      | 1.8%              | 2.4%  | 0.324      |
| 8192        | 2.5%    | 2.4%  | 0.339      | 1.5%    | 1.9%  | 0.202      | 2.5%    | 2.2%  | 0.307      | 0.6%              | 1.9%  | 0.356      | 1.4%              | 1.3%  | 0.351      | 1.5%              | 2.0%  | 0.235      |
| 16384       | 1.8%    | 3.2%  | 0.219      | 1.4%    | 4.2%  | 0.237      | 4.6%    | 6.2%  | 0.374      | 2.5%              | 2.1%  | 0.282      | 1.8%              | 2.9%  | 0.334      | 0.8%              | 1.6%  | 0.276      |
| 32768       | 1.6%    | 4.1%  | 0.787      | 1.2%    | 1.2%  | 0.852      | 2.1%    | 2.6%  | 0.225      | 0.5%              | 1.0%  | 0.354      | 1.3%              | 2.3%  | 0.223      | 1.5%              | 2.1%  | 0.294      |
| Media       | 0.02    | 0.021 | 0.212      | 0.014   | 0.025 | 0.286      | 0.024   | 0.027 | 0.387      | 0.01              | 0.023 | 0.488      | 0.017             | 0.028 | 0.625      | 0.02              | 0.033 | 0.387      |

Cuadro 2

Cabe agregar que, aunque no deja de ser interesante, no es objetivo de este estudio hallar un coeficiente o tasa válida que caracterice el comportamiento de las estaciones clientes. Asimismo, no se profundizó en el análisis del comportamiento individual de las estaciones clientes bajo las diferentes situaciones que pudieron darse, ya que el objetivo no era centrarse en los aspectos particulares, sino en el sistema en conjunto.

Al evaluar desempeño, se requiere definir alguna métrica que sirva de parámetro para la validación de los resultados. En este caso se decide utilizar una métrica conocida y muy empleada en este tipo de estudio: el **tiempo de respuesta (TR)**. El TR se define como el tiempo total transcurrido desde que un usuario en un cliente genera una transacción de lectura al disco de red, hasta que éste recibe la respuesta de la misma. En el caso de varias estaciones actuando a la vez, el TR representa el tiempo total transcurrido desde la generación de la transacción de lectura al disco de red por parte del primer cliente, hasta la recepción de respuesta a la transacción del último cliente.

Si las características de las estaciones (procesador, memoria, etc.) no influyen en el desempeño final del sistema, entonces el TR debe permanecer prácticamente constante entre un ensayo y otro, condicionado solamente por los límites impuestos por el medio de transmisión – 10 Mbps - (en el caso de varias estaciones actuando a la vez):

$$\text{Así, } TR = a + b + c + d + e$$

donde  $a$  = tiempo de procesamiento en la estación de trabajo para hacer el requerimiento

$b$  = tiempo de transmisión en la red para hacer el requerimiento

$c$  = tiempo de procesamiento en el servidor (requerimiento / respuesta)

$d$  = tiempo de transmisión en la red en dar la respuesta

$e$  = tiempo de procesamiento en la estación de trabajo para presentar el resultado

Si se considera a una estación en forma individual, se supone que el TR será constante, la suma ( $a+b+c+d+e$ ) será menor o igual a la capacidad de la red. Si en verdad el cliente no incide en el desempeño, en todos los casos, la suma sería la misma, ya que  $a$  se considerará despreciable (*"la estación no incide mayormente en el desempeño"*),  $b$  será igual para todos los clientes ya que la distancia entre el servidor y cada una de las estaciones es la misma; como todos los requerimientos serán iguales,  $c$  será común para cada máquina cliente,  $d$  se considerará igual que  $b$  y  $e$  también será despreciable.

Por otro lado, si la performance de una estación individual para el caso  $N=1$  es mayor o igual que la capacidad de la red dividida por  $N$ , entonces cuando todas las estaciones acceden simultáneamente a la red, la performance de cada una de ellas deberá ser necesariamente menor o igual a la capacidad de la red dividida por  $N$ . En este caso tampoco debería importar el tipo de estación, ya que no incidiría en el desempeño general. Ahora veamos la descripción de los ensayos a fin de contradecir estas suposiciones.

