



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

X.606

(10/2001)

SERIE X: REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN
ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

Gestión de redes de interconexión de sistemas abiertos y
aspectos de sistemas – Gestión de redes

**Tecnología de la información – Protocolo
perfeccionado de transporte de
comunicaciones: Especificación del transporte
multidifusión símplex**

Recomendación UIT-T X.606

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE X
REDES DE DATOS Y COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS ABIERTOS

REDES PÚBLICAS DE DATOS	
Servicios y facilidades	X.1–X.19
Interfases	X.20–X.49
Transmisión, señalización y conmutación	X.50–X.89
Aspectos de redes	X.90–X.149
Mantenimiento	X.150–X.179
Disposiciones administrativas	X.180–X.199
INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	
Modelo y notación	X.200–X.209
Definiciones de los servicios	X.210–X.219
Especificaciones de los protocolos en modo conexión	X.220–X.229
Especificaciones de los protocolos en modo sin conexión	X.230–X.239
Formularios para declaraciones de conformidad de implementación de protocolo	X.240–X.259
Identificación de protocolos	X.260–X.269
Protocolos de seguridad	X.270–X.279
Objetos gestionados de capa	X.280–X.289
Pruebas de conformidad	X.290–X.299
INTERFUNCIONAMIENTO ENTRE REDES	
Generalidades	X.300–X.349
Sistemas de transmisión de datos por satélite	X.350–X.369
Redes basadas en el protocolo Internet	X.370–X.399
SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE MENSAJES	X.400–X.499
DIRECTORIO	X.500–X.599
GESTIÓN DE REDES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS Y ASPECTOS DE SISTEMAS	
Gestión de redes	X.600–X.629
Eficacia	X.630–X.639
Calidad de servicio	X.640–X.649
Denominación, direccionamiento y registro	X.650–X.679
Notación de sintaxis abstracta uno	X.680–X.699
GESTIÓN DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	
Marco y arquitectura de la gestión de sistemas	X.700–X.709
Servicio y protocolo de comunicación de gestión	X.710–X.719
Estructura de la información de gestión	X.720–X.729
Funciones de gestión y funciones de arquitectura de gestión distribuida abierta	X.730–X.799
SEGURIDAD	X.800–X.849
APLICACIONES DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS	
Compromiso, concurrencia y recuperación	X.850–X.859
Procesamiento de transacciones	X.860–X.879
Operaciones a distancia	X.880–X.899
PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO ABIERTO	X.900–X.999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Tecnología de la información – Protocolo perfeccionado de transporte de comunicaciones: Especificación del transporte multidifusión símplex

Resumen

El protocolo perfeccionado de transporte de comunicaciones (ECTP) es un protocolo de transporte diseñado para aplicaciones multidifusión en Internet soportadas sobre redes con capacidad de multidifusión. ECTP funciona sobre redes IPv4/IPv6 con capacidad de transmisión IP multidifusión mediante protocolos de enrutamiento multidifusión IGMP e IP. Posiblemente ECTP podría implementarse sobre UDP. ECTP soporta conexiones multidifusión sujetas a un control estricto.

Esta Recomendación | Norma Internacional define el protocolo que proporciona el control de la fiabilidad para multidifusión símplex, adoptando un enfoque basado en una estructura arborescente. Otras Recomendaciones | Normas Internacionales de la familia ECTP definirán las funciones de gestión de la calidad de servicio (QoS) para el modo símplex, así como el control de fiabilidad y las correspondientes funciones de gestión de QoS para los modos dúplex y N-plex.

El emisor es el elemento central de las comunicaciones de grupo multidifusión. En una conexión multidifusión símplex un único emisor ostenta el rol de propietario de la misma. El propietario de la conexión es responsable de la gestión global de ésta, dirigiendo las operaciones de creación y terminación de la conexión, la pausa y el reinicio de la misma, así como las operaciones de incorporación y separación.

Para realizar un control de fiabilidad basado en árbol, durante la creación de la conexión se configura un árbol jerárquico. El emisor constituye la raíz del árbol de control. El árbol de control puede definir una relación padre-hijo entre cualquier pareja de nodos del árbol. En esta estructura arborescente pueden existir propietarios locales a niveles inferiores de la jerarquía del árbol conforme se amplía la estructura de control. Cada propietario local que se crea se convierte en la raíz de su propio árbol de control local. El propietario de la conexión será la raíz del árbol de control completo. El control de errores se realiza para cada grupo local definido por un árbol de control. Cada padre retransmite los datos perdidos en respuesta a peticiones de retransmisión de sus hijos.

Orígenes

La Recomendación UIT-T X.606, preparada por la Comisión de Estudio 7 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada el 29 de octubre de 2001. Se publica también un texto idéntico como Norma Internacional ISO/CEI 14476-1.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2002

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Campo de aplicación..... 1
2	Referencias normativas..... 1
3	Definiciones..... 1
3.1	Términos definidos en la Rec. UIT-T X.601..... 1
3.2	Términos definidos en la Rec. UIT-T X.605 ISO/CEI 13252..... 1
3.3	Términos definidos en esta Recomendación Norma Internacional..... 2
4	Abreviaturas..... 2
4.1	Tipos de paquetes..... 2
4.2	Misceláneo..... 3
5	Convenios..... 3
6	Visión general..... 3
7	Componentes del protocolo..... 6
7.1	Nodos..... 6
7.2	Árbol de control..... 7
7.3	Direccionamiento..... 8
7.4	Paquetes..... 9
8	Procedimientos del protocolo..... 9
8.1	Operaciones previas a la creación de la conexión..... 9
8.2	Creación de la conexión..... 10
8.3	Transmisión de datos..... 14
8.4	Recuperación de errores..... 15
8.5	Pausa y reinicio de la conexión..... 17
8.6	Incorporación tardía..... 17
8.7	Separación..... 18
8.8	Mantenimiento de los miembros del árbol..... 19
8.9	Terminación de la conexión..... 19
9	Formatos de paquetes..... 20
9.1	Cabecera fija..... 20
9.2	Elementos de extensión..... 21
9.3	Estructura del paquete..... 25
10	Temporizadores y variables..... 28
10.1	Temporizadores..... 28
10.2	Variables operacionales..... 28
	Anexo A – Consideraciones sobre la red..... 30
	Anexo B – Mecanismos de configuración de árbol considerados por el Grupo de Trabajo RMT del IETF..... 31
	Bibliografía..... 32

Introducción

Esta Recomendación | Norma Internacional especifica el protocolo perfeccionado de transporte de comunicaciones (ECTP, *enhanced communications transport protocol*), que es un protocolo de transporte diseñado para soportar aplicaciones multidifusión en Internet que se ejecutan sobre redes con capacidad de multidifusión. ECTP funciona sobre redes IPv4/IPv6 con capacidad de transmisión IP multidifusión mediante protocolos de enrutamiento multidifusión IGMP e IP, tal como se muestra en la figura 1. Posiblemente ECTP se podría implementar sobre UDP.

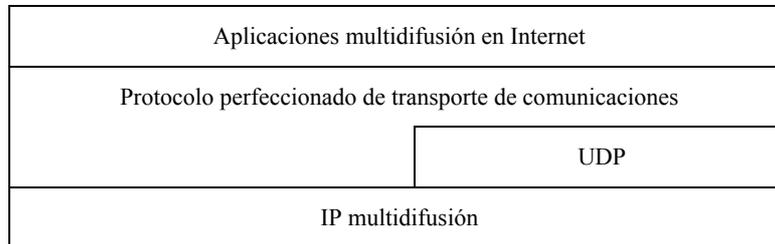


Figura 1 – Modelo ECTP

ECTP está diseñado para soportar conexiones multidifusión sujetas a un control estricto en aplicaciones simplex, dúplex y N-plex. Esta parte del ECTP especifica los mecanismos del protocolo relativos al control de la fiabilidad para el caso simplex. ECTP también proporciona funciones de gestión de QoS para una gestión estable de la QoS de los usuarios de la conexión. Esta funcionalidad de gestión de la QoS puede conseguirse mediante las operaciones de negociación, supervisión y mantenimiento de la QoS. Los procedimientos del protocolo para la gestión de la QoS en el caso simplex se definirán en la especificación de la gestión de QoS simplex (Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2), que será parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional. Posteriormente se especificarán los procedimientos de control y las funciones de gestión de QoS asociadas al caso dúplex (Rec. UIT-T X.607 | ISO/CEI 14476-3 y UIT-T X.607.1 | ISO/CEI 14476-4) y al caso N-plex (Rec. UIT-T X.608 | ISO/CEI 14476-5 y UIT-T X.608.1 | ISO/CEI 14476-6).

En el ECTP todos los posibles miembros se enrolan en el grupo multidifusión antes de que se haya creado la conexión o la sesión. Dichos miembros forman un grupo enrolado. Cada receptor de un grupo enrolado se denomina receptor enrolado. En el proceso de enrolamiento se autentica cada miembro. La información de grupo, incluyendo la clave de grupo, las direcciones IP multidifusión y los números de puerto se distribuyen a los miembros enrolados durante el proceso de enrolamiento. Para dichos miembros de grupo enrolado se crea una conexión ECTP.

ECTP tiene por objetivo servicios multidifusión que están sujetos a un control estricto. El emisor es el elemento central de las comunicaciones de grupo multidifusión. Solamente un emisor de la conexión multidifusión simplex ostenta el rol de propietario de la misma, que en esta Especificación se denomina propietario superior (TO, *top owner*). El propietario de la conexión es responsable de la gestión global de la misma, dirigiendo las operaciones de creación y terminación de la conexión, la pausa y el reinicio de la misma, así como las operaciones de incorporación y separación.

El emisor inicia el proceso de creación de la conexión. Algunos o todos los receptores enrolados participan en la conexión, denominándose "receptores activos". Cualquier receptor enrolado que no esté activo puede participar en la conexión como un elemento que se incorpora tardíamente. Un receptor activo puede abandonar la conexión. Una vez que se crea una conexión, el emisor comienza a transmitir datos en multidifusión. Si las funciones de gestión de la QoS de ECTP (definidas en la parte 2 del ECTP) indican la existencia de problemas de red (como por ejemplo, congestión severa), el emisor suspende temporalmente la transmisión de datos multidifusión invocando la operación pausa de conexión. Transcurrido un tiempo predeterminado, el emisor reinicia la transmisión de datos. Si se han transmitido todos los datos multidifusión, el emisor termina la conexión.

ECTP proporciona mecanismos de control de la fiabilidad para el transporte de datos multidifusión. Los mecanismos del ECTP están diseñados de forma congruente con los propuestos por el IETF. Para aunar el control de la fiabilidad con la escalabilidad, el IETF ha propuesto tres enfoques: ACK (acuse de recibo) basado en árbol (TRACK, *tree based ACK*), corrección de errores sin canal de retorno (FEC, *forward error correction*), y multidifusión fiable con ACK negativo (NORM, *negative ACK oriented reliable multicast*). Cada enfoque tiene sus ventajas e inconvenientes, y cada proveedor de servicio podrá decidir un enfoque diferente para la implementación del control de fiabilidad. ECTP adopta el enfoque TRACK, pues es el más similar a los mecanismos TCP existentes y se adapta mejor al marco del ECTP.

