

## REDES DE DATOS EN FIBRA OPTICA CON TOPOLOGIA BIDIMENSIONAL

Ings. Esequiel Zavala H., Flavio Carrillo G., Jaime Luyo K.  
E-mail: d270037@unmsm.edu.pe

*Profesores de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Facultad de Ingeniería Electrónica, Lima-Perú*

**Resumen :** En este trabajo se presentan las ventajas de la topología bidimensional token malla con relación a la topología lineal en bus o anillo aplicada a las redes actuales de comunicación, que potencia y multiplica la performance de la red conforme ésta aumenta su dimensión con más estaciones; y comparado, con una red lineal FDDI el hardware necesario es prácticamente idéntico. La tecnología de doble anillo FDDI así como su extensión hacia la topología token en malla se han aplicado en el diseño y desarrollo por etapas de la red de comunicaciones en fibra óptica de la UNMSM.

**Abstract :** In this paper we are reporting about token mesh bidimensional topology's advantages as applied to current communication networks; furthermore, such superior topology is oriented toward the goal of boosting and multiplying the network's performance as the latter is increased in dimension with more stations. I on the other hand, compared with a FDDI Linear Network the necessary hardware is practically, the same as the one used by the FDDI. The FDDI Dual Ring Technology as well as its extension toward token mesh topology has been applied during the design and development by stages of UNMSM'S Fiber Optics Based Data Network.

**Palabras claves:** FDDI, TGN, LAN, MAN, PROTOCOLO.

## I. INTRODUCCION

En la presente era de cambios a nivel internacional con la globalización de la economía y la mayor interdependencia de los países, se ha acentuado la competitividad surgiendo nuevos y mayores retos; constituyéndose los nuevos avances tecnológicos en factor determinante para el éxito dentro del nuevo escenario mundial.

El presente trabajo está enfocado dentro del campo de los sistemas electrónicos de información, así como su utilización como elemento fundamental dentro de la estrategia de desarrollo de una organización, ya sea del tipo empresarial, gubernamental, o académica. Se han tomado en cuenta conceptos de disciplinas diversas, como: comunicaciones en fibra óptica, redes informáticas, ingeniería de software, ingeniería de sistemas, la reingeniería de procesos, calidad total, y clasificación de proyectos.

En la actualidad, una gran mayoría de las redes LAN (Local Area Network) y MAN (Metropolitan Area Network) que están interconectadas, se encuentran acopladas a una red primaria con topología lineal del tipo bus o anillo. La FDDI (Interfase de Datos Distribuidos por Fibra Optica) es un nuevo salto en la evolución de las redes de comunicación de datos, el cual ha significado notables avances sobre la generación previa (Redes LAN Ethernet) en la administración, rendimiento y confiabilidad; por que opera a 100 Mbps para cubrir distancias del orden de 200 Km, pudiendo soportar más de 1000 estaciones conectadas.

Los productos y standares LAN/MAN existentes están basados en el diseño de medios compartidos lineales tales como buses (IEEE 802.3), anillos (IEEE 802.5) y FDDI, donde estas topologías son populares, lo que hace posible construir una unidad complementaria para una estación en forma muy simple y económica.

En Ethernet, por ejemplo, las estaciones pasivamente se conectan a un medio de transmisión en bus y por lo tanto la estación no necesita un buffer de tránsito de alta velocidad. Similarmente en un anillo, la interfase necesita solamente guardar un número pequeño de bits cronometrado a la velocidad de transmisión de la red. Estos diseños simples más la facilidad de controlar una red lineal, ha llevado a la fabricación de muchos productos económicos.

Debido a la topología lineal de las redes en anillos y buses, el rendimiento es severamente restringido por la velocidad de datos de transmisión del canal compartido. En un anillo token ring convencional tal como 802.5, por ejemplo, el rendimiento total de la red está limitado por la velocidad de datos del canal, independientemente del número de estaciones. En principio este problema puede ser resuelto usando una topología de red el cual permita múltiples y simultáneas transmisiones de paquetes. Sin embargo, en diseños propuestos la simplicidad en una estación, en una red bus o anillo debe ser sacrificada para mejorar las propiedades de rendimiento. Por ejemplo, en redes multisalto ó puenteados, el buffer de alta velocidad de tránsito y enrutamiento debe ser previsto en cada estación. Aunque el desvío del enrutamiento puede ser usado para limitar la componente del buffer, entonces se requieren buffers secuenciales para recuperar paquetes causados por el desvío de enrutamiento más desordenados. En ambos casos los recursos de la estación requerida puede ser mucho más alto que un anillo típico y en una red bus.

El token malla es una extensión multidimensional del token ring donde las estaciones comparten el acceso a una malla formado por un conjunto de anillos traslapados. Una estación accede al medio capturando uno de entre muchos de los tokens circulantes dentro de la red. El acoplamiento entre los anillos son implementados mediante las estaciones usuarias en una manera muy simple y bajo control del token. Como en un token ring, la red soporta la

transmisión de una longitud variable de paquetes. En los resultados presentados un token ring dual es usado como una base para la comparación de rendimiento con el token malla. Esto es porque a diferencia de las otras redes propuestas, los requerimientos del hardware de la estación de transmisión del token malla son idénticos al token ring dual tal como el FDDI. Cada estación en ambas redes tienen exactamente dos transmisores y dos receptores. También ambas redes pueden ser implementados con un tiempo de espera de estación muy pequeño donde únicamente unos pocos bits por estación se hubiera almacenado. De este modo se espera de que el diseño del token malla sea de un costo muy efectivo. En suma, el rendimiento total del token malla puede ser muchas veces más alto que la asociada con un anillo dual convencional o una red bus.

