# Revolucionaria aplicación de las fibras ópticas en buques de guerra

C.W. Williams CN. (R) R.N. y
C.P. New

*En este capítulo se explica la tecnología del principio del circuito seccionado de contención cero, además de la arquitectura básica empleada, la función clave de las unidades de acceso a las terminales y las disposiciones para el manejo del sistema. Teniendo en cuenta los beneficios que esta tecnología puede aportar a los buques de guerra, a los futuros diseñadores y constructores les resultará difícil justificar el uso de cualquier otro material que no sean las fibras ópticas para la comunicación LAN (Local Area Network) de los buques de guerra.*

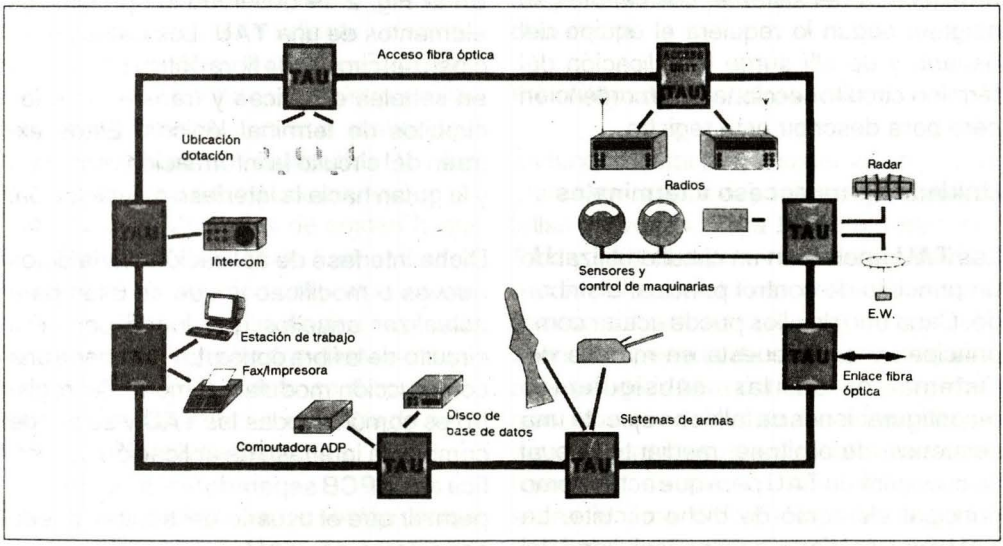
Sería correcto comenzar refiriéndonos a las técnicas empleadas en el desarrollo del sistema de distribución de datos por fibras ópticas, apropiado para el manejo sincrónico y asincrónico de datos en tiempo real. El sistema se adapta a fallas y averías y no sufre los efectos de las mejoras producidas por la carga de tráfico, otorgándole a los usuarios del sistema un acceso garantizado, no bloqueado, en las modalidades de comunicaciones entre dos puntos fijos, colectiva y difusión bajo cualquier condición de carga.

Para llegar a nuestra conclusión se debió analizar una serie de registros de redes existentes. Estos incluían el **MIL-STD 1553B, Ethernet**, el sistema de combate **Hiway Del Stan 0019** y los sistemas de paso distintivo tales como **FDDI**. Los principales requerimientos consistían en el manejo del tráfico sincrónico y asincrónico (por ejemplo una combinación de voz y datos de computadora), sin bloqueos o demoras relativas a las cargas. También debía ser lo más claro posible frente a los registros del sistema del usuario y flexible a las fallas y averías, y no depender por ejemplo, de una estación maestra central.