#### a) Ensayos en forma individual

La actividad de lectura se realizó de acuerdo el siguiente pseudocódigo:

```
Definir TAM // TAM es el tamaño del bloque de lectura
Tomar tiempo actual de INICIO // Antes de leer el archivo
Leer N bloques de tamaño TAM // El archivo a leer tiene 3Mb = N * TAM
Tomar tiempo actual de FIN // Al finalizar la lectura
```

El programa y todas las pruebas se realizaron bajo el sistema operativo NOVELL 3.12. El tamaño del bloque es un parámetro del programa, así como el nombre del archivo a leer. El tiempo de inicio y de fin se obtuvo mediante funciones del lenguaje de programación empleado (*Turbo C*). Se trató de reducir al máximo cualquier sobrecarga que pudiera existir en la máquina cliente, por esta razón, se unificaron los archivos de configuración (CONFIG. SYS y AUTOEXEC. BAT) y de enlace a la red, de las máquinas clientes con los mínimos comandos necesarios para su funcionamiento

Con este experimento se caracterizó el comportamiento de cada estación en forma individual (cada cliente accedía al servidor sin que ningún otro cliente lo haga al mismo tiempo). Se efectuaron ensayos con 4 máquinas con procesador 80386SX, 4 máquinas con procesador 80486DX y 4 máquinas con procesador Pentium. Se midió el desempeño de cada cliente registrándose el tiempo total en pulsos de reloj según tamaño del bloque leído y procesador del cliente.

Para una mejor comprensión del tráfico de paquetes se estudió el mismo con la herramienta de análisis de redes locales LANalyzer, la cual permitió conocer la forma particular en la que los paquetes son enviados y recibidos a través de la red. El cuadro 3 resume los resultados obtenidos de la inspección del tráfico de paquetes en cada uno de los ensayos de lectura, por parte de un cliente:

| Tamaño del bloque | Número iteraciones | Paq. Cliente | Paq. Servidor | Paquetes TOTAL | Bytes Peticiones | Bytes Respuestas | Bytes TOTAL | Porcentaje Incremento |
|-------------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| 256               | 12288              | 2208         | 2208          | 4416           | 156768           | 3280416          | 3437184     | 9.265137              |
| 512               | 6144               | 2208         | 2208          | 4416           | 156768           | 3280416          | 3437184     | 9.265137              |
| 1024              | 3072               | 2208         | 2208          | 4416           | 156768           | 3280416          | 3437184     | 9.265137              |
| 2048              | 1536               | 1536         | 2880          | 4416           | 135936           | 3379200          | 3515136     | 11.743164             |
| 4096              | 768                | 768          | 2928          | 3696           | 85248            | 3406608          | 3491856     | 11.003113             |
| 8192              | 384                | 384          | 2544          | 2928           | 42624            | 3370128          | 3412752     | 8.488464              |
| 16384             | 192                | 192          | 2352          | 2544           | 21312            | 3351888          | 3373200     | 7.231140              |
| 32768             | 96                 | 192          | 2256          | 2448           | 21312            | 3343536          | 3364848     | 6.965637              |

Cuadro 3

Se puede observar que para cada lectura se precisan leer 3.145.728 bytes, pero la cantidad total de bytes en tráfico siempre será mayor debido a que se suman las peticiones y asentimientos propios del protocolo de comunicación. A partir de la cantidad de bytes que corresponden al archivo leído y la cantidad que se transmite en total, se pudo obtener un Porcentaje de Incremento para cada tamaño de bloque de lectura y de esta manera saber la cantidad exacta de datos que fueron transmitidos por la red.

Luego para hallar la tasa de datos en la red (medida en Megabits/seg) se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Bits leídos} * \text{Tics de reloj/seg}) / 1.000.000}{\text{Cant. de pulsos para lectura}} * 1 + \frac{(\text{Porcentaje de incremento})}{100}$$

A fin de poder comparar cualitativamente los resultados se resumieron los mejores y peores casos para cada cliente y cada tamaño de paquete, luego se obtuvo un cuadro en el que se registraron las tasas de datos mayores entre uno y otro para establecer la moda. Los datos resultantes se muestran en el cuadro 4 y un gráfico de los mismos puede observarse en la figura 2.