Para el control de la fiabilidad basado en árbol, durante la creación de la conexión se configura un árbol jerárquico. El emisor constituye la raíz del árbol de control. El árbol de control puede definir una relación padre-hijo entre cualquier pareja de nodos del árbol. En esta estructura arborescente pueden existir propietarios locales (padres) a niveles inferiores de la jerarquía del árbol conforme se amplía la estructura de control. Cada propietario local que se crea se convierte en la raíz de su propio árbol de control local. El propietario de la conexión será la raíz del árbol de control completo. El control de errores se realiza para cada grupo local definido por un árbol de control. Cada padre retransmite los datos perdidos en respuesta a peticiones de retransmisión de sus hijos.

**NORMA INTERNACIONAL ISO/CEI 14476-1
RECOMENDACIÓN UIT-T X.606**

**Tecnología de la información – Protocolo perfeccionado de transporte de comunicaciones:
Especificación del transporte multidifusión símplex**

1 Campo de aplicación

Esta Recomendación | Norma Internacional especifica el protocolo perfeccionado de transporte de comunicaciones (ECTP, *enhanced communications transport protocol*), que es un protocolo de transporte diseñado para soportar aplicaciones multidifusión en Internet sobre redes IP con capacidad de multidifusión.

Esta Recomendación | Norma Internacional especifica el ECTP para una conexión de transporte multidifusión símplex que consta de un emisor y muchos receptores. Esta Recomendación | Norma Internacional especifica los procedimientos del protocolo para las siguientes operaciones:

- a) creación de conexión con creación de árbol;
- b) transmisión de datos multidifusión;
- c) control de fiabilidad basada en árbol con detección de errores, petición de retransmisión y retransmisión;
- d) incorporación tardía y separación;
- e) mantenimiento de los miembros del árbol; y
- f) terminación de la conexión.

2 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones y Normas Internacionales contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación | Norma Internacional. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y Normas son objeto de revisiones, por lo que se preconiza que los participantes en acuerdos basados en la presente Recomendación | Norma Internacional investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y las Normas citadas a continuación. Los miembros de la CEI y de la ISO mantienen registros de las Normas Internacionales actualmente vigentes. La Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT mantiene una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación UIT-T X.601 (2000), *Marco para comunicaciones entre múltiples pares*.
- Recomendación UIT-T X.605 (1998) | ISO/CEI 13252:1999, *Definición del servicio perfeccionado de transporte de comunicaciones*.

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en la Rec. UIT-T X.601

Esta Recomendación | Norma Internacional se basa en las definiciones de grupos multidifusión desarrollados en el marco para comunicaciones entre múltiples pares (Rec. UIT-T X.601).

- a) grupo enrolado; y
- b) grupo activo.

3.2 Términos definidos en la Rec. UIT-T X.605 | ISO/CEI 13252

Esta Recomendación | Norma Internacional se basa en los conceptos desarrollados en el servicio perfeccionado de transporte de comunicaciones (Rec. UIT-T X.605 | ISO/CEI 13252).

- a) conexión de transporte; y
- b) símplex.

3.3 Términos definidos en esta Recomendación | Norma Internacional

Para los fines de esta Recomendación | Norma Internacional, son de aplicación las definiciones siguientes:

3.3.1 aplicación: Esta Especificación representa una aplicación multidifusión en Internet. Corresponde a un usuario del servicio de transporte del modelo OSI. Intercambia primitivas del servicio de transporte con la correspondiente entidad del protocolo de transporte. En Internet, se comunica con la entidad del protocolo de transporte mediante una interfaz zócalo.

3.3.2 paquete: Representa una unidad de datos de transporte, que es equivalente a un segmento en TCP/IP y a una unidad de datos del protocolo de transporte (TPDU, *transport protocol data unit*) del modelo OSI. Una entidad de transporte se comunica con otra entidad de transporte transmitiendo paquetes. Una entidad del protocolo de transporte crea un paquete que se encapsula en un datagrama IP y se entrega a la entidad de destino a través de redes.

3.3.3 emisor: Representa una entidad del protocolo de transporte que envía datos multidifusión a los receptores.

3.3.4 receptor: Representa una entidad del protocolo de transporte que recibe datos multidifusión.

3.3.5 árbol: Árbol lógico jerárquico utilizado para facilitar un control de fiabilidad escalable. Un árbol define una relación padre-hijo entre una pareja de nodos del árbol. Emisor y receptores están organizados en el árbol. En la jerarquía del árbol, un nodo del árbol se denomina propietario superior (TO, *top owner*), propietario local (LO, *local owner*) o entidad hoja (LE, *leaf entity*). Un TO es un emisor ECTP sencillo. Los receptores pueden ser LO o LE.

3.3.6 propietario superior (TO, *top owner*): Emisor individual en una conexión multidifusión simplex ECTP. El TO es la raíz del árbol y gestiona el conjunto de operaciones del protocolo para la conexión.

3.3.7 propietario local (LO, *local owner*): Receptor que gestiona un grupo local. Un LO es responsable del conjunto de operaciones del protocolo para su grupo local definido por el árbol de control. Para poder realizar la recuperación de errores, retransmite los datos multidifusión que no han sido recibidos por sus hijos. Para realizar el control de flujo y de congestión agrega la información de control para todos sus hijos y envía la información agregada al TO. En términos de operaciones de control de la fiabilidad, un TO es también LO.

3.3.8 entidad hoja (LE, *leaf entity*): Receptor que no ha sido designado LO. Una LE no puede tener hijos. Se encuentra en un nodo hoja del árbol.

3.3.9 grupo local: Consta de un padre y sus hijos en la jerarquía del árbol.

3.3.10 padre: Nodo padre de un grupo local. Un TO o un LO pueden ser padres.

3.3.11 hijo: Nodo hijo de un grupo local. Un LO o una LE pueden ser hijos.

4 Abreviaturas

A los efectos de esta Recomendación | Norma Internacional se utilizan las siguientes siglas.

4.1 Tipos de paquetes

ACK	Acuse de recibo (<i>acknowledgment</i>)
CC	Confirmación de creación de conexión (<i>connection creation confirm</i>)
CR	Petición de creación de conexión (<i>connection creation request</i>)
CT	Terminación de conexión (<i>connection termination</i>)
DT	Datos
HB	Latido (<i>heartbeat</i>)
JC	Confirmación de incorporación tardía (<i>late join confirm</i>)

JR	Petición de incorporación tardía (<i>late join request</i>)
LR	Petición de separación (<i>leave request</i>)
ND	Datos nulos (<i>null data</i>)
RD	Datos de retransmisión (<i>retransmission data</i>)
TC	Confirmación de incorporación a árbol (<i>tree join confirm</i>)
TJ	Petición de incorporación a árbol (<i>tree join request</i>)

4.2 Misceláneo

ECTP	Protocolo perfeccionado de transporte de comunicaciones (<i>enhanced communications transport protocol</i>)
ECTS	Servicio de transporte de comunicaciones potenciadas (<i>enhanced communications transport service</i>)
IETF	Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (<i>Internet engineering task force</i>)
IGMP	Protocolo de gestión de grupo Internet (<i>Internet group management protocol</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RFC	Petición de comentarios (<i>request for comments</i>)
RMT	Transporte multidifusión seguro (<i>reliable multicast transport</i>)
SAP	Protocolo de anuncio de sesión (<i>session announcement protocol</i>)
SDP	Protocolo de descripción de sesión (<i>session description protocol</i>)
TCP	Protocolo de control de transmisión (<i>transmission control protocol</i>)
UDP	Protocolo de datagrama de usuario (<i>user datagram protocol</i>)

5 Convenios

En esta Recomendación | Norma Internacional, las palabras claves "DEBE", "REQUERIDO", "DEBERÁ", "NO DEBE", "NO DEBERÁ", "DEBERÍA", "NO DEBERÍA", "PUEDE" y "FACULTATIVO" deben interpretarse tal como se describe en IETF RFC 2119, e indican distintos niveles de los requisitos de cumplimiento de las implementaciones de ECTP. Dichas palabras claves constituyen un aspecto muy sensible.

6 Visión general

ECTP es un protocolo de transporte diseñado para soportar aplicaciones multidifusión en Internet. ECTP funciona sobre redes IPv4/IPv6 con capacidad de transmisión IP multidifusión.

En esta especificación se describe el protocolo ECTP para la conexión de transporte multidifusión simplex que consta de un emisor y muchos receptores. ECTP soporta las funciones de gestión de la conexión basadas en la Rec. UIT-T X.605 | ISO/CEI 13252. Dichas funciones de gestión de conexión incluyen la creación y terminación de conexiones, la pausa y el reinicio de la conexión, así como la incorporación tardía y la separación. Para la entrega segura de datos multidifusión, ECTP también proporciona los mecanismos del protocolo para el control de errores, de flujo y de congestión. Para permitir la escalabilidad a grandes grupos multidifusión se utilizan mecanismos de control de fiabilidad basados en árbol que son congruentes con los propuestos por el grupo de trabajo RMT del IETF (IETF RMT WG).

La figura 2 presenta una visión general de las operaciones que realiza el ECTP.

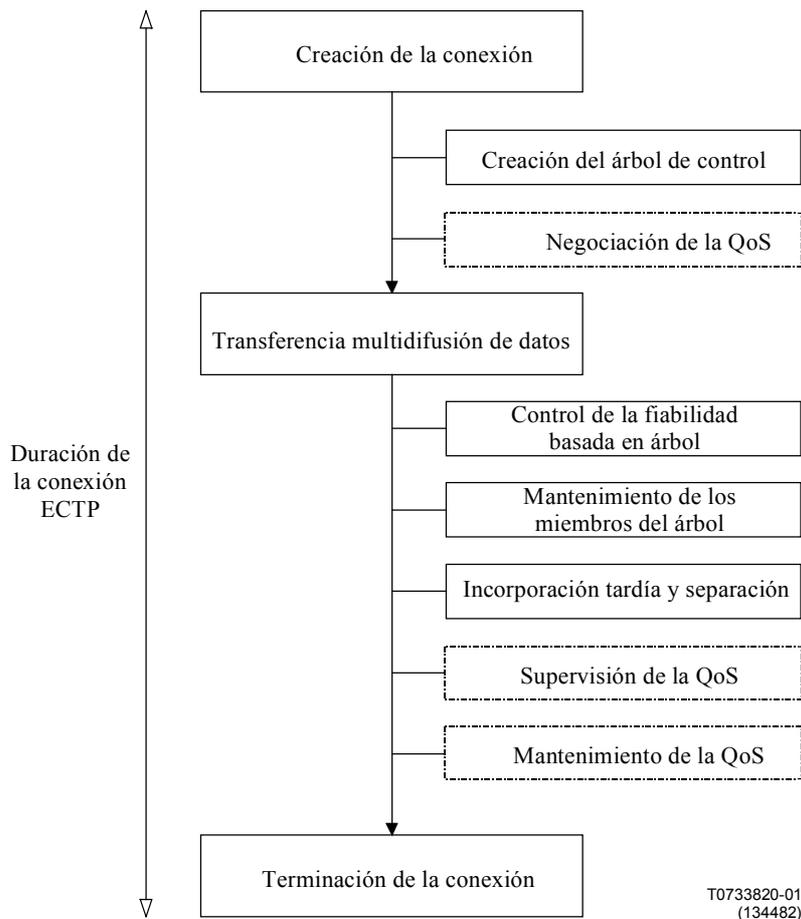


Figura 2 – Operaciones del protocolo ECTP

Tal como se representa en la figura, las operaciones de gestión de la QoS tales como la negociación, supervisión y mantenimiento de la QoS serán especificadas en la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2. En particular, el mantenimiento de la QoS incluye las operaciones de pausa y reinicio de la conexión, así como los controles de flujo y de congestión.