En este trabajo se formula la aplicación de una topología más avanzada, actualmente en investigación a nivel internacional; la topología TGN (Red Token Malla) que es una generalización de la topología lineal en anillo, donde las estaciones comparten el acceso a una malla conformada por anillos traslapados que, aún teniendo el mismo hardware supera en rendimiento o capacidad de transmisión a las redes de topología lineal convencionales (ejemplo: doble anillo aplicado en la FDDI) en un factor mucho mayor, superándose así el actual estancamiento del rendimiento de las redes de topología lineal.

Se ha tomado como objeto de estudio: el desarrollo de un sistema integrado de información aplicando la nueva tecnología FDDI con topología TGN para modernizar la conducción de la institución académica más grande y compleja del país: la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

La UNMSM tiene actualmente equipamiento informático diverso conectado en redes LAN en las 19 Facultades de la Universidad, las cuales no tienen conectividad entre sí, es decir, si bien los servicios de computación se encuentran descentralizados y distribuidos; éstos no están integrados, lo cual constituye una notable limitación para la eficiencia y desarrollo académico y administrativo en la gestión universitaria. Por lo que se ha planteado la configuración de una red de datos distribuida e integrada, con una base de datos compartida y distribuida (académica, alumnado y postulantes, personal docente y administrativo, logística, biblioteca, patrimonio, proyectos y servicios de extensión), de arquitectura abierta.

En la primera fase del estudio, se procedió a hacer un estudio de los servicios de telecomunicaciones y levantamiento de información del número de usuarios y tipo de servicio requerido; con la finalidad de determinar los nodos y la configuración de la Red FDDI-SM. Luego, se formularon dos topologías para la Red FDDI-SM, que se adaptan más a la distribución geográfica, demanda y crecimiento de las Facultades de la UNMSM. Finalmente, se establece una interconexión con la red universitaria nacional RED PERUANA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (RPCYT, que interconectará las universidades del país a través de los nodos regionales) que tendrá enlace vía satélite con la Red Internacional INTERNET.

## **II. TOPOLOGIA Y PROTOCOLO DE REDES DE FIBRA OPTICA EN MALLA**

Las redes de comunicación de datos que actualmente están en operación se han diseñado bajo una topología lineal tipo estrella, árbol, bus y anillo, o doble anillo [FE ROSS, 1985], [ANSI/IEEE, 1985]; si bien estos diseños son más simples y algo más económicos, tienen un límite superior en su performance o capacidad máxima de transmisión de datos, independiente de la instalación de mayor o menor número de estaciones. Para superar esta limitación de la topología lineal; se introduce una nueva topología de redes bidimensional en malla TGN en fibra óptica; que es una generalización y desarrollo de las actuales redes token en anillo, donde las estaciones comparten su acceso a la red formada por anillos traslapados (Ver Fig.

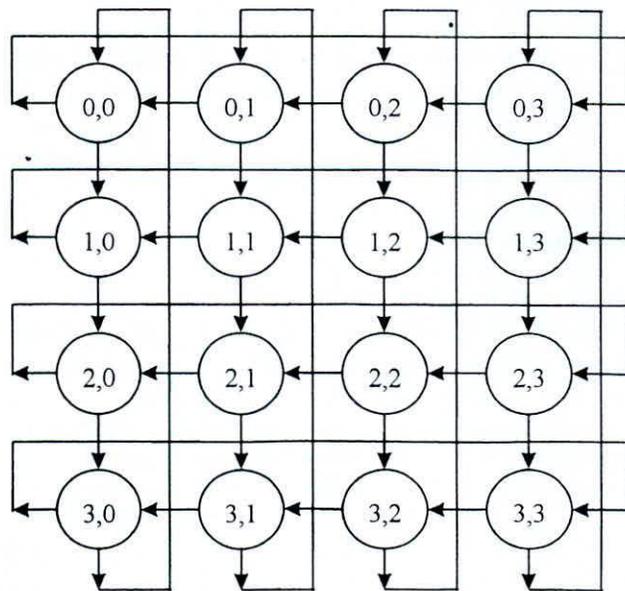


Fig. 1 Token Malla 4X4 estaciones

El token malla es una red de dos dimensiones con  $f$  filas y  $c$  columnas. Un ejemplo para  $f=c=4$  es la figura 1. Cada estación es identificada por sus índices de fila/columna. Además en cada fila y columna está asociado a un anillo unidireccional el cual pasa a través de todas las estaciones en la fila o columna dada. Por ejemplo, el anillo de la fila superior se refiere como anillo de la fila 0 y es abreviado AFO, similarmente el anillo columna de más a la derecha es identificado como anillo de la columna 3 ó AC3. Para simplificar la descripción de la red, la totalidad de las direcciones del anillo fila apuntan a la derecha y la totalidad de las direcciones del anillo columna apuntan hacia la parte inferior de la figura. La dirección de la rotación del anillo es arbitraria. En esta red consideraremos cuando  $f=c$ .

Según una de las implementaciones del token malla, la figura 1, representa un ejemplo de topología virtual. La topología física real muy probablemente consistiría de un concentrador de cables, de tal manera que los cables de fibra óptica de las estaciones terminen en uno o más hubs centralizados. En el hub las conexiones pasivas son hechas entre las fibras. En la figura 1, cada estación en el token malla tiene dos transmisores y dos receptores. Esto es lo mismo que en la red anillo dual (FDDI). Así pues, en la disposición de concentrado de cables, la cantidad total de hardware de transmisión es idéntica para ambas redes. Obsérvese, tal como ocurre en un anillo típico; no se ha previsto un proceso de almacenamiento para paquetes en tránsito; salvo para los usuales pocos bits del tiempo de espera de la estación.