| MODA    |           |          |          |          |       |          |           |           |          |       |           |           |           |           |       |
|---------|-----------|----------|----------|----------|-------|----------|-----------|-----------|----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Cliente | 80386SX   |          |          |          |       | 80486DX  |           |           |          |       | Pentium   |           |           |           |       |
| T.B.    | PC<br>169 | PC<br>20 | PC<br>35 | PC<br>39 | Media | PC<br>27 | PC<br>138 | PC<br>137 | PC<br>12 | Media | PC<br>108 | PC<br>106 | PC<br>105 | PC<br>107 | Media |
| 256     | 8.54      | 8.55     | 8.5<br>5 | 8.57     | 8.55  | 24.29    | 24.41     | 24.53     | 24.65    | 24.47 | 43.52     | 59.58     | 59.58     | 60.30     | 59.82 |
| 512     | 25.02     | 25.28    | 25.28    | 25.28    | 25.21 | 37.63    | 37.63     | 37.63     | 38.50    | 37.85 | 49.06     | 70.49     | 70.49     | 70.49     | 70.49 |
| 1024    | 29.61     | 29.97    | 29.97    | 29.97    | 29.88 | 41.02    | 40.69     | 41.02     | 41.36    | 41.02 | 50.05     | 71.49     | 71.49     | 71.49     | 71.49 |
| 2048    | 40.30     | 40.94    | 40.62    | 40.62    | 40.62 | 51.18    | 51.18     | 51.18     | 51.18    | 51.18 | 58.83     | 79.97     | 78.74     | 78.74     | 79.15 |
| 4096    | 56.49     | 57.77    | 57.77    | 57.77    | 57.45 | 66.90    | 66.03     | 66.90     | 66.03    | 66.46 | 72.63     | 87.66     | 87.66     | 87.66     | 87.66 |
| 8192    | 69.99     | 72.01    | 72.01    | 72.01    | 71.51 | 78.87    | 78.87     | 78.87     | 77.64    | 78.56 | 82.82     | 92.02     | 90.34     | 90.34     | 90.90 |
| 16384   | 80.51     | 81.86    | 81.86    | 81.86    | 81.52 | 86.16    | 86.16     | 86.16     | 86.16    | 86.16 | 89.30     | 92.67     | 92.67     | 94.45     | 93.26 |
| 32768   | 83.04     | 84.47    | 84.47    | 84.47    | 84.11 | 87.49    | 87.49     | 87.49     | 87.49    | 87.49 | 89.08     | 94.22     | 94.22     | 94.22     | 94.22 |

Cuadro 4

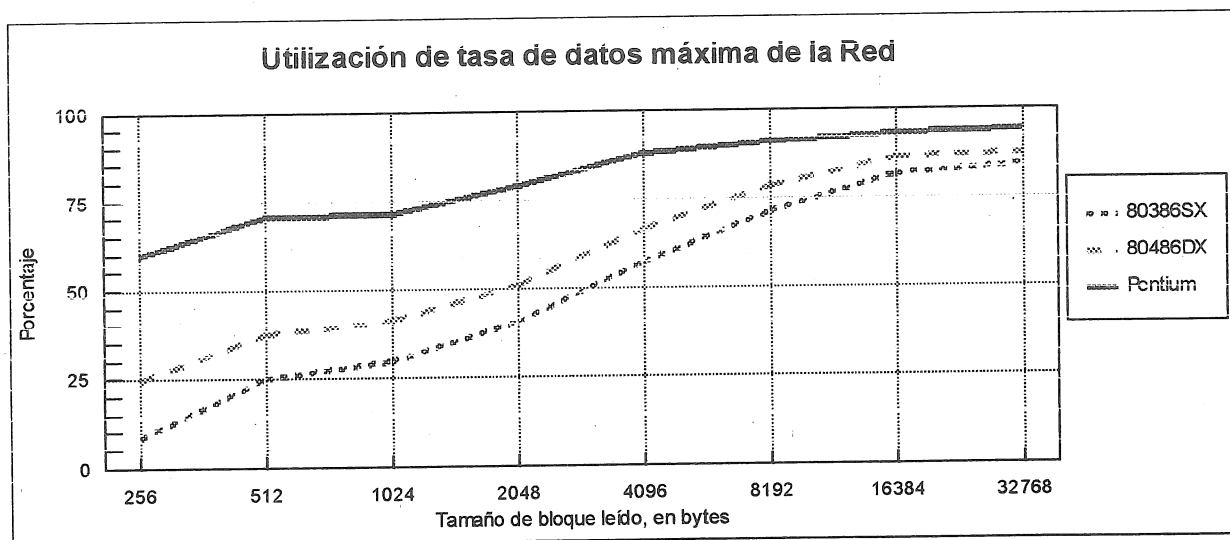


Figura 2

El gráfico muestra que la tasa de datos mejora a medida que utilizamos un procesador más potente y a medida que aumenta el tamaño del bloque de lectura. Es notorio que para bloques grandes la diferencia entre realizar la lectura con uno u otro procesador ya no sea tan grande.