Antes de la creación de una conexión de transporte ECTP, los posibles receptores se deben enrolar en un grupo multidifusión. Dicho grupo se denomina grupo enrolado (véase 8.1). Durante el enrolamiento, pueden realizarse procesos de autenticación junto con la distribución de la clave del grupo. Se debe anunciar a los receptores cuales son las direcciones IP multidifusión y los números de puerto. Estas operaciones de enrolamiento pueden basarse en los bien conocidos protocolos SAP/SDP, HTTP (anuncio de páginas Web) y SMTP (correo electrónico). Los mecanismos específicos de enrolamiento quedan fuera del campo de aplicación de esta Especificación.

Todos los receptores enrolados se conectarán a la red con capacidad de multidifusión con la ayuda de los protocolos de enrutamiento multidifusión IGMP e IP. Dichos protocolos IGMP y de enrutamiento multidifusión harán referencia a las direcciones multidifusión anunciadas. Se crea una conexión de transporte ECTP para los receptores enrolados.

ECTP tiene por objeto soportar conexiones multidifusión sujetas a un control estricto. El emisor ECTP es el elemento central de las comunicaciones del grupo multidifusión. El emisor, designado propietario de la conexión (TO), es responsable de la gestión global de la misma, dirigiendo las operaciones de creación y terminación de la conexión, la pausa y el reinicio de la misma, así como las operaciones de incorporación tardía y de separación.

El emisor ECTP inicia el proceso de creación de conexión mediante el envío de un mensaje creación de conexión. Algunos o todos los receptores enrolados pueden responder al emisor con mensajes de confirmación. La creación de la conexión se completa cuando el emisor recibe mensajes de confirmación de todos los receptores activos, o cuando expira un temporizador predeterminado (véase 8.2).

Durante la creación de la conexión, algunos o todos los receptores de grupo enrolados se incorporarán a la conexión. Los receptores que se incorporan a la conexión se denominan receptores activos. Un receptor enrolado que no esté activo puede participar en la conexión mediante una incorporación tardía (véase 8.6). El interesado en la incorporación tardía envía una petición de incorporación al emisor. En respuesta a ello, el emisor transmite un mensaje de confirmación de incorporación, que informa si se acepta o no la petición de incorporación. Un receptor activo puede separarse de la conexión enviando al emisor una petición de separación. Un receptor que esté causando problemas por no poder mantener la velocidad de transmisión de datos utilizada, puede ser expulsado (véase 8.7).

Una vez creada una conexión, el emisor comienza la transmisión de datos multidifusión (véase 8.3). Para la transmisión de datos se segmenta el flujo de datos de la aplicación y se transmite de forma secuencial mediante paquetes de datos que se envían a los receptores. Los receptores entregarán los paquetes de datos recibidos a las aplicaciones en el mismo orden en el que fueron transmitidos por el emisor.

Para que el protocolo sea escalable a grupos multidifusión de gran tamaño, ECTP utiliza mecanismos de control de fiabilidad basados en árbol. Durante la creación de la conexión se configura un árbol jerárquico. Un árbol de control define una relación padre-hijo entre cualquier pareja de nodos del árbol. El emisor constituye la raíz del árbol de control. En la jerarquía del árbol se define un conjunto de grupos locales. Un grupo local consta de un padre y de cero o más hijos. Para cada grupo local definido por el árbol de control se realizan controles de errores, de flujo y de congestión.

La figura 3 ilustra una jerarquía de árbol de control para el control de la fiabilidad en la que se configura una relación padre-hijo entre un emisor (S) y un receptor (R), o entre un receptor padre (R) y su receptor hijo (R).

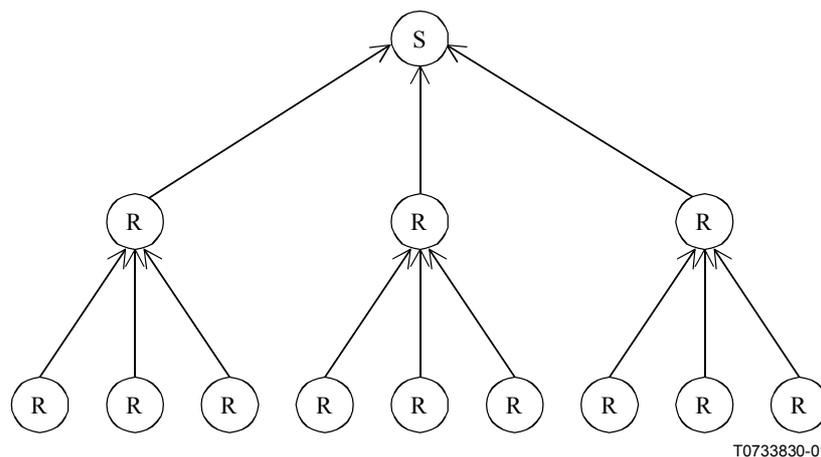


Figura 3 – Jerarquía de árbol de control para el control de la fiabilidad

ECTP especifica los procedimientos del protocolo para la creación de un árbol. En la creación del árbol, un árbol de control se expande progresivamente desde el emisor hacia los receptores (véase 8.2.2), en lo que se denomina configuración arriba-abajo. Por otro lado, el grupo de trabajo RMT del IETF ha propuesto un enfoque abajo-arriba, en el que los receptores inician la configuración del árbol (véase el anexo B). Ambos esquemas podrán incorporarse en el futuro al ECTP como posibles alternativas de creación de árboles.

Durante toda la conexión los miembros del árbol se mantienen en el mismo. Se permite la incorporación tardía de miembros al árbol de control. El interesado en la incorporación tardía escucha los mensajes latido procedentes de uno o más padres del árbol y se incorpora al que estiman que es el padre más conveniente. Cuando un hijo se separa de una conexión, el padre elimina a dicho hijo de su lista de hijos. Los fallos de nodo se detectan utilizando mensajes de control periódicos tales como datos nulos, latidos y acuses de recibo. El emisor transmite periódicamente mensajes de datos nulos para indicar que está vivo, aunque no tenga ningún dato que transmitir. Asimismo, cada padre transmite periódicamente a sus hijos mensajes latido. Por otro lado, cada hijo transmite periódicamente a su padre mensajes de acuse de recibo (véase 8.8).

En ECTP, el control de errores se realiza para cada grupo local definido en un árbol de control (véase 8.4). Si un hijo detecta pérdida de datos, envía una petición de retransmisión a su padre mediante paquetes ACK.

Un mensaje ACK contiene información que identifica los paquetes de datos que se han recibido correctamente. Cada hijo puede enviar un mensaje ACK a su padre utilizando una de las dos siguientes reglas de generación de ACK: número de ACK y temporizador de ACK. Si el tráfico de datos es elevado, se genera un mensaje ACK cada vez que se haya enviado un número ACK de paquetes de datos. Por el contrario, si el tráfico es reducido, se transmite un mensaje ACK cuando expire el temporizador de ACK.

Después de la retransmisión de datos, el padre activa un temporizador de guarda de retransmisión. Durante dicho intervalo de tiempo, se ignora cualquier petición o peticiones de retransmisión de dichos datos. Cada padre puede suprimir los datos acumulados en su memoria intermedia cuando todos sus hijos hayan acusado recibo de los mismos.

La información de control de flujo y congestión se envía desde los receptores al emisor a través del árbol de control. La descripción detallada del control de flujo y congestión se incluirá en la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2, especificación de la gestión de la QoS para el transporte multidifusión simplex. El emisor ajustará la velocidad de transmisión en función de la información supervisada de control de flujo y de congestión.

Si las funciones de gestión de la QoS especificadas en la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2, indican que existen problemas de red (por ejemplo, congestión grave), el emisor suspende temporalmente la transmisión de datos multidifusión. Durante este tiempo, no se envían nuevos datos, limitándose el emisor a transmitir periódicamente mensajes de datos nulos para informar de que está vivo. Transcurrido un tiempo predeterminado, el emisor vuelve a transmitir datos multidifusión (véase 8.5).

El emisor da por terminada la conexión enviando un mensaje de terminación a todos los receptores una vez que transmitidos todos los datos multidifusión. La conexión puede asimismo terminar debido a un error fatal de protocolo, como por ejemplo, fallo de conexión (véase 8.9).

7 Componentes del protocolo

7.1 Nodos

Los mecanismos del protocolo ECTP están basados en un árbol de control lógico, que define una relación padre-hijo entre cualquier pareja de nodos del árbol. Cada nodo del árbol se clasifica como perteneciente a uno de los tres posibles tipos de nodos, a saber, propietario superior (TO, *top owner*), propietario local (LO, *local owner*) y entidad hoja (LE, *leaf entity*).

a) Propietario superior (TO)

El TO es la raíz del árbol de control y un emisor individual en la conexión multidifusión simplex. El TO gestiona las funciones de gestión de la conexión completa, incluyendo la creación y terminación de la misma. En la fase de creación de la conexión, un árbol de control se configura mediante interacciones entre el emisor y los receptores. Una vez creada la conexión, el TO envía datos multidifusión a los receptores. El TO puede suspender temporalmente la conexión y volver a iniciarla. El TO puede admitir o rechazar a los miembros del grupo que deseen incorporarse a una conexión existente. Después de haberse transmitido todos los datos, el TO termina la conexión de transporte multidifusión.

b) Propietario local (LO)

Durante la conexión ECTP, algunos de los receptores pueden designarse LO. Cada LO tiene sus hijos que constan de otros LO y/u otras LE. Por tanto, los LO son nodos interiores del árbol. Cada LO retransmite los datos multidifusión que no han sido recibidos por sus hijos. Asimismo, agrega la información de control de flujo y congestión procedente de sus hijos y transmite la información agregada al TO. El TO es también un LO en términos de operaciones de control de la fiabilidad.

c) Entidad hoja (LE)

Es un receptor que no ha sido designado TO. Una LE no puede tener ningún hijo. Por lo tanto, pasa a ser un nodo hoja del árbol de control.

Un TO es un emisor individual. Los LO y las LE son receptores. En la jerarquía del árbol, un grupo local consta de un padre y de sus hijos. Un TO o un LO pueden ser padres, mientras que un LO o una LE pueden ser hijos.

En la jerarquía de árbol, un LO retransmite a sus hijos datos multidifusión perdidos (función de recuperación de errores) y transmite la información de control de flujo y de congestión al TO. Además, cada LO tiene autoridad para expulsar a un hijo que cause problemas al objeto de mantener la estabilidad de la conexión. Por lo tanto, es previsible que los LO reciban más potencia de proceso y más responsabilidad que las LE.

En el ECTP se asume que algunos receptores han sido designados LO antes de que se haya creado la conexión. En esta Especificación se considera que durante la conexión no se realiza una selección de los LO entre los receptores. Es decir, antes de crear la conexión (o en la fase de enrolamiento), cada receptor DEBE saber si es un LO o una LE. En un grupo muy reducido o en redes asíncronas, tales como redes por satélite o redes móviles, es posible que no se designe ningún LO. En tal caso, todos los receptores serán LE.

Un LO puede ser un anfitrión terminal o un servidor dedicado. En redes controladas de forma privada es probable que los servidores dedicados funcionen como LO. En redes públicas los anfitriones terminales puede utilizarse como LO. En cualquiera de los casos, un LO es un receptor y realiza las funciones de control de fiabilidad para su grupo local actuando como padre.