Se llegó a la conclusión que ninguno de los estándares existentes podía cubrir todos estos atributos y por ello la solución que se adoptó se basó en un circuito seccionado múltiple para división del tiempo (**TDM** = *Time Division Multiplexed*) con un paquete de datos múltiple. La arquitectura básica del sistema utiliza un circuito dual de fibra óptica (principal y de reserva) con unidades de acceso a la terminal **TAU** (*Terminal Access Units*) para la conexión de los equipos de usuarios o sistemas anfitriones. Habitualmente, éstos se refieren a enlaces de comunicación entre radios y operadores, enlaces de

intercomunicadores o interteléfonos, sistemas de computadoras, terminales de usuarios y sensores. En la Fig.1 se pueden observar algunos ejemplos.

necesita comunicarse. Las modalidades pueden ser duplex o semiduplex, punto a punto, colectiva o difusión. Los canales se asignan automáticamente al sistema se-




## Registro del sistema

El registro opera por medio de un sistema que pasa por el circuito a través de cada **TAU**. De hecho, el registro brinda una serie de circuitos predefinidos o virtualmente temporarios al que nos referiremos como canales. Cada **TAU** está configurado para tener acceso a pequeños canales requeridos por el equipo del usuario. En aquellos casos que sea necesario cada **TAU** dispondrá de controles para paneles delanteros para permitir la selección manual de los canales programados.

La primera configuración del sistema se realiza analizando las necesidades de rendimiento de los datos para los equipos de los usuarios que se deberán conectar y la modalidad en la cual dicho equipo

gún las necesidades de rendimiento de los equipos de los usuarios.

Un canal puede representar cualquier número de *bits* dentro del paquete. Los canales típicos para los circuitos de voces se implementan por medio de codificaciones **PCM 64Kb**. Para inicializar un sistema, cada **TAU** se carga (utilizando una terminal de control) con datos de configuración que definen los canales a los que puede acceder dicho **TAU**.

Una de las ventajas de este registro es que sólo el 4% de los datos del sistema se reservan para el manejo y administración de la red, y el 96% restante está disponible para el traslado de los datos de los usuarios. El estado latente del sistema es constante (normalmente 4 microsegundos por **TAU**) y su performance no se ve

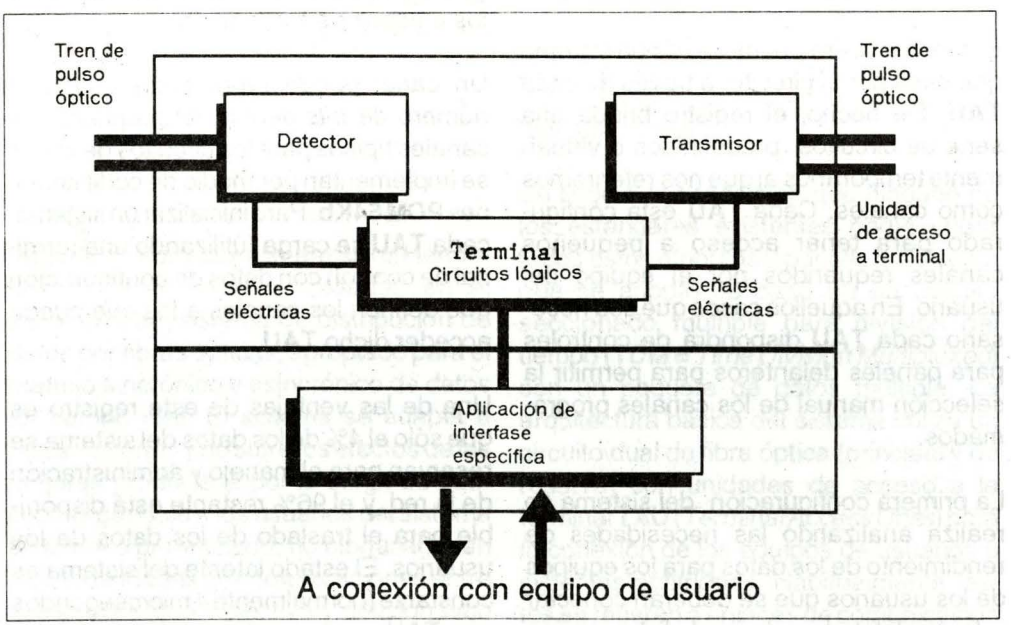
afectada por la carga de tránsito. En estos niveles es raro que el estado latente resulte un problema e incluso en circunstancias extremas se lo puede reducir mediante la arquitectura del sistema. Los canales se asignan según lo requiera el equipo del usuario y de allí surge la aplicación del término circuito seccionado de contención cero para describir este registro.