#### b) Ensayos en forma colectiva

Estas pruebas consistieron en activar, en forma simultánea, la lectura de archivos de 3Mb localizados en el servidor, por parte de cuatro máquinas clientes, sin que otra actividad se estuviera

realizando al mismo tiempo en la red. El pseudocódigo que se presenta a continuación muestra cómo fueron sincronizadas las lecturas simultáneas:

```
Mientras no se encuentra el archivo X
  Buscar archivo X;
```

```
Realizar ciclo de lectura      // Habilitado sólo cuando encuentra el archivo X
```

Lo que se hizo fue mantener ciclando a las estaciones hasta que todas estuvieran listas para iniciar la lectura. Una vez que esto sucedía, desde una quinta máquina cliente se creaba un archivo X en el disco del servidor para que cada estación lo encuentre e inicie seguidamente la lectura. Este archivo X consistía en unos cuantos bytes de texto y se utilizaba con el sólo propósito de ser hallado para iniciar la lectura simultánea de los cuatro clientes. Cabe destacar que este archivo no era leído por ninguno de los clientes.

Los ensayos realizados comprendieron los siguientes grupos de PCs.:

- 4 máquinas con procesador 80386SX
- 4 máquinas con procesador 80486DX
- 4 máquinas con procesador Pentium
- 2 máquinas con procesador 80386SX y 2 máquinas con procesador 80486DX
- 2 máquinas con procesador 80386SX y 2 máquinas con procesador Pentium
- 2 máquinas con procesador 80486DX y 2 máquinas con procesador Pentium

El aspecto importante, en este grupo de pruebas, fue observar el momento en que el último equipo terminaba de leer el archivo. Los resultados obtenidos, comparados con el desempeño individual, se resumen en el cuadro 5 y se muestran gráficamente en la figura 3.

|            | 80386SX       |            | 80486DX       |            | Pentium       |            | 386SX y 486DX |            | 386SX y Pentium |            | 486DX y Pentium |            |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Tamaño     | Tasa de datos |            | Tasa de datos |            | Tasa de datos |            | Tasa de datos |            | Tasa de datos   |            | Tasa de datos   |            |
| Blq. Lect. | Cl.386 solo   | 4 Clientes | Cl.486 solo   | 4 Clientes | Cl.Pnt. solo  | 4 Clientes | Cl.386 solo   | 4 Clientes | Cl.386 solo     | 4 Clientes | Cl.486 solo     | 4 Clientes |
| bytes      | Mbits/seg.    | Mbits/seg. | Mbits/seg.    | Mbits/seg. | Mbits/seg.    | Mbits/seg. | Mbits/seg.    | Mbits/seg. | Mbits/seg.      | Mbits/seg. | Mbits/seg.      | Mbits/seg. |
| 256        | 0.855         | 3.235      | 2.447         | 4.491      | 5.982         | 5.306      | 0.855         | 3.094      | 0.855           | 2.887      | 2.447           | 4.699      |
| 512        | 2.521         | 4.483      | 3.785         | 5.030      | 7.049         | 5.451      | 2.521         | 4.626      | 2.521           | 4.885      | 3.785           | 5.345      |
| 1024       | 2.988         | 4.694      | 4.102         | 4.862      | 7.149         | 5.496      | 2.988         | 4.752      | 2.988           | 5.027      | 4.102           | 5.278      |
| 2048       | 4.062         | 5.134      | 5.118         | 5.526      | 7.915         | 5.853      | 4.062         | 5.349      | 4.062           | 5.651      | 5.118           | 5.644      |
| 4096       | 5.745         | 6.030      | 6.646         | 6.224      | 8.766         | 6.360      | 5.745         | 5.977      | 5.745           | 6.350      | 6.646           | 6.210      |
| 8192       | 7.151         | 6.041      | 7.856         | 6.192      | 9.090         | 6.355      | 7.151         | 6.173      | 7.151           | 6.202      | 7.856           | 6.221      |
| 16384      | 8.152         | 5.958      | 8.616         | 6.134      | 9.326         | 6.425      | 8.152         | 6.149      | 8.152           | 6.252      | 8.616           | 6.144      |
| 32768      | 8.411         | 8.251      | 8.749         | 8.286      | 9.422         | 6.091      | 8.411         | 6.044      | 8.411           | 5.907      | 8.749           | 6.034      |