7.2 Árbol de control

Una vez creada una conexión, el TO transmite datos a todos los receptores en multidifusión. Cada hijo envía a su padre información de estado de recepción de datos. Por tanto, la información llega al TO a través del árbol de control. Los flujos de datos multidifusión circulan desde el TO a los LO y las LE en sentido descendente, mientras que la información de control se transfiere en sentido ascendente por el árbol de control desde las LE al TO a través de los LO.

En la figura 4 se muestra la estructura general de un árbol de control ECTP.

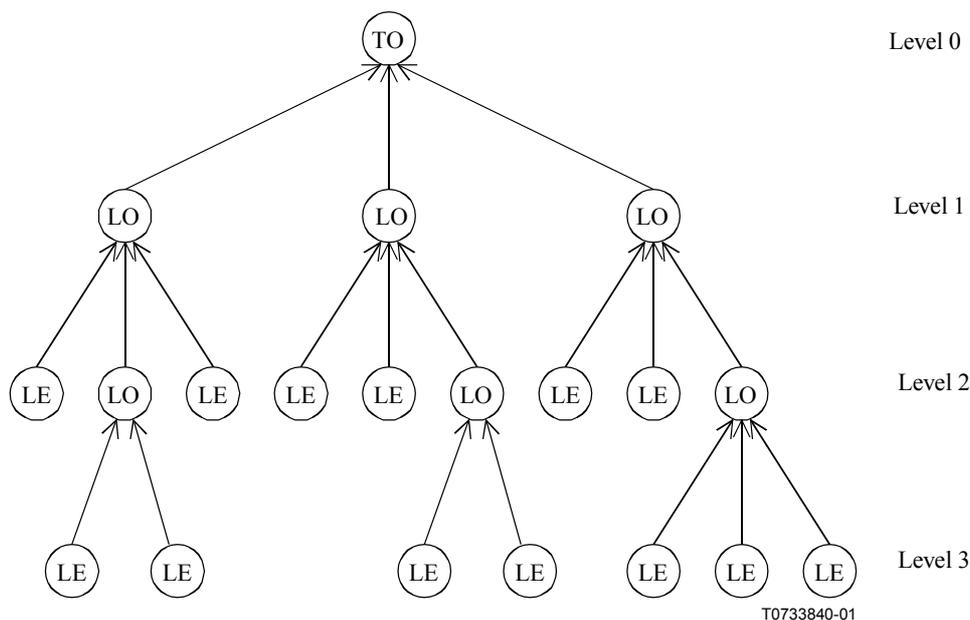


Figura 4 – Árbol de control ECTP

Un árbol de control define una relación padre-hijo entre cualquier pareja de nodos. El árbol de control proporciona a cada nodo del árbol la información siguiente:

- ¿cuál es mi nodo padre? (para los LO y las LE);
- ¿cuáles son mis nodos hijos? (para el TO y los LO).

Sobre la base de dicha información, un nodo del árbol mantiene su lista de padres y/o de hijos. Cada elemento de la lista se identifica mediante su dirección de transporte y todos los elementos se disponen en el orden que establece una regla predeterminada, como por ejemplo la dirección IP, la distancia del salto, etc. La lista de padres puede tener uno o más elementos, alguno de los cuales puede utilizarse como nodo padre de reserva en prevención de fallos del nodo padre actual.

ECTP proporciona tres alternativas para la configuración del árbol (véase 8.2.2). Ulteriormente podrán definirse otras opciones de acuerdo con los requisitos de las aplicaciones multidifusión (véase el anexo B).

7.3 Direccionamiento

7.3.1 Puerto

ECTP utiliza un conjunto de puertos para identificar las distintas aplicaciones en un anfitrión terminal IP. El número de puerto se inserta en la cabecera de cada paquete. En general, un anfitrión IP soporta un determinado número de puertos, siendo cada número de puerto exclusivo en dicho anfitrión. La vinculación entre puertos y procesos se gestiona de forma independiente en cada anfitrión.

En una conexión de transporte multidifusión se utilizan al menos dos puertos. Si las implementaciones utilizan la interfaz zócalo, ésta estará vinculada con al menos dos puertos. Uno de ellos será un puerto utilizado para la transmisión y recepción de datos multidifusión que DEBE ser anunciado a los miembros del grupo antes de crear la conexión. El otro es un puerto asignado localmente dentro de un sistema, al que se hará referencia como puerto destino para la transmisión de mensajes de control unidifusión.

Cuando se libera una conexión de transporte, es necesario evitar que el puerto actual sea reutilizado por otra nueva conexión, pues los paquetes asociados al puerto actual pueden aún estar presentes en la red y llegar al puerto incluso cuando la conexión ha terminado. Por lo tanto, se recomienda que cuando se libere la conexión el puerto se mantenga en un estado congelado. El puerto que permanece en dicho estado NO DEBE ser reutilizado por ninguna otra conexión durante un tiempo específico.

7.3.2 Direcciones de transporte

Una dirección de transporte se define como una pareja compuesta por una dirección IP y un número de puerto. La dirección de transporte multidifusión constan de una dirección IP multidifusión y un número de puerto. El TO transmite datos multidifusión fijando la dirección de transporte multidifusión como dirección de transporte de destino. Cada receptor recibe los datos multidifusión procedentes del TO en la dirección de transporte multidifusión. Dicha dirección de transporte multidifusión para transmisión de datos DEBE ser anunciada a todos los miembros del grupo en la fase de enrolamiento.

Una dirección de transporte unidifusión se identifica como una pareja compuesta por una dirección IP unidifusión y un número de puerto local. Cuando el TO transmite datos multidifusión, fija la dirección de transporte origen en el valor de su dirección de transporte unidifusión. La dirección de transporte unidifusión también se utiliza cuando un nodo transmite a otro nodo un mensaje de control unidifusión.

7.3.3 Datos multidifusión y direcciones de control

En ECTP, el TO transmite datos a todos los receptores en multidifusión y los LO retransmiten datos y mensajes de control a su grupo local también en multidifusión.

En función del despliegue multidifusión que exista en la red, el TO y los LO pueden compartir una única dirección IP multidifusión o utilizar distintas direcciones IP multidifusión. Por ejemplo, el protocolo de enrutamiento multidifusión de origen específico (SSM, *source specific multicast*) define un canal multidifusión mediante una pareja compuesta por una dirección multidifusión IP y la dirección unidifusión del origen. En el SSM, el canal de multidifusión es exclusivo del transmisor (para más información véase el anexo A).

En las redes en las que el TO y los LO utilizan distintas direcciones multidifusión o canales, todas las direcciones multidifusión utilizadas DEBEN ser anunciadas a todos los miembros del grupo antes de que se cree la conexión. En ese caso, el TO utiliza una de ellas para la transmisión multidifusión de datos, siendo las restantes utilizadas por los LO para el control multidifusión, como por ejemplo, la retransmisión multidifusión de datos y la transmisión multidifusión de mensajes de control.

7.4 Paquetes

Los paquetes ECTP se clasifican en paquetes de datos y de control. Los paquetes de datos pueden ser datos (DT, *data*) y datos de retransmisión (RD, *retransmission data*). Todos los demás paquetes se utilizan con fines de control. En el cuadro 1 se resumen los paquetes que se utilizan en ECTP. En dicho cuadro, el tipo de transporte 'multidifusión' representa la multidifusión global que utiliza una dirección multidifusión de datos, mientras que la 'multidifusión local' realiza la multidifusión local mediante una dirección multidifusión de control. Los paquetes de control RD y HB se transmiten desde un LO a su grupo local (es decir, a sus hijos) mediante multidifusión local.

Cuadro 1 – Paquetes ECTP

Paquete	Acrónimo	Tipo de transporte	Desde	Hasta
Petición de creación (<i>creation request</i>)	CR	Multidifusión	Transmisor	Receptores
Conformación de creación (<i>creation confirm</i>)	CC	Unidifusión	Hijo	Padre
Petición de incorporación a árbol (<i>tree join request</i>)	TJ	Unidifusión	Hijo	Padre
Confirmación de incorporación a árbol (<i>tree join confirm</i>)	TC	Unidifusión	Padre	Hijo
Datos	DT	Multidifusión	Transmisor	Receptores
Datos nulos (<i>null data</i>)	ND	Multidifusión	Transmisor	Receptores
Datos de retransmisión (<i>retransmission data</i>)	RD	Multidifusión (Local)	Padre	Hijos
Acuse de recibo (<i>acknowledgement</i>)	ACK	Unidifusión	Hijo	Padre
Latido (<i>heartbeat</i>)	HB	Multidifusión (Local)	Padre	Hijos
Petición de incorporación tardía (<i>late join request</i>)	JR	Unidifusión	Receptor	Transmisor
Confirmación de incorporación tardía (<i>late join confirm</i>)	JC	Unidifusión	Transmisor	Receptor
Petición de separación (<i>leave request</i>)	LR	Unidifusión	Padre/Hijo	Hijo/Padre
Terminación de conexión (<i>connection termination</i>)	CT	Multidifusión	Transmisor	Receptores
NOTA 1 – El transmisor es el TO, y los receptores son los LO y las LE. NOTA 2 – El padre es TO o un LO, y el hijo es un LO o una LE. NOTA 3 – Para más información sobre la estructura de paquetes véase el cuadro 3 en 9.3.				

8 Procedimientos del protocolo

8.1 Operaciones previas a la creación de la conexión

Antes de crear la conexión ECTP, cada posible miembro de grupo debe haberse enrolado en el grupo multidifusión. Dicho miembro se denomina miembro de grupo enrolado (véase la Rec. UIT-T X.601). Alguno o todos los usuarios de grupo enrolados participarán en la conexión ECTP.

Antes de que un miembro de grupo enrolado se incorpore a una conexión multidifusión, DEBE haber sido añadido a la interfaz de red con la ayuda de los protocolos de enrutamiento multidifusión IGMP e IP. Ello asegura que el miembro enrolado puede detectar los datos multidifusión y los paquetes de control procedentes del TO y los LO.

Un usuario enrolado obtiene información en la sesión multidifusión, incluidas direcciones IP y números de puertos, a través de SDP/SAP, HTTP (página web) o correo electrónico. Los mecanismos detallados de enrolamiento quedan fuera del campo de aplicación de la especificación de ECTP.

Para asegurar que un usuario enrolado participa en la conexión ECTP, DEBEN anunciarse al grupo enrolado las direcciones de transporte siguientes junto con información específica de la sesión:

- 1) Dirección de transporte de grupo multidifusión (datos): una dirección IP multidifusión y un número de puerto:
La combinación de dirección IP multidifusión y de número de puerto DEBE ser exclusiva de cada conexión ECTP, y será utilizada por el TO para transmitir los datos multidifusión a los receptores.
- 2) Dirección de transporte unidifusión del TO: una dirección IP unidifusión y un número de puerto:
La dirección IP y el número de puerto se corresponden con la dirección IP origen y el número de puerto de los paquetes de datos multidifusión, respectivamente. También se hace referencia a ellos como a la dirección IP destino y al número de puerto para los paquetes de control enviados desde los receptores al TO.
- 3) Dirección de transporte unidifusión del LO: una dirección IP unidifusión y un número de puerto:
Esta dirección de transporte unidifusión se corresponde con la dirección IP origen y el número de puerto de los paquetes de control multidifusión, tales como TJ y ACK. También se hace referencia a ella como a la dirección de destino y al número de puerto para los paquetes de control enviados desde los hijos al LO.
- 4) Dirección de transporte de control multidifusión de un LO: una dirección IP multidifusión y un número de puerto:
Si el TO y los LO utilizan direcciones multidifusión distintas, cada LO anuncia su dirección multidifusión y números de puertos. El LO utilizará la dirección IP y el número de puerto para transmitir los paquetes de control multidifusión, tales como los paquetes HB y RD dirigidos a los hijos.