**Unidades para acceso a terminales**

Las **TAU** operan en un circuito utilizando un principio de control principal distribuido. Cada uno de ellos puede actuar como principal, y en la puesta en marcha del sistema o en las subsiguientes reconfiguraciones de fallas se ejecuta una secuencia de arbitraje, mediante la cual se escogerá un **TAU** para que actúe como principal elemento de dicho circuito. La **TAU** principal tiene la responsabilidad del lanzamiento del registro del sistema hacia el circuito y de la generación de su sincronización.

En la Fig. 2 se observan los principales elementos de una **TAU**. Los datos se reciben del circuito de fibra óptica convertido en señales eléctricas y transferido a los circuitos de terminal lógicos. Estos extraen del circuito la información requerida y la guían hacia la interfase de aplicación.

Dicha interfase de aplicación envía datos nuevos o modificados que se usan para actualizar aquellos que luego pasan al circuito de la fibra óptica. La **TAU** tiene una construcción modular, el motor del registro es común a todas las **TAU** y se puede cambiar la interfase de aplicación específica en un **PCB** separado físicamente para permitir que el usuario del equipo pueda conectarse a la **TAU**.



**Circuito de sostén**

Una vez descripta la operación de un circuito de área individual, se construyen sistemas más grandes uniendo una serie de circuitos de áreas mediante unidades puentes y circuitos de sostén. Estos últimos operan utilizando un registro similar pero normalmente con una mayor frecuencia de datos. Habitualmente, los circuitos de área tienen una capacidad de datos de 5/10 Mbs y los de sostén hasta un máximo de 100 Mbs. Las unidades puentes se configuran para trazar los canales de datos en el circuito de área hacia los adecuados canales con datos de sostén por lo que los datos se transfieren selectivamente entre los circuitos de área a través del circuito de sostén.

El uso de la arquitectura de sostén otorga un perfeccionado sistema de estado latente ya que sólo el tráfico interárea se envía a través del circuito sostén y esta configuración también permite que los circuitos de área operen de manera autónoma en caso de averías.

**Manejo del sistema**

Cada unidad de puente tiene una unidad seriada para la conexión opcional con un terminal para control de la red (**NMT** = *Network Management Terminal*). La **NMT** tiene la forma de una sólida **PC.** En una configuración del sistema normalmente habría dos **NMT**, una principal y otra de reserva, cada una de ellas conectada a una conveniente unidad de puente.

La **NMT** tiene a su cargo el control de la condición y conectividad de la red del sistema y la provisión de comandos para el operador a fin de que reasigne el circuito sostén al trazado del circuito de área.

Estando desconectada la **NMT** se usa para conectarla directamente a una **TAU** y cargar la información sobre la configuración inicial

**Flexibilidad ante las averías.**

Es fundamental que el sistema tenga una gran supervivencia y tolerancia frente a fallas y averías. Para lograrlo, todas las **TAU** y unidades puente están equipadas con circuitos detectores de modo que en el caso de detectar un error de alta frecuencia o pérdida de señal en el circuito principal de la fibra óptica, las **TAU** próximas al área defectuosa seleccionan la trayectoria de reserva y adoptan una configuración de circuito de reacción que saltea el área defectuosa. Todas estas acciones son comunicadas a la **NMT.** Como una contención adicional de averías, también es posible usar unidades ópticas de derivación. En el caso de fallas múltiples o si hay más de un área averiada que origina la fragmentación del sistema, se aplica la lógica automática de arbitraje para asegurar que cualquier **TAU** aún conectada establezca un circuito local y continúe operando hasta las dos últimas **TAU** conectadas.

La arquitectura del sistema -es decir, el número de circuitos de área y enlaces con el circuito de sostén y el número de estos últimos- se puede optimizar para adecuarse a la aplicación.

El sistema utiliza cable doble 50/125 de fibra óptica multimodal y cualquier falla en los cables se puede solucionar fácilmente por medio de *kits* para empalme de fibras ópticas de rápida disponibilidad.

Asimismo, todos los cables y conectores entre las **TAU** son iguales lo que permite obtener rápidamente los cables de reemplazo.

La **NMT** constituye un importante auxilio para las reparaciones ya que ubica la avería con precisión y advierte al respecto.