Cuadro 5

En la figura 3 se puede observar claramente la tendencia de influencia de las estaciones clientes en el desempeño final. Con 4 clientes leyendo simultáneamente archivos grandes en bloques de 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384 y 32768 bytes se aprecia que a medida que mejora el tipo de procesador (386, 486 y Pentium) se pueden leer más megabits por segundo hasta alcanzar un tamaño de bloque de 16 Kb, donde notablemente el rendimiento de las cuatro 386 y 486 supera a las 4 Pentiums. Con los bloques pequeños las diferencias son bien notorias y se obtienen mejoras utilizando Pentiums.

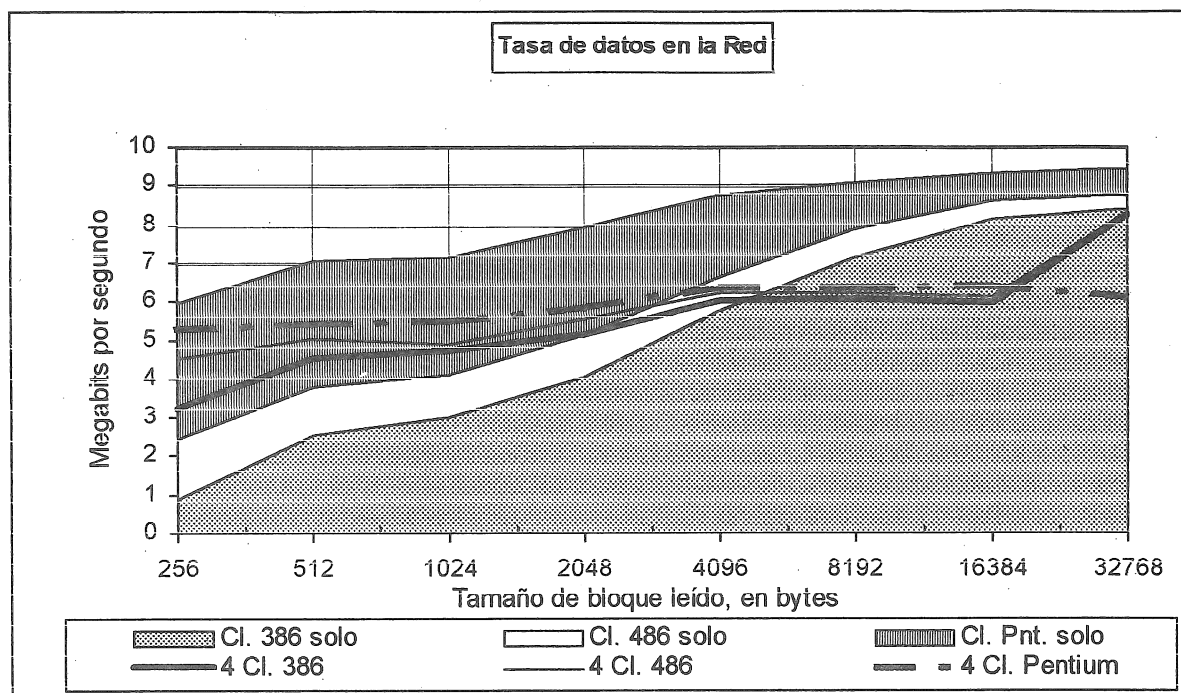


Figura 3

Al comparar los resultados de los cuatro clientes trabajando en simultáneo con los resultados obtenidos de los clientes trabajando en forma aislada, se puede llegar a conclusiones interesantes. Si las lecturas se realizarán con bloques pequeños, puede ser más conveniente disponer una sola Pentium para la tarea que 4 clientes Pentium trabajando a la vez. Con bloques de 2 Kb, los resultados se muestran más equilibrados y resulta casi igual tener cuatro 386 que una sola 486, pero ya con bloques de 4 Kb, el trabajo en equipo se torna menos eficiente. Así para bloques grandes, se puede afirmar que es más productivo tener una sola Pentium o una sola 486 que cuatro Pentiums o cuatro 486 o 386 haciendo el mismo trabajo.