Cuando una estación está en la configuración de anillo simple (AS) figura 2(b), los correspondientes anillos fila y columna han sido concatenados en un solo anillo fila/columna. Este anillo es conocido ya sea como anillo fila/columna (AFC) ó como anillo columna/fila (ACF). Cuando esto sucede, los dos anillos han sido fusionados. Ejm.: La Fig. 4, donde la estación (1,2) tiene fusionado el anillo fila 1 y el anillo de la columna 2 formando de este modo AFC (1,2) o AFC (1,2). Cuando un anillo fila/columna está formado dos tokens especiales, controlan el acceso al medio. El primero, conocido como token fila/columna (TFC ó TCF) y el segundo es un token columna/fila (ó TCF). Un protocolo es usado para asegurar que en cualquier instante haya solamente un token activo en cualquier anillo fusionado o no. Sin embargo, observe que allí puede haber un número de estaciones que están simultáneamente fusionados con tal de que ellos no compartan cualquiera de las mismas filas o columnas. Esta restricción es impuesta mediante un algoritmo a analizar después en virtud del cual se deja pasar un token bidimensional. También se observará que bits extra son añadidos para identificar los tokens ya sea como token ring, token columna, token fila/columna ó token columna/fila.

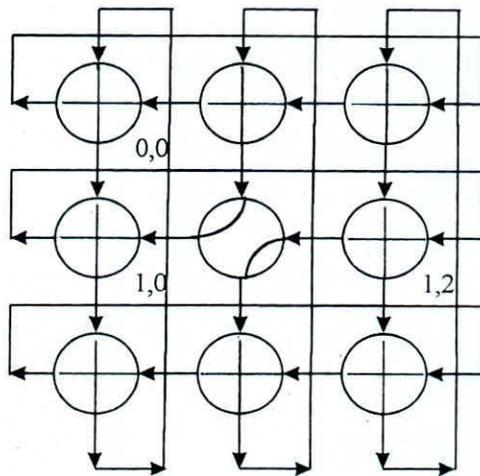


Fig. 4 Token Malla (Estación (1,2) en estado AS.)

#### A Formulación de la Topología.

La red bidimensional TGN tiene  $f$  filas y  $c$  columnas;  $f=c$ . Cada estación está identificada por un índice fila/columna según se muestra en la figura 1.

Se puede observar que esta red está estructurada por anillos-fila y anillos-columna identificados según el índice de la columna o fila, y cuyo índice de rotación es arbitrario. Además, se puede notar que el hardware para las estaciones de transmisión es similar al requerido para el caso del sistema FDDI, donde cada estación en la red TGN consta de dos transmisores y dos receptores. El acceso a los anillos es a través de tokens que circulan a través de la red; para asegurar que en cualquier instante exista un solo token activo en cualquiera de los anillos unido o no. En el caso de que hubieran estaciones simultáneamente fusionadas, ellas no podrán compartir la misma fila o columna. Por lo tanto, esta restricción es resuelta por el algoritmo del token passing bidimensional, que exponemos a continuación.

### *B Protocolo de Operación*

En la figura 1 por ejemplo, la estación (1,2) podría acceder el anillo fila 1 (AF1) capturando el token fila 1 (TF1) y el anillo columna 2 (AC2) capturando el token columna 2 (TC2). La transmisión a una estación en una fila y columna diferente puede únicamente ser consumado cuando un anillo fusionado ha ocurrido. El proceso de fusión es idéntico para todas las estaciones.

El mecanismo de operación para operar en anillos fila (A.F) con anillos columna (A.C), anillos fila columna (A.F.C) y anillos columna/fila (A.C.F.) se utilizan cuatro tokens:

- Token fila (T.F) y token columna (T.C) antes de la fusión.
- La estación que une dos anillos pasa de la configuración doble anillo (D.A) a la configuración simple anillo (S.A). Ver fig. 2.
- La estación S.A. genera y libera el token fila/columna (T.F.C) ó el token columna/fila (T.C.F) trasmitiéndose los paquetes al anillo fila/columna ó al anillo columna/fila.
- Cuando los tokens (T.F.C) y (T.C.F) llegan a la estación pasa de la configuración (S.A) a la configuración (D.A) regenerando y liberando el token fila (T.F) y el token columna. Ver fig. 1.

Usando el algoritmo que se describe, la conectividad de la red total es logrado y gobernado mediante la rotación de tokens fila y columna; sin embargo, resulta evidente que las transmisiones dadas en un anillo fila o columna no necesariamente ocurre en una forma colindante, es decir, estando el anillo en un estado no fusionado en el intervalo en que todos los paquetes son transmitidos en el anillo columna o fila. En vez de estas transmisiones individuales pueden ser entremezclados con paquetes transmitidos durante la fusión de anillos. En la red resultante TGs rotan alrededor de cada columna, generando fusión de anillos. Similarmente, en cada fila TGs son atendidos por los token fila mediante la creación de fusiones en una forma razonable; además se puede ver que si una estación se autoriza capturar un token ring (TR) siempre que esto aparezca, luego el tráfico fila a fila puede ser preferido antes que todas las demás puesto que los tokens columnas puede esperar como parte del procedimiento de fusión. Esta ventaja puede ser fácilmente superado ya sea restringido todas las transmisiones para la captura de TFC o TCF, o mediante la autorización de únicamente una sola captura TF, cada vez que se observa un TC. Resulta evidente que esta restricción puede innecesariamente reducir el rendimiento total en ciertas situaciones de carga no uniforme. Por ejemplo, el caso donde  $n$  estaciones de una columna determinada son las únicas activas, con paquetes que son enviados en esa única columna. Las restricciones de arriba, impedirá cualquiera de esas estaciones del uso del ancho de banda total de su anillo fila. Si una determinada estación está usando únicamente una fracción de  $1/n$  de la capacidad del anillo de la columna disponible, luego a lo más dicha estación puede alcanzar el mismo rendimiento en su anillo fila. Aunque el sistema es aceptable en este caso, el rendimiento total ha sido reducido con respecto a aquel rendimiento que sería posible sin esta restricción. El Protocolo Básico para el Token malla se muestra a continuación:

Token Columna  $c$  llega a la Estación  $(f, c)$ :

1. Captura el token.
2. Si un paquete está disponible, transmite vía el anillo de la columna  $c$ .
3. Retención token columna  $c$ . Espera al token fila  $f$ .
4. Ejecutado.