En el caso de una avería masiva la **NMT** permite una rápida reconfiguración del sistema y las **TAU** responderán inmediatamente a sus nuevos roles. El campo **NMT** se puede conectar con cualquier unidad puente o central **TAU** y el sistema se puede reconfigurar desde ese punto.

**Normalizaciones**

A pesar de que los datos pasan por el sistema por medio del registro interno **TDM**, el sistema se ha diseñado para que sea totalmente compatible con el principio **OSI** de sistema abierto de siete capas. El sistema aplica la capa física **OSI 1** y está diseñado específicamente para que refleje el alto nivel del registro del usuario.

Las interfases del equipo del usuario se proveen por medio del **PEC** de aplicación específica y cubren todas las normalizaciones habituales tales como **RS232/422, V24/V28, VME, Audio Análogo y Eurocom D1** de 16 Kbs.

La elección de la frecuencia de codificación para voz **PCM** de 64 Kbs está diseñada para compatibilizar con las emergentes normas **ISDN.**

**Aplicaciones en buques de guerra**

Los sistemas, accesos o redes colectoras de datos de áreas locales son comunes en medio ambientes comerciales y militares tales como grandes oficinas, buques y aeronaves. Su uso para conectar computadoras, terminales y estaciones de trabajo que requieran comunicarse entre sí no siempre implica velocidad de respuesta a través de la red como un factor crítico, ya que los usuarios pueden tolerar demoras ocasionales de varios segundos. En el peor de los casos los efectos de dichas demoras serán inconvenientes menores.

No obstante, hay aplicaciones en las que las demoras podrían ocasionar resultados desastrosos en fallas operativas, serias averías o pérdida de vidas. Algunos ejemplos se pueden hallar en los sistemas críticos de seguridad para las comunicaciones militares de comando y control, control del sistema de armas, acceso al sistema de combate, comunicaciones internas/externas, coordinación para el control de averías y supervivencia de las maquinarias.

En caso de crisis todas estas áreas pueden estar extremadamente ocupadas, a menudo simultáneamente, y no deben estar sujetas a demoras en sus redes debido a las prioridades de la contienda.

Ya hemos descripto de qué manera la tecnología del circuito de contención cero puede brindar un servicio libre de contención, con acceso garantizado para satisfacer los exigentes requerimientos. Dentro del contexto de los actuales planes de construcción y reequipamiento de la Marina Británica, el lote 2 del **Tipo 23**, el reemplazo para el **LPD**, los reequipamientos **CVS**, las mejoras a los **SSN** y las futuras fragatas son candidatos potencia-

les para esta tecnología, en particular para sus sistemas de comunicación tanto internos como externos, con integración total en caso de ser necesario.

**Aplicaciones en la Flota Auxiliar**

En el pasado la tendencia ha sido considerar a la Flota Auxiliar como una flota de buques mercantes con propósitos especiales y comunicaciones apropiadas. Sin embargo, la experiencia durante la Guerra de Malvinas trajo aparejada numerosos cambios, particularmente en el área de armas para autodefensa, disposiciones sobre la organización de la información sobre acciones y coordinación para el control de averías. Hay quienes sugieren que éstos se beneficiarían sustancialmente a partir de un acceso a las comunicaciones libres de contención.

**Beneficios generales**

Hasta el momento no hay experiencia práctica sobre la instalación de accesos a fibras ópticas en gran escala, y por ende no hay medios para comparar directamente sus costos y tiempo de instalación versus los correspondientes al del alambre de cobre. No obstante, los vehículos del Ejército tienen una experiencia considerable que se puede usar a los fines de guía.

La instalación en vehículos blindados para personal de E.M. redujo en un 80% el peso del cable, un 90% el volumen y un 80% de horas/hombre para su instalación. Las estimaciones indican que el ahorro en los costos de instalación en un buque de guerra será probablemente de hasta un 20% e incluso superior. También habrá provechosas reducciones en el volumen y peso del cable.