El hecho de que el tamaño de los bloques incida tan dramáticamente en los tiempos de lectura nos conduce a pensar en la gran influencia que esta característica tiene también en la performance de la red. Parece lógico deducir que las aplicaciones que se ejecuten en la red tendrán gran implicancia en la eficiencia de la misma. Una razón más para afirmar que la conducta del "todo" sólo puede ser explicada mediante el análisis de todas sus partes y sus interrelaciones.

## 5.- Conclusiones

Se ha demostrado la significativa incidencia de las estaciones clientes en el desempeño global de una red local, influencia que varía de acuerdo al tamaño de los bloques empleados. Además esto conduce a afirmar que los factores que finalmente influyen en la performance no se hallan limitados al medio y al servidor, sino que además se debe tener en cuenta a los clientes e incluso a los tipos de aplicaciones que funcionan en la red.

Para futuros trabajos se deja abierta la posibilidad de ensayos similares con otros tamaños de bloques, con tareas de escritura, ordenación o búsqueda, así como la definición de algún coeficiente que nos indique la incidencia de un tipo particular de cliente de manera más precisa. La idea es que

algún día podamos llegar a especificar la configuración de red más adecuada y eficiente para cada tipo de tarea determinada.

## 6.- Referencias

- [ACK 62] Ackoff, R. L.: "*Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*" John Wiley –New York, 1962
- [CAR 96] Carter, Robert y Crovella, Mark: "*Measuring bottleneck link speed in packet-switched networks*" – Computer Science Department, Boston University -- Marzo, 1996
- [CON 93] Conway, Adrian E.: "*Performance modeling of multi-layered OSI communication architectures*" en Stallings, William: "*Computer Communications. Architectures, Protocols and Standards*" - 3rd. edition -- IEEE Computer Society Press -- Los Alamitos, California, USA - 1993.
- [DAL 96] Dalgıç, Ismail y Tobagi, Fouad: "*Performance Evaluation of Ethernets and ATM Networks carrying multimedia traffic*" -- Computer Systems Laboratory -- Departments of Electrical Engineering and Computer Science -- Stanford University -- Stanford, California, USA -- 1996
- [JAI 86a] Jain, Raj y Hawe, William R.: "*Performance analysis and modeling of Digital's networking architecture*" en Digital Technical Journal nº 3 -- Setiembre, 1986
- [JAI 86b] Jain, Raj: "*Divergence of timeout algorithms for packet retrasmisions*" -- Proc. 5th Annual International Phoenix Conf. on Computers and Communications, Scottsdale, AZ -- Marzo, 1986
- [JAI 90] Jain, Raj: "*Congestion control in computer networks: issues and trends*" -- IEEE Network Magazine -- Mayo, 1990
- [JAI 92] Jain, Raj: "*Performance Analysis of FDDI Token Ring Networks: Effect of Parameters and guidelines for setting Target Token Rotation Time*" -- Digital Equipment Corp. -- 1992
- [JOH 93] Johansen, Oscar: "*Introducción a la Teoría General de Sistemas*" -- 1ª de. 8ª re-impresión -- Editorial Limusa - Grupo Noriega Editores -- México D. F. -- México, 1993
- [KAY 93] Kay, Jonathan y Pasquale, Joseph: "*Measurement, analysis and improvement of UDP/IP throughput for the DECstation 5000*" en Proc. Winter 1993
- [KAY 96] Kay, Jonathan y Pasquale, Joseph: "*Profiling and reducing processing overheads in TCP/IP*" -- IEEE/ACM Transactions on networking -- Vol. 4 Nº 6 -- L. Peterson, editor -- December, 1996
- [KEL 86] Kellermayr, Karl H.: "*LAN simulation for performance prediction and evaluation*" -- Institute of Systems Sciences, University of Linz (Austria), en Csaba, L., Tarnay, K. y Szentiványi, T.: "*Computer Network Usage*" Elsevier Science Publishers -- North Holland - 1986.
- [MAT 97] Matta, Ibrahim y Bestavros, Azer: "*Evaluation of a load profiling approach to routing guaranteed bandwidth flows*" -- Computer Science Department, Boston University and College of Computer Science, Northeastern University -- USA -- 1997
- [NAG 87] Nagle, J.: "*On packet switches with infinite storage*" -- IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-35, No. 4 -- Abril, 1987
- [PAR 96] Park, Kihong; Kim Gitae y Crovella, Mark: "*On the relationship between file sizes, transport protocols and self-similar network traffic*" -- Computer Science Department, Boston University -- Agosto, 1996
- [REI 86] Reiser, Martin: "*Communication-system models embedded in the OSI-Reference model, a survey*" -- IBM Zurich Research Laboratory (Switzerland), en Csaba, L., Tarnay, K. y Szentiványi, T.: "*Computer Network Usage*" Elsevier Science Publishers -- North Holland - 1986
- [VAN 89] Van Gigch, John: "*Teoría General de Sistemas*" 2ª edición - Editorial Trillas - México, Distrito Federal - 1989
- [WIL 93] Wilson, Brian: "*Sistemas: conceptos, metodología y aplicaciones*" Megabyte, Grupo Noriega -- México, 1993