Token Fila  $f$  llega a la Estación  $(f, c)$ :

1. Captura el token si un paquete está disponible para el anillo fila  $f$  o si token columna  $c$  está siendo retenido.
2. Transmite vía anillo fila  $f$  si el paquete está disponible.
3. Si la estación no está reteniendo del token columna  $c$  luego libera del token fila  $f$  y va a 5.
4. Entra al estado SR. Genera y libera token fila/columna  $f, c$ .
5. Ejecutado.

Token Fila/Columna  $f, c$  llega a la Estación  $(f, k)$ :

1. Captura el token si el paquete está disponible para el anillo fila/columna  $f, c$  o si  $k=c$ .
2. Si el paquete está disponible luego transmite vía el anillo fila/columna  $f, c$ .
3. Si  $k=c$  luego libera el token y va a 5.
4. Genera y libera token fila/columna  $f, c$ .
5. Ejecutado.

Token Fila/Columna  $f, c$  llega a la Estación  $(k, c)$ :

1. Captura el token si un paquete está disponible el anillo columna/fila  $f, c$  o si  $k=f$ .
2. Si un paquete está disponible luego transmite vía el anillo columna/fila  $f, c$ .
3. Si  $k=f$  luego libera el token y va a 5.
4. Entra al estado DR. Regenera y libera token columna  $c$  y token fila  $f$ .
5. Ejecutado.

En el esquema descrito arriba, una estación pasivamente espera la llegada del token apropiado a fin de transmitir a un destino particular; sin embargo, esto es inútil fusionar un par de anillos si no hay estaciones en dichos anillos que deseen establecer comunicación. Un mecanismo más eficiente que también reduce retardos bajo ligeras cargas pueden ser usados en este caso. Cada estación es equipada con dos variables de estado conocidas como la variable reservada columna o VRC y la variable reservada fila o VRF. Cuando una VRC o (VRF) es fijada a una estación indica que alguna estación en el anillo fila (o columna) asociada quisiera adquirir el anillo columna (o fila) de la estación. Por ejemplo, si la estación (1,0) en la figura 1 tiene una cola de paquetes para la estación (3,2) esto fijaría la VRC en la estación (1,2). Esta información es usada por la estación (1,2) para determinar si se necesita o no un TFC (o TCF) en la próxima oportunidad de fusión. Cuando un token columna llega a una estación, la estación chequea tanto la VRC y VRF. Si uno de los dos son fijados, luego la estación retiene el token y espera la llegada del token fila. Cuando el token fila llega, la estación genera ya sea un TCF (si  $VRC=0$  y  $VRF=1$ ) o un TFC (si  $VRC=1$  y  $VRF=0$ ). Note que si la  $VRC=VRF=1$ , la estación genera un primer TFC y luego un TCF después que el TFC regresa.

El mecanismo mediante el cual una estación fija el bit de la VRC (o VRF) en otra estación es muy simple. Cada token fila (columna) tiene un bit de señal de reservación por cada columna (fila). Como quiera que un token fila (columna) pasa a una estación, ésta chequea para ver si este token tiene cola de paquetes para cualquier otra columna (fila). Si este paquete tiene colas y aún no ha hecho una reserva, le fija los bits correspondientes para la columna destino (fila) asociado con los paquetes a ser transmitidos. Cuando este token llega a una estación, el bit de señal de reserva correspondiente a esa columna (fila) es revisado. Si la señal es fijada,

luego la estación fija  $VRC=1$  ( $VRF=1$ ) y borra la señal de reservación en el token. La misma señal de reservación son también incluidas en el encabezamiento de cada paquete. Este permite a una estación fijar el bit de VRC (VRF) en la estación al inicio de la transmisión del paquete.

Puede verse que la actividad de transmisión en el TGN tiene propiedades diferentes a los LAN's convencionales. Como en otras redes la disputa por conseguir varios conjuntos de enlaces (es decir anillos) será diferente dependiendo ello de las configuraciones de tráfico hasta un lugar de destino, naturalmente, las estaciones que se disputan tratando de conseguir los anillos más congestionados experimentarán más retardos que otros; tal es una situación diferente en los LAN'S donde un simple canal debe ser compartido por todos los paquetes transmitidos independientemente del flujo de destino. Se verá que debido a la transmisión concurrente y simultánea añadida, la performance de la estación es mucho mejor que en muchas situaciones comunes.

### C Análisis del Comportamiento de la Red TGN.

Para analizar la performance de la red token malla, se efectuará una comparación entre el desempeño de la red token malla y el desempeño de la red FDDI, considerando que los requerimientos del hardware son idénticos a los de la red token malla; así mismo ambas redes se pueden implementar con una latencia muy pequeña. A fin de asegurar que la comparación sea válida se asume que únicamente un solo paquete puede ser transmitido por cada token capturado, en ambas redes. Puesto que la topología del token malla permite transmisiones concurrentes de paquetes por rutas distintas, se ha asumido que en la implementación de la estación, colas de paquetes separados se mantienen por cada fila y columna.