La utilización de direcciones multidifusión implica que cada miembro enrolado DEBE haber sido añadido a la red, mediante los protocolos multidifusión IGMP e IP, antes de haber creado la conexión. El miembro detecta los mensajes de control multidifusión y de control de datos del TO y de los LO.

8.2 Creación de la conexión

8.2.1 Procedimientos de creación de la conexión

El TO inicia la creación de la conexión enviado un paquete CR a los receptores enrolados. Algunos o todos los receptores enrolados responderán con sus respectivos paquetes CC. El TO completa la creación de la conexión agregando dichos paquetes CC. Los receptores que han participado en la conexión se denominan 'receptores activos'.

Si se utilizan uno o más LO para la creación del árbol, cada LE envía su paquete CC a su LO padre. El LO padre agrega los paquetes CC procedentes de sus hijos y envía un paquete CC agregado a su padre.

A continuación se resumen los procedimientos de creación de conexión:

- 1) El TO transmite en multidifusión un paquete CR a todos los receptores.
El TO arranca entonces el temporizador *tiempo de creación de la conexión* (CCT, *connection creation timer*).
- 2) Cuando un receptor recibe el paquete CR, comienza la configuración del árbol de control (véase 8.2.2).
- 3) Después de que cada receptor se incorpora al árbol, envía un paquete CC a su padre en unidifusión y queda a la espera de datos multidifusión procedentes del TO. Cada padre LO del árbol agrega los paquetes CC procedentes de todos sus hijos y envía un CC agregado a su padre.
- 4) El TO sigue agregando paquetes CC procedentes de sus hijos mientras el temporizador CCT mantenga un valor válido. Si CCT expira, el TO completa la creación de conexión para receptores que hasta ese momento hayan estado enviando paquetes CC.

La figura 5 muestra los procedimientos genéricos para la creación de conexión.

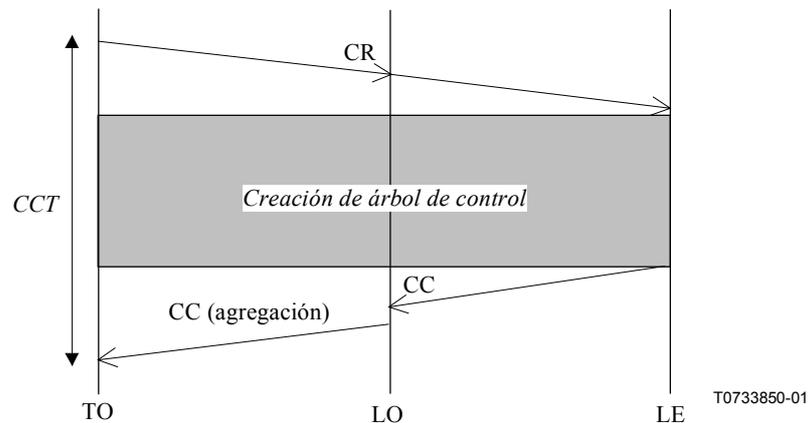


Figura 5 – Procedimientos de creación de conexión

Los procedimientos detallados de creación de árbol de la figura se describen en 8.2.2.

Una vez finalizada la creación de la conexión, el TO transmite datos multidifusión. Los receptores que no han participado en la conexión pueden incorporarse a la misma mediante una incorporación tardía (véase 8.6).

Todos los miembros del grupo, emisor y receptores, activan los temporizadores de *tiempo de inactividad* (*IAT*, *inactivity time*), cuando se indica creación de conexión. El temporizador *IAT* se utiliza para proteger contra operaciones anómalas del protocolo. El temporizador *IAT* se reinicializa cada vez que llega un nuevo paquete. Si el temporizador *IAT* expira sin que se haya recibido paquete alguno, el correspondiente nodo determina que la conexión ha fallado.

8.2.2 Creación del árbol de control

Durante la creación de la conexión, el ECTP configura un árbol de control jerárquico que conecta el TO y las LE a través de cero o más LO. ECTP permite tres opciones para la creación del árbol:

- a) Opción 1: configuración de nivel 1, en la que no se utiliza ningún LO;
- b) Opción 2: configuración de nivel 2, en la que todos los LO están conectados al TO;
- c) Opción 3: configuración general, en la que pueden configurarse más de dos niveles del árbol.

En el elemento de información de la conexión DEBE especificarse una de estas tres opciones (véase 9.2.1). En función de la infraestructura de red, podrán ulteriormente definirse otras opciones para la creación del árbol, incluyendo los esquemas propuestos por el grupo de trabajo RMT del IETF. En el anexo B se incluyen esquemas simplificados de dichas opciones.

El algoritmo de creación del árbol construye automáticamente un árbol de control. Para asegurar que la 'configuración del árbol no tiene bucles', se utiliza un enfoque 'de arriba a abajo' con un procedimiento paso a paso. A partir del TO, el árbol se expande paso a paso de forma gradual incluyendo LO y LE que no pertenecen al árbol.

Para un funcionamiento estable y para el mantenimiento de los mecanismos del protocolo ECTP, se recomienda utilizar las opciones 1 y 2 en el proceso de creación árbol. Las figuras 6 y 7 ilustran el árbol de control en el caso de las opciones 1 y 2 respectivamente.

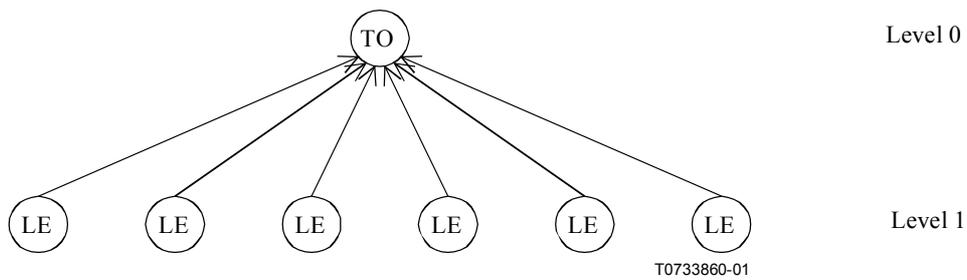


Figura 6 – Árbol de un nivel de la opción 1

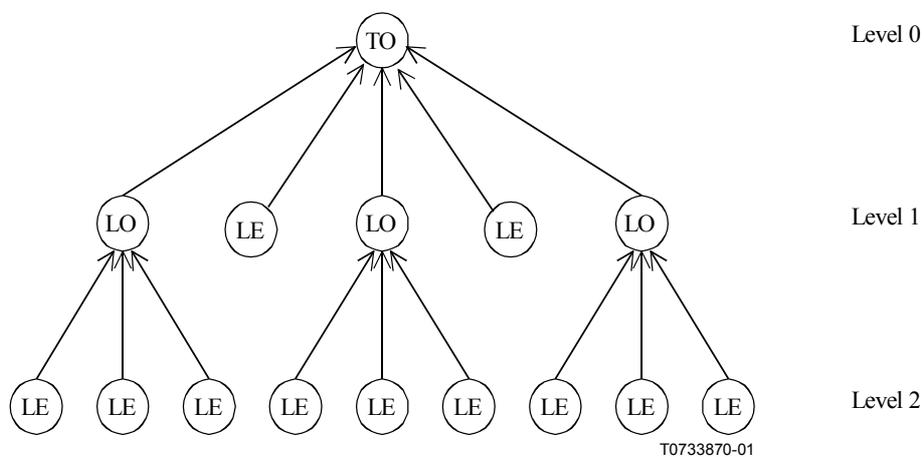


Figura 7 – Árbol de dos niveles de la opción 2

Cada nodo receptor inicia la creación del árbol tan pronto como se recibe un paquete CR. Esta Especificación proporciona los procedimientos de creación de árbol de la opción 2; los procedimientos para las opciones 1 y 3 se describirán ulteriormente .

En la opción 2 todos los LO están conectados con el TO, y cada LE puede incorporarse a un LO o al TO del árbol. En la figura 8 se muestran los procedimientos de creación de árbol de la opción 2.

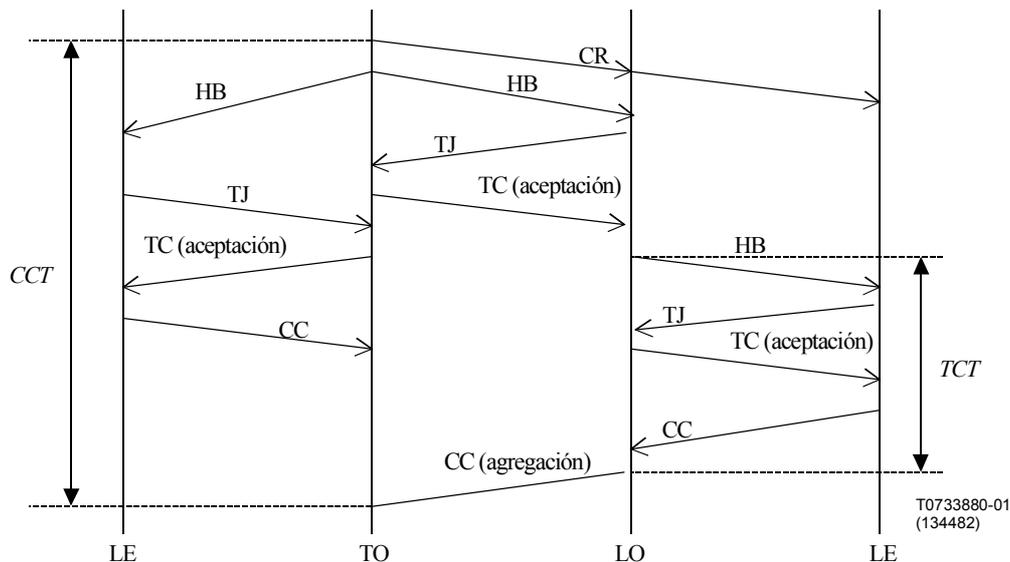


Figura 8 – Procedimientos de creación de árbol

A continuación se resumen los procedimientos de creación de árbol:

- 1) Inmediatamente después de enviar un paquete CR, el TO envía periódicamente paquetes HB sobre su dirección de control multidifusión.
- 2) Cada LO se une al TO enviando un paquete TJ, y activa el temporizador *tiempo de retransmisión* (*RXT*, *retransmission time*).
- 3) El TO responde a cada LO con un paquete TC. El paquete TC contiene un bit bandera que indica si se acepta la petición de incorporación.
- 4) Si un LO recibe el paquete TC con la bandera de aceptación antes de que venza *RXT*, pasa a formar parte del árbol.

En caso de rechazo, el LO no puede estar en el árbol. Sino llega un paquete TC antes de que venza *RXT*, el LO retransmite a TO un paquete TJ.
- 5) Cada LO incorporado al árbol comienza a enviar periódicamente paquetes HB sobre su dirección de control de multidifusión. El LO del árbol activa entonces el temporizador *tiempo de creación de árbol* (*TCT*, *tree creation time*), que es la mitad de *CCT*.