La reinstalación de nuevos equipos con acceso a fibras ópticas es un proceso muy simple en comparación con el alambre de cobre. En el caso de que el acceso original haya previsto capacidad adicional para comunicaciones y datos, el nuevo equipo se puede instalar sin necesidad de colocar alambres adicionales. Nuevamente, esto brinda un gran ahorro en términos de tiempo y costo y aumenta considerablemente la flexibilidad.

**Reducción de EMI, incremento de EMC**

Las fibras no irradian señales y por lo tanto no originan interferencias con otros cables en las cercanías. No requieren aislación y no captan interferencias eléctricas de señales indeseables incluso en medio ambientes de intenso ruido eléctrico o campos de alto electromagnetismo. Por este motivo, su uso brinda una considerable reducción de la interferencia electromagnética (**EMI**), y un sustancial incremento de la compatibilidad electro magnética (**EMC**).

**Resistencia al pulso electromagnético**

La característica ausencia de captación hace que las fibras ópticas sean inmunes a los efectos del pulso electromagnético (**EMP** = *Electromagnetic Pulse*) de las explosiones nucleares. No obstante, la exposición a altos niveles de radiación puede incrementar la atenuación dentro de la fibra. Esto se puede evitar mediante el uso de diversas combinaciones de núcleos y revestimientos, tales como núcleos de sílice puro con revestimientos de materiales absorbentes de sílice, no obstante, a expensas de un aumento en la atenua-

ción intrínseca. Es probable que este incremento pueda aceptarse a lo largo de la extensión de los trayectos previstos.

Debido a la sustancial reducción de cableado y a la ausencia de conexiones eléctricas entre las unidades terminales, las tareas de reparación y mantenimiento se han simplificado. Partes del acceso pueden continuar operando ininterrumpidamente mientras otras secciones se someten a pruebas o reparaciones. Las tareas simplificadas llevarán a un menor requerimiento de repuestos e incluso a una reducción en los niveles de habilidad del personal, capacitación y probablemente cantidad.

**Costo de adquisición y valor de la inversión**

A pesar de que la experiencia práctica en los buques de guerra es limitada, la mayoría de lo señalado anteriormente indica ciertos ahorros promisorios. En particular, el potencial para reducir los tiempos y costos de instalación y reinstalación, el mantenimiento y reparaciones más simples, el uso de tableros, cables, conectores y **TAU** comunes, y un empleo mucho más eficiente del ancho de banda disponible sugieren una reducción en el costo de adquisición y un mejor valor de la inversión.

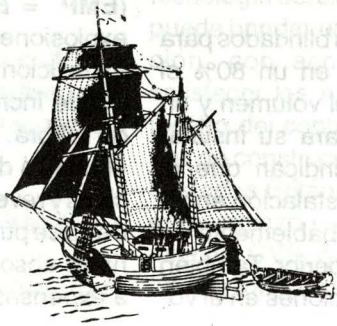
**Conclusión**

Las fibras ópticas son mucho más ventajosas que el alambre de cobre, y en vista de la actual situación financiera y de compras es probable que el menor costo de adquisición y el mayor valor de la inversión sean sumamente importantes. Incluso es probable que resulte difícil justificar el uso de otro elemento que no sea la fibra óptica en medio ambientes tan críticos.

Estas ventajas se ven favorecidas por el uso de la tecnología del circuito seccionado de contención cero. Esto implica un uso muy eficaz del ancho de banda en las **LAN** y la capacidad para mezclar voces, señales de control de datos y video en la misma **LAN** sin interferencia mutua. También provee una performance asegurada y predecible, con una gran elasticidad frente a averías y fallas en los equipos.

Por encima de todo, brinda una solución libre de contención con acceso garantizado y permite la revolucionaria aplicación de la tecnología de las fibras ópticas en el complejo medio ambiente de un moderno buque de guerra.

De *Revista de Publicaciones Navales*, Buenos Aires, 1993.



# 57 AÑOS BRINDANDO SEGURIDAD AL PERU 1937 - 1994



Asociada a CIGNA WORLDWIDE

**La Positiva**
**Seguros y Reaseguros S.A.**

**Lima:** Esq. Javier Prado y Francisco Masías 370 San Isidro. Telf.: 426250
**Oficinas en:** Arequipa, Cusco, Tacna, Trujillo.