El número de estaciones de la red será:  $N=f \cdot c$ ;  $f$  = número de filas,  $c$  = número de columnas. El retardo total en la red :  $\tau$  segundos. La latencia de estación a estación es  $\tau/N$ .

Para el uso de redes de doble anillo; la capacidad de la red,  $C_{DA}$ , se obtiene de la relación siguiente :

$$C_{DA} (T+t_t + \tau/N) = 2 T$$

donde,

$T$	=	Tiempo de transmisión del paquete, seg.
$\tau$	=	Latencia total del anillo, seg.
$t_t$	=	Tiempo de transmisión del token, seg.
$(T+t_t + \tau/N)$	=	Tiempo entre los sucesivos paquetes de transmisión.

$$C_{DA} = \frac{2}{1 + \alpha/N + t_t/T} \quad (1)$$

$\alpha = \tau / T$ , retardo normalizado.

El máximo rendimiento del token malla se considerará primero, puesto que el mecanismo del token passing produce patrones cíclicos complejos, por lo que primero se dan los resultados exactos de la simulación de la capacidad de la red.

Los resultados que se presentan son para redes de 2x2, 8x8 y 10X10. Así mismo se ha asumido que todas las estaciones se encuentran continuamente activos en la red y están transmitiendo paquetes de longitud constante dentro de la red uniformemente distribuida a través de todos los usuarios. La capacidad de las 4, 64 y 100 estaciones token ring duales también son incluidas en la gráfica. Para efectos de las gráficas de resultados se ha asumido que  $t_i/T = 0.1$

En la Fig. 5 se observa que la capacidad para los token ring caen desde un valor ligeramente menor que 2 en la forma usual. Sin embargo, el rendimiento total para el token malla es mucho más alta. En el ejemplo, para el caso de 4 estaciones, la capacidad es aproximadamente el 30 % para valores pequeños de  $\alpha$  (Ver fig. 6). También es importante notar que es diferente a los LAN's convencionales, por lo que la capacidad total de una red token malla es una función que se incrementa con el tamaño de la red. En el caso de las 100 estaciones, el rendimiento total es mayor a 5 veces que la del token ring para valores pequeños de  $\alpha$ .

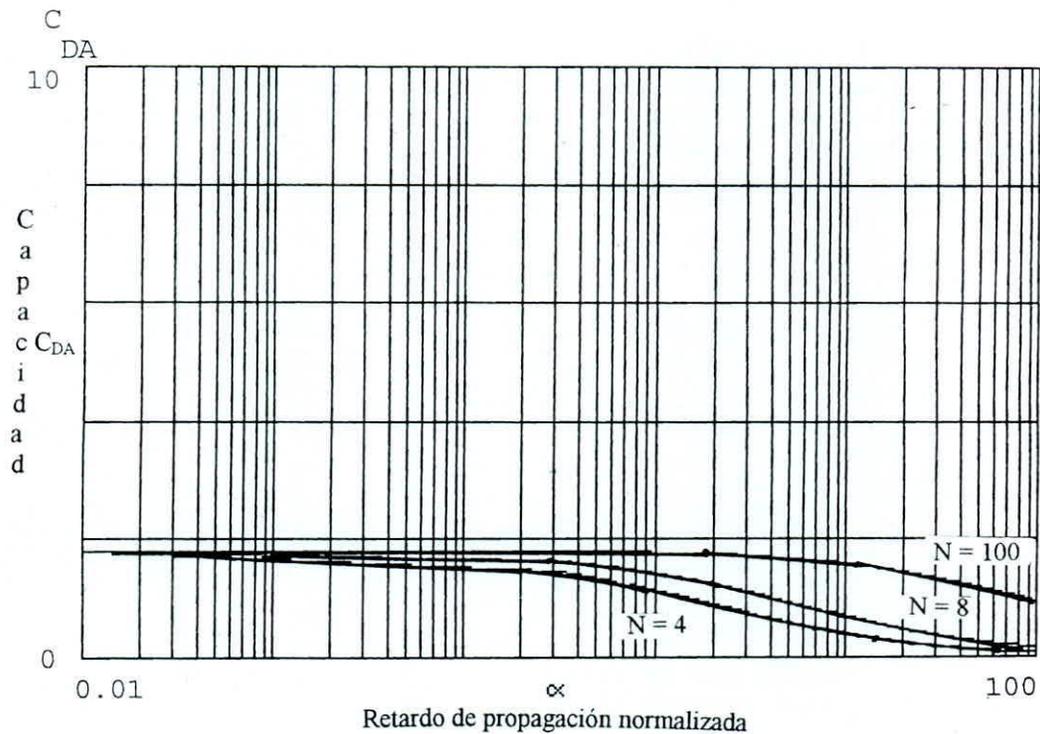


Fig. 5 Capacidad de Carga para una Red FDDI.

Estas mejoras resultan de la coincidencia de trasmisión obtenida por medio del uso de una topología de red el cual soporta múltiples trasmisiones concurrentes.

Bajo las condiciones mostradas se da una simple y exacta aproximación para la capacidad de tráfico uniforme. La aproximación es obtenida suponiendo que la actividad de la red es cíclica y que los tokens columna nunca permanecen inactivos. Para generar este comportamiento, se asume que la longitud de los paquetes son constantes y que todos los modos de trasmisión columna están exactamente sincronizados.