[YU 77] Yu, Philip S.: "Performance Analysis of Computer Communication Networks via Random Access Channels" – Boston University, Computer Science Department – 1977

## 7.- Bibliografía adicional consultada

[BAS 75] Baskett, F., Chandy, K.M., Muntz, R.R. and Palacios, F.G., "Open, Closed and Mixed Networks of Queues With Different Classes of Customers," J. ACM 22, April 1975, pp. 248-260

[BEI 84] Beizer, Boris: "Software performance" en "The handbook of Computers and Computing" -- Seidman, Arthur y Flores, Ivan (editores) – Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984

[BER 68] Bertalanffy, L. von: "General Systems Theory", Nueva York: Braziller, 1968, pag 33 - 36; Anatol Rapoport, "Foreword" en Walter Buckley (dir.) "Modern Systems Research for the Behavioral Scientist", Chicago: Aldine, 1968, pag. XX

[BOU 56] Kenneth Boulding: "General Systems Theory - The Skeleton of Science", *General Systems*, 1, 1956, pag 11-17 de *Management Science*, 2, 1956, pag 197-208

[CHE 65] Chesnut, H: "Systems Engineering Tools", John Wiley – Nueva York, 1965

[CHI 93] Chiotis, Tryphon; Karounos, Theodoros y Maglaris, Basil: "Performance evaluation and network management of picture archiving and communication systems - PACS" -- NETMODE Laboratory, Computer Science Division - Electrical & Computer Engineering Dep. – National Technical University of Athens -- Athens, Greece, 1993

[CHL 79] Checkland, P. B.: "Techniques in Soft Systems Practice" 2. Building conceptual models. *Journal of Applied Systems Analysis*, 6

[CLA 95] Claypool, Mark: "Analysis of processor power versus network bandwidth" -- Computer Science Department -- University of Minnesota -- USA -- 1995

[GAV 68] Gaver, D.P., "Diffusion Approximations and Models for Certain Congestion Problems," JAP 5, 1968, pp. 607-623

[HAL 64] Hall: "Ingeniería de sistemas", México – CECSA -- 1964

[IBE 93] Ibe, Oliver; Choi, Hoon y Triverdi, Kishor: "Performance Evaluation of Client-Server Systems" en *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 4, N° 11, November, 1993

[JAC 63] Jackson, J.R., "Jobshop-Like Queueing Systems," *Management Science* 10, Oct. 1963, pp. 131-142.

[JAI 91] Jain, Raj: "The Art of Computer Systems Performance: techniques for experimental design measurement, simulation and modeling" – John Wiley & Sons -- Massachusetts, USA -- 1991

[KAI 95] Kain, R. Y. y Smith, W. R.: "ETHERNET performance under actual and simulated loads" -- Computer Science Department – University of Minnesota -- USA -- 1995

[KAM 96] Kamath, A.; Palmon, O. y Plotkin S.: "Routing and Admission Control in General Topology Networks with Poisson Arrivals" – Department of CS, Stanford University, CA – 1996

[KLE 76] L. Kleinrock: "Queueing Systems, Computer Applications" – 2, New York Wiley, 1976

[MAY 63] Mayurama, M.: "The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes" *American Scientist* 51, 1963

[REI 75] Reiser, M. y Kobayashi, H.: "Queueing networks with multiple closed chains: Theory and computational algorithms", *IBM J. Res. Develop.* 19 – Mayo, 1975

[RUB 74] Rubin, I.: "Communication Networks: Message path delays" – *IEEE Trans. Inform. Theory* IT-20 (Nov, 1974), p 738-745

[STA 85] Stallings, William: "Data and computer communication" -- Mc Millan Publishing Company -- New York, USA - 1985.