Cada LO del árbol utiliza una dirección de control multidifusión para invitar a sus hijos (véase 7.3.3). Cada receptor que deseara estar conectado al árbol de control DEBERÍA incorporarse a una o más direcciones de control multidifusión. De esta forma cada LO o LE puede detectar los paquetes HB procedentes de los padres candidatos.

Cada LE queda a la espera de paquetes HB procedentes del TO y de los LO del árbol. Los padres candidatos quedan registrados en su lista de padres. Cuando un LE contiene una o más entidades en su lista de padres, selecciona el padre candidato que considera más idóneo. La regla de selección específica depende de la implementación, y puede estar basada en la distancia de salto más corta, el último paquete HB recibido, la dirección IP más baja, etc. Para permitir la recuperación de padre en caso de fallo, es deseable que cada LE mantenga dos o más padres candidatos en su lista de padres.

La LE se incorpora entonces a un TO o a un LO del árbol de la forma siguiente:

- 6) La LE envía en unidifusión un paquete TJ al que considere mejor padre, activando entonces el temporizador *RXT*.
- 7) Cada LO del árbol responde con un paquete TC, que contiene el bit bandera. La decisión de aceptar o rechazar se toma en función del *número máximo de hijos* (*MCN*, *maximum children number*).

- 8) Si una LE recibe el paquete TC con la bandera de aceptación antes de que venza *RXT*, pasa a formar parte del árbol. La LE del árbol envía entonces a su padre un paquete CC en unidifusión. En caso de rechazo, la LE intenta incorporarse a un LO alternativo del árbol. Si no llega un paquete TC antes de que venza *RXT*, la LE retransmite al LO del árbol un paquete TJ.
- 9) Si expira el temporizador *TCT*, el LO agrega los paquetes CC y transmite un CC agregado a su padre (es decir, al TO). Si expira el temporizador *CCT*, TO finaliza el proceso de creación de conexión y de creación de árbol.

En la opción 1, no se utiliza ningún LO en el árbol. De hecho, no se configura ningún árbol. Todos los receptores se convierten en hijos del TO. Esta opción puede utilizarse en conexiones multidifusión que no tengan problemas de escalabilidad.

En la opción 3, se configura un árbol general con más de dos niveles. Se puede crear una relación padre-hijo entre dos LO. Así, un LO puede ser hijo o padre de otro LO. En esta opción, el mecanismo de creación de árbol es el mismo que en la opción 2, excepto en los puntos siguientes:

- a) Cuando un LO está en el árbol, el LO del árbol aumenta en uno el *nivel actual del árbol* (*CTL*, *current tree level*). Nótese que el *CTL* de un hijo LO de TO es '1'. En el paso (5), para el *nivel máximo de árbol* (*MTL*, *maximum tree level*), un LO fija su *TCT* en " $CCT*(MTL-CTL)/MTL$ ";
- b) los pasos (6), (7), (8) y (9), que constituyen lo que se denomina 'proceso de ramificación', se realizan entre un LO padre y sus hijos. Un nuevo LO del árbol comenzará de nuevo el proceso de ramificación para identificar a sus hijos hasta que expire su temporizador *TCT*; y
- c) para asegurar que el árbol crece desde la raíz hasta sus múltiples niveles, cada padre puede reservar una parte del *número máximo de hijos* (*MCN*, *maximum children number*) para los LO hijos.

El paquete CC contiene información sobre el *número de receptores activos* (*ARN*, *active receivers number*). Cada LE fija su *ARN* en '1', mientras que un padre agrega los valores de *ARN* de su grupo local sumando el número de descendientes que posee. De esta forma, el TO puede conocer cuantos receptores están activos en la conexión.

8.3 Transmisión de datos

Una vez creada la conexión, el TO transmite datos en multidifusión a todos los receptores. El TO genera paquetes utilizando el procedimiento de segmentación. Para ello, el TO divide el flujo de datos multidifusión en varios paquetes DT. Cada paquete DT tiene su propio número de secuencia (véase 8.3.2). El TO fija el bit *F* de la cabecera a '1' (véase 9.1) para el último paquete DT del flujo de datos.

Cuando el TO no tiene datos que transmitir, transmite periódicamente paquetes ND. El *tiempo de datos nulos* (*NDT*, *null data time*) es el intervalo de tiempo que media entre las transmisiones multidifusión de paquetes ND desde el TO. El temporizador *NDT* se activa cuando se ha creado la conexión. Cada vez que se transmite un paquete DT o RD, se reinicializa dicho temporizador *NDT*. Si éste expira, el TO transmite un paquete ND.

Todos los paquetes de datos recibidos se entregan a la aplicación en el mismo orden en que han sido enviados por el TO. Cada receptor reensambla los paquetes recibidos. Los paquetes corruptos y perdidos se detectan mediante la verificación de suma (véase 8.3.1) y el número de secuencia (véase 8.3.2). Un paquete corrupto se considera una pérdida. Los paquetes DT perdidos se recuperan en la función de control de error (véase 8.4.2).

ECTP utiliza un control de flujo basado en un tamaño fijo de ventana, que coincide con el *tamaño del mapa de bits ACK* (*ABS*, *ACK bitmap size*). El *tamaño de ventana* representa el número de paquetes de datos que se encuentran en la memoria intermedia de emisión y de los que aún no se ha recibido acuse de recibo. El emisor puede transmitir como máximo los paquetes de datos correspondientes al *tamaño de ventana* a la velocidad de transmisión de datos configurada. En ECTP, la velocidad de transmisión de datos multidifusión se controla mediante los mecanismos de control el flujo de datos y de control de congestión basados en la velocidad de transmisión, que se especificarán en la parte 2 del ECTP, gestión de la QoS.

8.3.1 Verificación de suma

Esta función se utiliza para detectar la posible corrupción de un paquete de datos recibido. La verificación de suma se realiza sobre todo el paquete, incluyendo la cabecera, los elementos de extensión y/o la parte de datos (véase 9.1). La verificación de suma DEBE aplicarse a todos los tipos de paquetes. La entidad transmisora la calcula y almacena, siendo verificada por la entidad receptora.

Para calcular la verificación de suma de un paquete saliente, en primer lugar, el emisor pone a '0' el valor de verificación de suma. Se calcula entonces la suma complemento a uno de 16 bits del paquete. El complemento a uno de 16 bits de dicha suma se almacena en el campo verificación de suma de la cabecera fija.

Si la verificación de suma calculada es '0', se almacena como todos a uno, es decir, el valor 65535, que es su equivalente en aritmética complemento a uno. Nótese que si la verificación de suma transmitida es '0', ello indica que el emisor no ha calculado la verificación de suma.

Cuando se recibe un paquete, cada receptor calcula la suma complemento a uno de 16 bits del paquete. La verificación de suma calculada DEBE ser todos uno, pues el valor de verificación de suma refleja la verificación de suma almacenada por el emisor. En caso contrario, significa que se ha producido un error de verificación de suma. En este caso, el receptor descarta el paquete. Un paquete corrupto se considera una pérdida. Un paquete de datos perdido arranca una petición de retransmisión (véase 8.4.2).

8.3.2 Número de secuencia

El TO numera secuencialmente cada nuevo paquete DT. El número de secuencia se utiliza para que los receptores puedan detectar la pérdida de paquetes de datos y para que el TO y los LO gestionen las memorias intermedias de transmisión y retransmisión.

Cuando se transmiten el paquete CR, el TO elige un número de secuencia inicial (*ISN*, *initial sequence number*). El *ISN* se genera de forma aleatoria y es distinto de '0'. El número de secuencia '0' PUEDE ser utilizado para hacer referencia a una conexión inactiva.

El número de secuencia de paquete se incrementa con cada nuevo paquete DT. Se utiliza la aritmética módulo 2^{32} y el número de secuencia vuelve a '1' cuando se alcanza el valor " $2^{32}-1$ ".

8.4 Recuperación de errores

Los mecanismos de control de la fiabilidad consisten normalmente en operaciones de recuperación de errores y de control de flujo y de congestión. Los mecanismos de control de flujo y de congestión se diseñan para ajustar la velocidad de transmisión de datos sobre la base del estado supervisado de los receptores y las redes, siendo estos objetivos coherentes con los objetivos de diseño de la especificación de gestión de la QoS. Las operaciones de control de flujo y de congestión se especificarán en la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2, especificación de la gestión de la calidad de servicio, junto con las operaciones de mantenimiento y supervisión de la QoS.

Esta Especificación se centra en la recuperación de errores, que consiste en la detección de errores por parte de los receptores, las peticiones de retransmisión mediante paquetes ACK y las retransmisiones realizadas por los padres. En esta Especificación, no se considera el ajuste de la velocidad de transmisión (es decir, se supone que el emisor transmite los datos multidifusión a velocidad constante).

8.4.1 Detección de errores

El campo verificación de suma de la cabecera se utiliza para detectar la corrupción de paquetes, utilizando el campo número de secuencia para detectar la pérdida de un paquete. Cuando se recibe un paquete de datos, cada receptor examina la verificación de suma de la cabecera. Si el campo verificación de suma es no válido, el paquete se considera corrupto y se descarta. Una corrupción se trata como una pérdida. La pérdida puede detectarse porque se produce la interrupción de la numeración de secuencia de dos paquetes DT consecutivos. La información de pérdida se registra en el campo de bits ACK, que se anexa a los paquetes ACK subsiguientes.

8.4.2 Petición de retransmisión

Los paquetes ACK se utilizan en las peticiones de retransmisión. Cuando un receptor detecta que existe una discontinuidad en el campo número de secuencia de paquete recibido se pone a cero el bit del mapa de bit ACK correspondiente al paquete DT perdido. El mapa de bits ACK se incluye en el elemento de acuse de recibo que se adjunta al paquete ACK subsiguiente y se entrega al padre utilizando los mecanismos de generación de ACK.

Para un grupo local, un padre y sus hijos mantienen las variables siguientes para determinar el estado de los paquetes DT:

- a) *Número mínimo de secuencia (LSN, lowest sequence number)*: si el nodo es hijo, es el número de secuencia del paquete DT con la numeración más baja del que el hijo no ha acusado recibo. Si el nodo es un padre, es el número de secuencia de paquete DT más bajo del que sus hijos aún no han acusado recibo.
- b) *Número máximo de secuencia (HSN, highest sequence number)*: si el nodo es hijo, es el número de secuencia más alto de los paquetes DT recibidos. Si el nodo es un padre, es el número de secuencia de paquete DT más alto de entre los recibidos por cualquiera de sus hijos.

Para solicitar la retransmisión de datos perdidos, cada hijo construye un elemento de acuse de recibo que contiene el *LSN*, la *longitud válida del mapa de bits* y el *mapa de bits ACK*. La *longitud válida del mapa de bits* se fija en $HSN - LSN + 1$. A título de ejemplo, para $LSN = 15$ y $HSN = 22$, la *longitud válida del mapa de bits* = 8. El *mapa de bits ACK* especifica el éxito o fracaso de la entrega del paquete: '1' para éxito y '0' para fracaso. Un mapa de bits puede ser como máximo *longitud del mapa de bits* * 32 paquetes. Si *mapa de bits* = 01101111, se pierden los paquetes DT con número de secuencia 15 y 18.

Nótese que un LO intermedio del árbol tiene dos conjuntos de parámetros *LSN* y *HSN*: el primero como hijo y el segundo como padre. Los valores de parámetros de un hijo se actualizan mediante el estado de la recepción de datos procedentes del TO, mientras que los valores de parámetros de un padre se refrescan mediante el elemento acuse de recibo procedente de los hijos.