En la figura (1) por ejemplo, se asume que en algún instante de tiempo las estaciones (3,0), (2,1), (1,2) y (0,3) tienen todos creados tokens fila/columna. Puesto que todas las estaciones están ocupadas, las actividades de transmisión y temporización en los 4 anillos fila/columna serán idénticas y entonces ocurrirán una serie de transmisiones simultáneas. Después que los turnos TFC y el TCF se han completado cada fila (TF) y token columna (TC) serán también usadas por las siguientes estaciones al mismo tiempo. Esto da como resultado 8 transmisiones concurrentes a través de anillos fila y columna seguido por un nuevo conjunto de 4 anillos fusionados. Denotamos un ciclo como al tiempo entre estos instantes de fusión por lo que se puede ver en el ejemplo 2 ciclos idénticos en duración ocurridos antes de que el mismo conjunto de estaciones se fusionen nuevamente. Empleando un usual análisis de ciclo, la capacidad de la red token malla ( $C_{TM}$ ) se muestra como sigue:

$$C_{TM} \approx \frac{\sqrt{N} + 1}{\left(1 + \frac{t_t}{T}\right) \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{N}}\right) + \frac{\alpha}{2\sqrt{N}} \left(2 + \frac{L}{\sqrt{N}}\right)} \quad (2)$$

En la Fig. 6 se muestran los resultados para esta capacidad aproximada. Como era esperado, esta tiende a sobrestimar ligeramente la capacidad verdadera puesto que en un sistema real, los token columna podrían tener un tiempo de espera diferente de cero. Puede verse sin embargo que esta aproximación es muy buena.

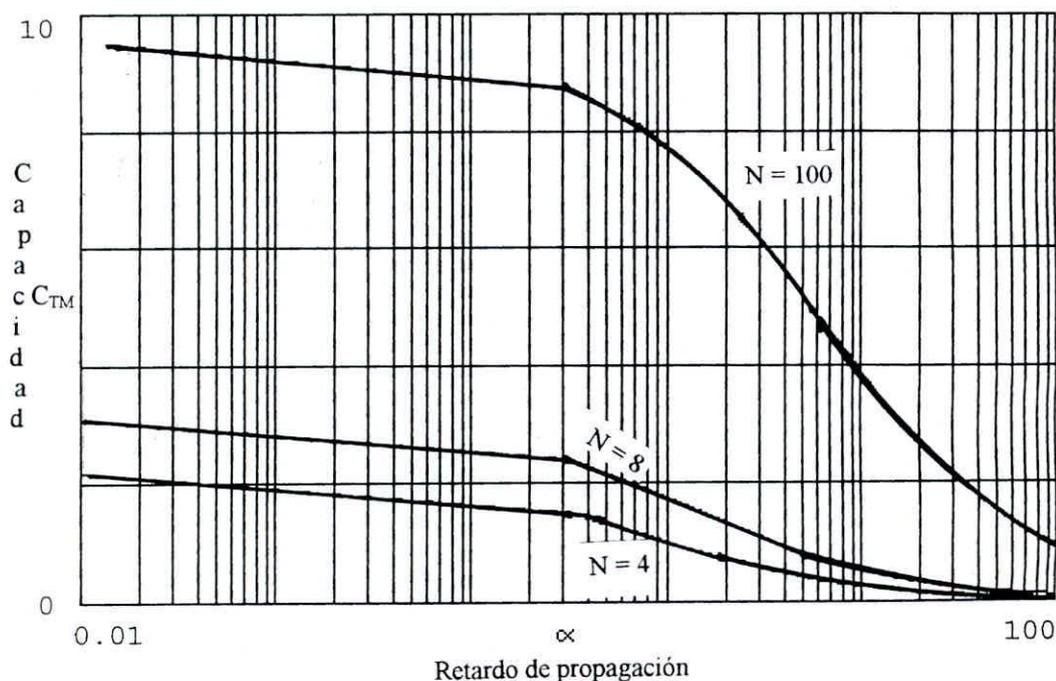


Fig. 6 Capacidad de Carga para una Red TGN.

Es también interesante considerar una comparación del token malla con un anillo dual bajo condiciones de carga ligera, en la que se demuestra que el retardo de dicha carga es proporcional a  $N$  para un anillo dual y  $\sqrt{N}$  para un token malla.

### III. CASO: RED FDDI-SM

Para la UNMSM que consta de 19 Facultades, 36 Institutos de Investigación y 30,000 estudiantes le es indispensable disponer de una red de datos compatibilizando la modernización tecnológica, la aplicación y el aspecto financiero. Lo cual permitirá:

- Integrar las redes existentes en las 19 Facultades e Institutos de Investigación y la Administración Central de la Universidad;
- Conectarse a redes internacionales;
- Compartir recursos informáticos;
- Flexibilidad para ampliaciones futuras.

#### A Topologías

**Topología Bus:** Esta topología caracterizada porque los nodos se conectan a un mismo cable facilitando el control que se puede realizar central o descentralizadamente y que no se utiliza mucho cable. Sin embargo sus desventajas son la dificultad para la detección de fallas en el BUS y los problemas relacionados con las colisiones que se presentan en la transmisión de los datos.

**Topología FDDI-Doble Anillo:** Caracterizada por una transmisión unidireccional enmarcada dentro de una lógica circular [ZAVALA, CARRILLO, 1995], se determinaron la siguientes ventajas:

- La no distinción del elemento inicial o final;
- El control puede ser centralizado o distribuido;
- Facilidad para detectar quiebres en el anillo;
- Regeneración de señal en los nodos que permite cubrir grandes distancias;
- Minimización de las colisiones;
- Velocidad de transmisión hasta 100 Mbps.

Los límites para máximo rendimiento para cada clase de tráfico depende del tiempo de servicio de las estaciones; es decir si el tiempo de rotación asignado a cada estación es grande entonces se tiene alto rendimiento, pero gran tiempo de espera. Si el tiempo que se asigna es pequeño entonces el tiempo de espera es pequeño, pero el rendimiento es bajo.

Los factores limitantes para el rendimiento asíncrono (Ver anexo A) son:

- cantidad de tráfico síncrono;
- paso del token: retardo del anillo (RD)/ tiempo asignado a la estación;
- número pequeño de estaciones.

El resultado de simulación para el tiempo de rotación del token y el máximo rendimiento asíncrono se presenta en el anexo B.

A partir de la red FDDI-SM (Anexo C) se plantea la topología TGN-SM: Esta topología se formula para una aplicación futura en el cual el tráfico de datos y el número de estaciones van a ir en crecimiento. Como se ha demostrado anteriormente es factible pasar de una topología anillo FDDI a la topología TGN.

Para mostrar las bondades de la topología TGN se ha proyectado inicialmente 9 nodos que en términos de estaciones evidentemente la topología va a crecer. Pero aún así, considerando a los nodos como estaciones podemos ver que hay una mejora de la capacidad del sistema en aproximadamente 50%. En el anexo C, se presenta la distribución física del anillo de fibra óptica en la C.U. con los 9 nodos. Considerando a cada nodo como una estación de trabajo se puede cambiar de la topología FDDI a la topología TGN. Ver Fig. 7 y Fig. 8 donde se muestra el rendimiento.

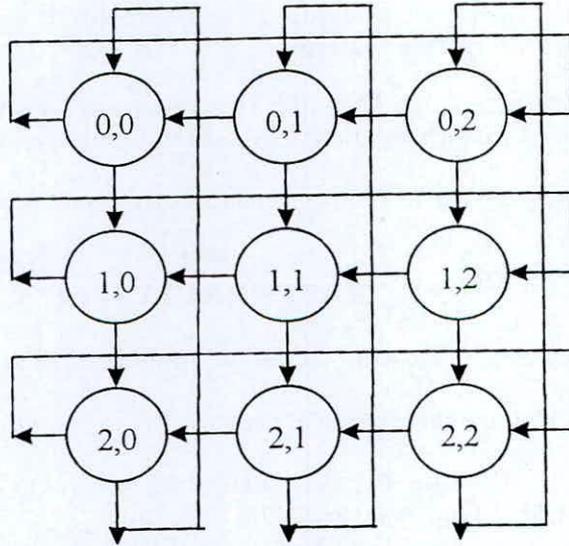


Fig. 7 Red TGN-SM.

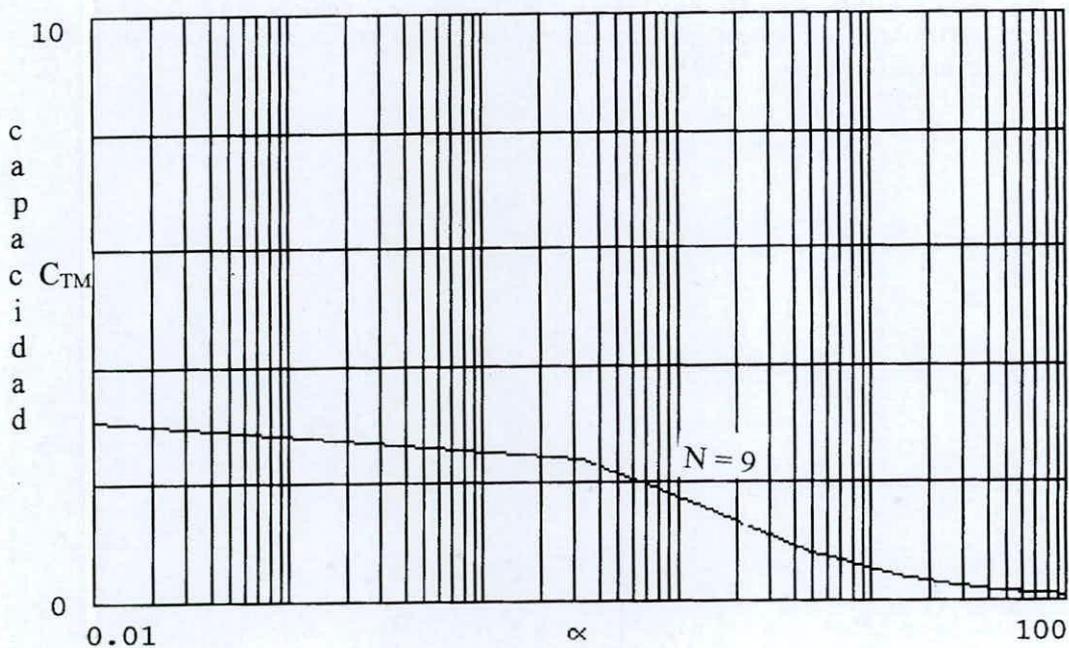


Fig. 8 Rendimiento de la Red TGN-SM.

#### IV. CONCLUSIONES

La red token malla tiene diferente acceso al medio que la redes convencionales (LAN's y MAN's), debido a que es ejecutado en topología de malla bidimensional.

Las estaciones existentes en una red token ring, FDDI dual se puede configurar a una red token malla con la misma complejidad de latencia y de hardware.

Se incrementa el máximo rendimiento de la red token malla en condiciones de carga uniforme cuando se incrementa el número de estaciones. Esto, debido a la transmisión concurrente y simultánea de la diversidad de rutas en la red.

El máximo rendimiento de la red token malla en condiciones de tráfico uniforme puede ser varias veces que el de la red token ring dual. Utilizando la misma infraestructura de hardware.

La red FDDI-SM podrá adaptarse a la red token malla utilizando su misma infraestructura.