Cuando un padre envía un paquete HB a sus hijos, fija el campo número de secuencia a *LSN*. Los paquetes de datos con número de secuencia menor que *LSN* no pueden recuperarse.

8.4.3 Generación de ACK

Cada hijo genera un paquete ACK tomando como referencia la variable operacional *número de generación ACK (AGN, ACK generation number)* o *tiempo de generación ACK (AGT, ACK generation time)*.

Cada hijo manda un paquete ACK a su padre cada *AGN* paquetes. Para ello, el hijo recibe un *ID de hijo (Child ID)* de su padre que se incluye en el elemento miembros del árbol. Cada hijo envía un paquete ACK a su padre si el número de secuencia de un paquete DT módulo *AGN* es igual a *ID de hijo* en módulo *AGN*, es decir,

$$\text{Número de secuencia de paquete \% } AGN = ID \text{ de hijo \% } AGN.$$

Si $AGN = 8$ e $ID \text{ de hijo} = 2$, el hijo genera un paquete ACK para los paquetes DT cuyo número de secuencia sea 2, 10, 18, 26, etc. Esta regla de generación de ACK se aplica cuando el hijo recibe el correspondiente paquete DT o detecta su pérdida.

Cuando el tráfico de datos es bajo, un receptor puede no enviar paquetes ACK durante un largo periodo de tiempo. Ello puede dar lugar a que transcurra un periodo de tiempo prolongado hasta que se alcance la estabilidad de los paquetes en el padre, de tal forma que parezca que el receptor está en fallo. Se utiliza *AGT* para asegurar que los receptores responden a tiempo. Un receptor envía al menos un paquete ACK en el intervalo *AGT*. El temporizador *AGT* se inicializa cuando un hijo recibe el primer paquete DT, y se reinicializa cada vez que se envía un nuevo paquete ACK.

En resumen, cuando el tráfico de datos es alto, los paquetes ACK se generan utilizando la regla del número *AGN*. Por el contrario, si la carga de tráfico es baja, los paquetes ACK se generan utilizando como referencia la expiración del temporizador *AGT*.

8.4.4 Agregación de ACK

Cada padre utiliza paquetes ACK para recopilar información de estado para el control de errores, de flujo y de congestión.

Cada vez que un padre recibe un paquete ACK de cualquiera de sus hijos, registra y actualiza la información de estado relativa al paquete o paquetes que sus hijos han recibido satisfactoriamente. Un paquete DT se define como paquete estable si todos los hijos lo han recibido. Los paquetes DT estables se eliminan de la memoria intermedia del padre. Cuando un padre recibe un paquete ACK de uno de sus hijos y se indica la pérdida de uno o más paquetes, el padre transmite sobre su dirección de control multidifusión los correspondientes paquetes RD a todos sus hijos (véase 8.4.6).

Un paquete ACK contiene información de control de flujo y congestión. El padre debe agregar las correspondientes variables de control para todos sus hijos y enviar la información agregada a su padre utilizando su siguiente paquete ACK. En cualquier nodo de control (ya sea TO o LO) la información agregada representa el estado de recepción de todos sus descendientes, incluidos sus propios hijos. En la especificación relativa a la gestión de la QoS de la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2 se incluirá una especificación más detallada de los controles de flujo y de congestión.

8.4.5 Medida del RTT local

El tiempo de ida y vuelta (RTT, *round trip time*) de un grupo local, RTT local, se mide comparando un paquete HB con sus correspondientes paquetes ACK. Un LO padre envía a sus hijos un paquete HB, que contiene un elemento de indicación de tiempo, cada intervalo de *tiempo de generación de latido* (HGT, *HB generation time*). Cada hijo actualiza el *indicación de tiempo* incluido en el paquete latido (HB) enviado por e padre antes de enviar devolverle a éste el paquete ACK, tal como se indica a continuación:

- 1) El hijo registra la hora de llegada del paquete HB y lo denomina $T_{recepción}$;
- 2) El hijo registra la hora a la que envía el correspondiente ACK a su padre y lo denomina $T_{emisión}$;
- 3) El paquete ACK incluye la siguiente *indicación de tiempo*:

$$\text{indicación de tiempo} = \text{indicación de tiempo} + T_{emisión} - T_{recepción}.$$

Cuando un padre recibe un paquete ACK de un hijo, calcula el RTT a partir de la información del hijo restando indicación de tiempo de la hora actual. El RTT se registra en la lista de hijos. El padre determina que el RTT local es el valor RTT mínimo de sus hijos.

El cálculo del RTT local es facultativo. El RTT local puede utilizarse para determinar el *tiempo de guarda de retransmisión* (RBT, *retransmission back-off time*) del grupo local. Una vez que un padre ha retransmitido un paquete de datos, ignora cualquier petición ulterior de retransmisión del mismo paquete durante el tiempo RBT (véase 8.4.6). RBT puede tomar un valor dos o tres veces el RTT local. Es recomendable utilizar un valor de RBT suficientemente grande de forma que reduzca el número de retransmisiones duplicadas innecesarias. Más adelante se podrán definir en el ECTP otras utilidades del RTT local.

8.4.6 Retransmisión

En respuesta a un paquete ACK, cada padre retransmite paquetes RD para los datos solicitados por un hijo, siempre que posea el paquete de datos solicitado. Los paquetes RD se retransmiten sobre la dirección de control multidifusión.

Una vez que un padre ha enviado el paquete RD correspondiente a los datos solicitados, activa el *tiempo de guarda de retransmisión* (RBT). Durante ese tiempo, se ignorarán las peticiones de retransmisión del mismo paquete de datos.

El número máximo de retransmisiones de un paquete DT perdido está limitado por el *número máximo de retransmisiones* (MRN, *maximum retransmission number*). El padre ignora las solicitudes de retransmisión adicionales que superan el valor de MRN, y elimina de su memoria intermedia los correspondientes datos.

8.5 Pausa y reinicio de la conexión

Esta función se utiliza para suspender temporalmente las retransmisiones de datos multidifusión. Si se indica pausa de conexión, TO transmite periódicamente paquetes ND con el bit *F* de la cabecera fija puesto a '1' (véase 9.1). Durante el tiempo de pausa de la conexión, el TO no debe transmitir ningún paquete DT nuevo, aunque pueden enviarse paquetes de control, incluidos RD y HB. La conexión puede reiniciarse cuando el receptor detecta que el estado de la conexión se ha recuperado de un estado anormal. Si se indica que se reinicia la conexión, el emisor transmite periódicamente paquetes ND con el bit *F* de la cabecera fija puesto a '0'. En la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2 se especificarán reglas de la pausa y el reinicio de la conexión.

8.6 Incorporación tardía

Para incorporarse a una conexión existente, el interesado en la incorporación tardía debe realizar los procedimientos siguientes:

- 1) El interesado en la incorporación tardía envía en unidifusión un paquete JR al TO. A continuación activa el temporizador *tiempo de retransmisión* (RXT, *retransmission time*);

- 2) cuando el TO recibe el paquete JR, responde a quien intenta la incorporación tardía con un paquete JC. El paquete JC DEBE especificar en el bit bandera *F* de la cabecera fija si la petición de incorporación se acepta o no: 0 (se acepta) o 1 (se rechaza);
- 3) si el interesado en la incorporación tardía recibe en un plazo inferior a *RXT* un paquete JC en el que la bandera indica aceptación, inicia su incorporación al árbol de control. Si el temporizador *RXT* expira sin que se haya recibido un paquete TC, el interesado envía de nuevo el paquete JR al TO. El número de retransmisiones del paquete JR está limitado por el *número máximo de retransmisiones (MRN)*.

El interesado en la incorporación tardía se incorpora a la configuración del árbol tras enviar un paquete TJ a un LO del mismo y recibir un paquete TC del correspondiente padre del árbol (para más información, véase 8.8.1).

En la figura 9 se describe el procedimiento de la operación de incorporación tardía.

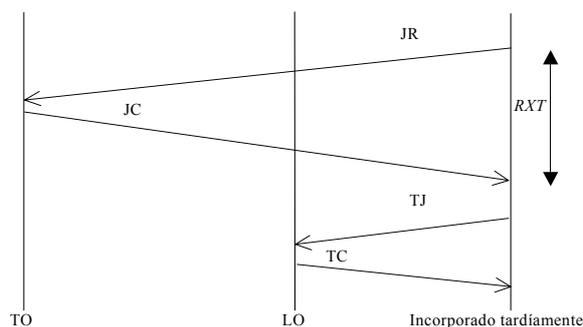


Figura 9 – Procedimientos del protocolo para incorporación tardía

8.7 Separación

Esta función se utiliza cuando un receptor abandona una conexión existente, o cuando un padre expulsa a un hijo problemático.

8.7.1 Separación invocada por un usuario

De conformidad con la petición de separación de la aplicación, el receptor que se separa envía en unidifusión un paquete LR a su padre. Cuando éste lo recibe, actualiza su lista de hijos.

Si el receptor que se separa es un LO, el comportamiento del protocolo puede hacerse inestable debido a que cada uno de sus hijos debe encontrar un nuevo padre alternativo. En este caso, no está garantizada la fiabilidad. Para un funcionamiento estable del protocolo no es recomendable que los LO se separen de la conexión.

8.7.2 Expulsión de problemático

Un TO o un LO pueden expulsar a un hijo que resulte problemático. Cuando se detecta un problemático, el padre le envía un paquete LR, suprimiéndolo de su lista de hijos. Un ejemplo de problemático es el de un hijo fallido en la jerarquía del árbol (véase 8.8.3). Cuando un hijo recibe de su padre un paquete LR, DEBE abandonar la conexión. En concreto, no es deseable que se produzca la expulsión de un LO, pues éste puede tener uno o más hijos. En aras de un funcionamiento estable del protocolo, no es recomendable expulsar a un LO.

Las reglas específicas para definir a un problemático se analizan en la Rec. UIT-T X.606.1 | ISO/CEI 14476-2.

8.8 Mantenimiento de los miembros del árbol

Una vez que mediante la creación de conexión se crea un árbol de control, los miembros del mismo se mantienen hasta que la conexión finaliza. El mantenimiento de los miembros del árbol tiene que afrontar las circunstancias siguientes:

- configuración del árbol debida a incorporaciones tardías;
- reconfiguración del árbol debida a la separación de receptores; y
- reconfiguración del árbol para proteger de fallos de nodos.

8.8.1 Configuración del árbol debida a incorporaciones tardías

Una vez creada la conexión, cada LO del árbol envía periódicamente paquetes HB sobre su dirección de control multidifusión. Cuando un elemento que se incorpora tardíamente recibe un paquete JC del TO (véase 8.6), inicia la búsqueda de un padre adecuado.

El interesado en la incorporación tardía recibe paquetes HB de uno o más LO, registrando la información de los padres candidatos en su lista de padres. Si las direcciones de control multidifusión difieren de la dirección de datos multidifusión, cada uno de los incorporados tardíamente deberá haber incorporado, durante la fase de enrolamiento, una o más direcciones de control multidifusión de un TO o de varios LO junto con la dirección de datos multidifusión.

El interesado en la incorporación tardía selecciona el padre candidato más idóneo de entre su lista de padres. La regla de selección depende de la implementación. El interesado envía un paquete TJ al padre candidato seleccionado y activa el temporizador *RXT*.

El padre del árbol responde al interesado en la incorporación tardía con un paquete TC que contiene el bit bandera con indicación de aceptación o rechazo. El padre toma la decisión en función del *número máximo de hijos* (*MCN, maximum child number*).