#### V. REFERENCIAS

- ANSI / IEEE Standard 802.5 "Token Ring Access Method And Physical Layer Specifications", 1985
- González Sainz, Néstor; Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos; McGraw-Hill; 1987.
- Luyo K., J.; Zavala H., E.; Carrillo G., F.; Chalco, F.; Proyecto Red Peruana de Ciencia y Tecnología (RPCYT); Lima, Agosto, 1993.
- Ross, F.E. ; FDDI : Fiber Distributed Data Interfase, IEEE J. Select. Commu., Sept. 1985
- Schwartz, Mischa; Redes de Telecomunicaciones: Protocolos, Modelado y Análisis. Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- Schutt, Thomas; Optical Fiber Systems and Networks. Europace.
- Tanenbaum, Andrews S.; Redes de Ordenadores; 2da. Edición; Prentice- Hall; 1991.
- Zavala H., E.; Carrillo G., F.; Proyecto Red de Interface de Datos mediante Fibra Optica - UNMSM; Lima, Noviembre, 1995.

## ANEXO A

$$\text{MIN [TRT]} = \text{RD} = \text{RL} \cdot \text{FD} + \text{N} \cdot \text{SL} / \text{B}_{\text{sis}}$$

$$\text{MAX [TRT]} \leq 2 \cdot \text{TTRT}$$

TRT	:	Tiempo de rotación del token.
TTRT	:	Tiempo de rotación fijado para las N estaciones del anillo.
RD	:	Tiempo de retardo del anillo (us).
FD	:	Retardo de la fibra (5 us/Km)
N	:	Número de estaciones.
B <sub>sis</sub>	:	Ancho de banda de sistema (100 Mbps)

El máximo rendimiento síncrono es:

$$\Gamma_s = \Sigma S_i / \text{TRT}$$

$$\Gamma_s = 1 - \tau_{\text{syn}} / \text{TRT}$$

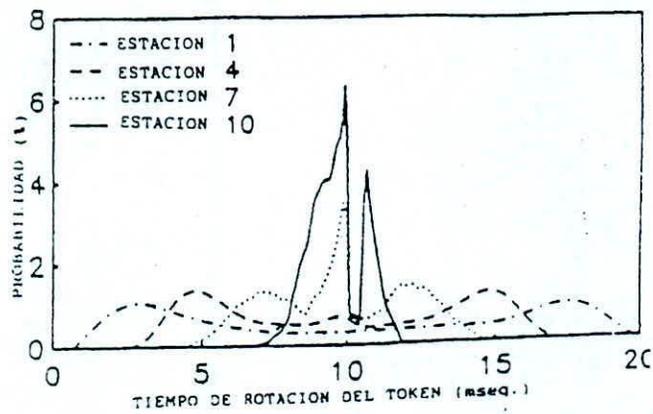
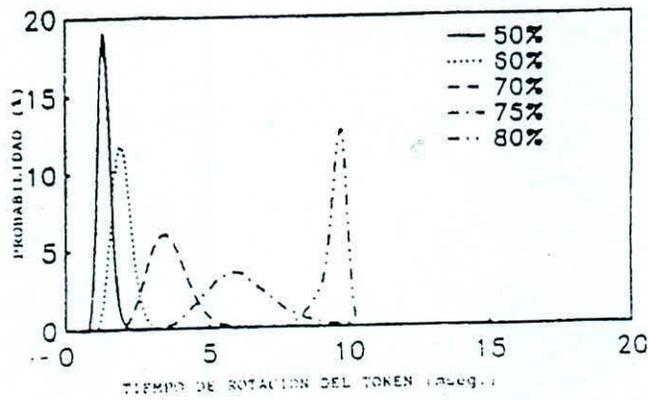
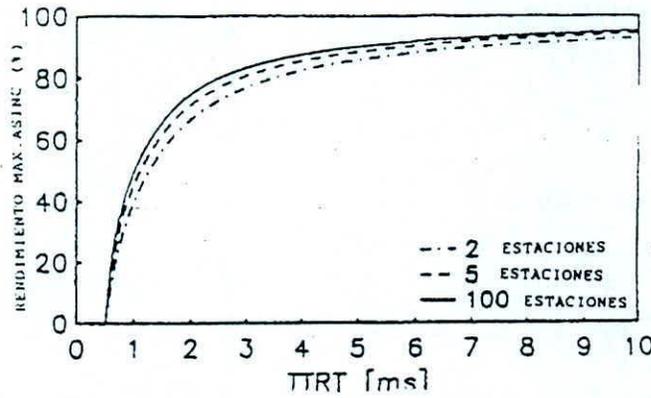
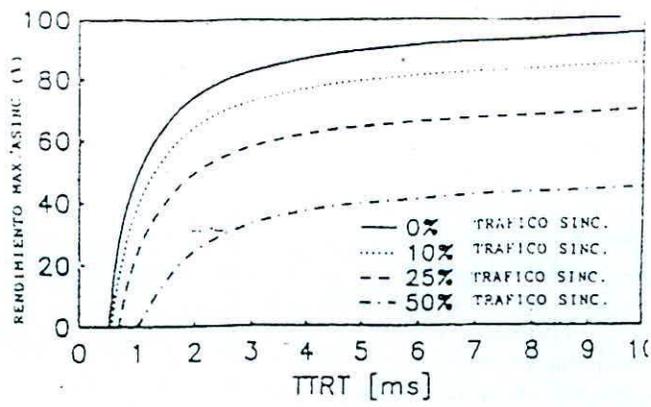
El máximo rendimiento asíncrono:

$$\Gamma_A \leq \frac{1 - \Gamma_s - \text{RD} / \text{TTRT}}{1 + \text{RD} / \text{N} \cdot \text{TTRT}}$$

$$\Gamma_s \leq 1 - \tau_{\text{sin}} / \text{TTRT}$$

$$\Gamma \leq \Gamma_A + \Gamma_s \leq 1 - \text{RD} / \text{TTRT}$$

ANEXO B



## ANEXO C