Si el interesado recibe dentro del periodo *RXT* el paquete TC con la bandera de aceptación, pasa a formar parte del árbol. En caso de rechazo, el interesado en la incorporación tardía intenta incorporarse a un padre candidato alternativo incluido en su lista de padres. Si el paquete TC no llega dentro del tiempo *RXT*, el interesado retransmite el paquete TJ.

8.8.2 Reconfiguración del árbol debida a la separación de receptores

Tal como se describe en 8.7, cuando un hijo abandona la conexión, el padre elimina a dicho hijo de su lista de hijos.

8.8.3 Reconfiguración del árbol para proteger de fallos de nodos

Para detectar el fallo de un nodo se emplea el *umbral de fallo de nodo* (*NFT, node failure threshold*). Los procedimientos de mantenimiento del árbol son distintos en función del tipo de nodo: TO, LO y LE.

El TO es un emisor individual en una conexión multidifusión simplex. Cada receptor detecta el fallo del TO utilizando el valor de *NDT*. Si un receptor no recibe paquete alguno del TO durante el intervalo *NFT* veces *NDT*, asume que el TO ha fallado. El receptor abandona entonces la conexión.

Cuando un padre LO se convierte en nodo del árbol, envía periódicamente paquetes HB. Un hijo detecta el fallo de su padre si no recibe de éste ningún paquete, por ejemplo paquetes HB y RD, durante un intervalo de tiempo *NFT* veces *tiempo de generación de latido* (*HGT, heartbeat generation time*). El hijo comienza entonces la búsqueda de un padre alternativo.

Un padre detecta el fallo de un hijo si no recibe ningún paquete ACK de éste durante un intervalo de tiempo *NFT* veces *tiempo de generación de ACK* (*AGT, ACK generation time*), o si no lo recibe después de haber enviado un número de paquetes de datos *NFT* veces *AGN*. Si se detecta que un hijo ha fallado, el padre envía un paquete LR a dicho hijo, que queda eliminado de su lista de hijos.

8.9 Terminación de la conexión

Un TO termina una conexión de transporte multidifusión enviando en multidifusión un paquete CT a todos los receptores. Cuando se indica la terminación de la conexión, el TO descarta todos los paquetes recibidos con posterioridad y congela el número de puerto local. Cuando se recibe un paquete CT, cada receptor congela el número el puerto local.

Esta función se inicia después de que se hayan transmitido todos los datos multidifusión. El TO termina asimismo la conexión cuando se detecta un error fatal de protocolo. Por ejemplo, si no se recibe paquete alguno durante el intervalo de tiempo *IAT*, el TO termina la conexión.

9 Formatos de paquetes

Un paquete ECTP DEBE contener una cabecera fija y partes de elementos de extensión o de datos. La cabecera fija consta de 16 bytes. Los elementos de extensión se disponen en un orden especificado (véase 9.2).

El formato del paquete se ilustra en la figura 10:

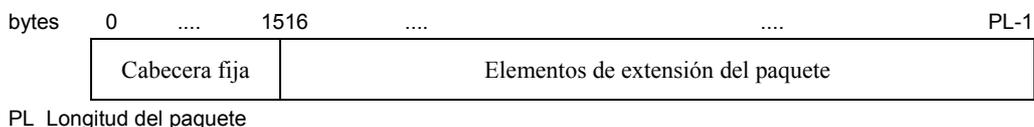


Figura 10 – Formato de paquete

9.1 Cabecera fija

La cabecera fija de 16 bytes contiene campos de parámetros utilizados en todas las operaciones del protocolo. Si cualquiera de los campos tiene un valor no válido, ello significa que se ha producido un error del protocolo.

La figura 11 muestra la estructura de la cabecera fija cuando ECTP funciona sobre IP:

0	8	16	24	31
Elemento siguiente	Versión	Tipo de paquete	Verificación de suma	
Puerto destino		Puerto origen		
Número de secuencia				
Longitud de la carga útil		F	Reservado	

Figura 11 – Formato de la cabecera fija

La cabecera fija contiene la información siguiente:

- a) *Elemento siguiente* – indica el tipo del componente que sigue inmediatamente a la cabecera fija. El campo elemento siguiente del último elemento de extensión DEBE ponerse a '0000', que significa 'no hay más elementos' (véase 9.2).
- b) *Versión* – define la versión actual del protocolo ECTP. Comienza con el valor '1'.
- c) *Tipo de paquete* – indica el tipo del paquete actual (véase 9.3).
- d) *Verificación de suma* – se utiliza para verificar la validez del segmento que constituye un paquete (véase 8.3.1).
- e) *Puertos destino y origen* – se utilizan para identificar las aplicaciones transmisora y receptora. Ambos valores se utilizan como direcciones de transporte, junto con las direcciones IP origen y destino incluidas en la cabecera IP. El número de puerto tiene una longitud de 16 bits.
- f) *Número de secuencia* – es el número de secuencia de un paquete de datos en una serie de segmentos. Es un número de 32 bits sin signo que vuelve al valor '1' cuando se alcanza $2^{32} - 1$ (véase 8.3.2).
- g) *Longitud de la carga útil* – indica la longitud en bytes de los elementos o parte de datos que siguen a la cabecera fija. En el caso de paquetes de control, representa la longitud de los elementos de extensión. En el caso de paquetes de datos, indica la longitud de las partes de datos.

- h) *F* – es un bit bandera. En función del tipo de paquete tiene objetivos distintos:
- 1) para un paquete DT, *F* = 1 indica 'final de flujo';
 - 2) para paquetes confirmación de incorporación (JC, *join confirm*) y confirmación de incorporación al árbol (TC, *tree join confirm*), *F* = 1 indica que se acepta la correspondiente petición de incorporación. En caso de rechazo *F* se pone a '0';
 - 3) para un paquete ND, *F* = 1 indica el periodo de pausa de conexión. Para los demás casos, se pone a '0';
 - 4) para un paquete LR, *F* se pone a '1' en caso de separación invocada por el usuario (véase 8.7.1), o se pone a '0' en caso de expulsión de problemático (véase 8.7.2);
 - 5) para un paquete CT, *F* se pone a '1' en caso de una terminación anormal, o se pone a '0' en caso de terminación normal después de que se hayan transmitido todos los datos (véase 8.9); y
 - 6) para los restantes paquetes, se ignora este campo.
- i) *Reservado* – se reserva para utilización futura.

Cuando ECTP funciona sobre UDP, la cabecera del paquete no necesita especificar los puertos origen y destino, a los que se hará referencia en la cabecera UDP. En este caso, el campo de 32 bits de los puertos origen y destino se rellenan con el 'ID de conexión' utilizado para identificar una conexión ECTP sobre UDP en un anfitrión. Tanto si ECTP funciona sobre IP como sobre UDP, la cabecera fija proporciona la información normalmente utilizada en las operaciones del protocolo ECTP.

9.2 Elementos de extensión

La parte de la cabecera contiene la cabecera fija y uno o más elementos de extensión. Todos los componentes de la cabecera tienen el campo elemento siguiente apuntando a componentes posteriores. Dado que un elemento de extensión tiene también el campo elemento siguiente, la parte de la cabecera pueden encadenar múltiples elementos de extensión.

En función del tipo de elemento de extensión, su campo elemento siguiente se codifica tal como se indica en el cuadro 2. El campo elemento siguiente del último elemento de extensión DEBE ser '0000'.

Cuadro 2 – Cuadro de codificación de los elementos de extensión

Elemento	Codificación
Información de conexión	0001
Acuse de recibo	0010
Miembros del árbol	0011
Indicación de tiempo	0100
Sin elemento	0000

Cada elemento tiene su propio valor de versión que comienza por '1'. Si en el futuro fuese necesario definir una utilización adicional o distinta de un elemento, el número de versión correspondiente del elemento se aumentaría en '1'. Por otro lado, la versión incluida en la cabecera fija representa la versión actual del protocolo ECTP. La versión de ECTP descrita en esta Especificación es la '1'.

9.2.1 Información de conexión

Este elemento de extensión contiene información sobre la conexión de transporte multidifusión. La estructura del elemento se muestra en la figura 12 y tiene '8' bytes de longitud:

0	8	16	24	31
Elemento siguiente	Versión	Banderas	Opción de config. de árbol	Número máximo de hijos
Tiempo de freación de la conexión			Tamaño del mapa de bits ACK	Reservado

Figura 12 – Elemento de información de conexión

Se especifican los parámetros siguientes:

- a) *Elemento siguiente* – indica el tipo de elemento siguiente inmediatamente posterior a este elemento.
- b) *Versión* – define la versión de esta utilización de elemento. Actualmente, toma el valor '1'.
- c) *Banderas* – consta de los campos siguientes:

7	6	5	4	3	2	1	0
Reservado						CT	

- 1) *Tipo de conexión (CT, connection type)* – especifica el tipo de conexión que se ha establecido, tal como se indica a continuación:
 - 01 – conexión multidifusión símplex;
 - los restantes están reservados para futura extensiones.
- 2) *Reservado* – aún no ha sido definido y queda para utilización futura.
- d) *Opción de configuración de árbol* (en 4 bits) – especifica la opción de configuración de árbol utilizada en la conexión. La versión actual de esta especificación proporciona las opciones siguientes (véase 8.2.2):
 - 1) 0001 – configuración de nivel 1;
 - 2) 0010 – configuración de niveles 2;
 - 3) 0011 – configuración general de más de dos niveles.
- e) *Nivel máximo del árbol (MTL, maximum tree level)* – especifica el número máximo de niveles del árbol de control. Se utilizan valores que van desde '1' a '15'. El valor '0' indica que no está limitado el número de niveles del árbol de control.
- f) *Número máximo de hijos (MCN, maximum children number)* – especifica el número máximo de nodos hijos que puede tener un padre en el árbol de control (véase 10.2).
- g) *Tiempo de creación de la conexión (CCT, connection creation time)* – especifica un temporizador que limita la duración de la creación de la conexión en unidades de 10 milisegundos. Si el temporizador expira, TO da por terminada la creación de la conexión aunque algunos de sus hijos no hayan respondido con paquetes CC. Este temporizador se utiliza también como base para que un LO calcule su *tiempo de creación de árbol* (TCT, tree creation time) (véase 8.2.2).
- h) *Tamaño del mapa de bits ACK* – especifica el tamaño del mapa de bits en el elemento acuse de recibo, expresado en palabras. Este valor no está sujeto a negociación y, por lo tanto, todos los nodos receptores DEBEN configurar el campo mapa de bits en el elemento acuse de recibo, sobre la base del *tamaño del mapa de bits ACK* anunciado. El valor por defecto es '1', que significa que cada receptor puede contener la información sobre el estado de recepción para 32 paquetes.
- i) *Reservado* – no definido aún y queda para utilización futura.

9.2.2 Miembros del árbol

El elemento de 20 bytes miembros del árbol contiene información sobre el grupo local, tal como se ilustra en la figura 13.

0	8	16	24	31
Elemento siguiente	Versión	ID de hijo	Número de receptores activos	
Numero actual de hijos		Nivel actual del árbol	Banderas	RTT local
Puerto de transmisor			Puerto de datos multidifusión	
Dirección IP del transmisor				
Dirección IP de datos multidifusión				

Figura 13 – Elementos miembros del árbol

Se especifican los campos siguientes:

- a) *Elemento siguiente* – indica el tipo de elemento siguiente inmediatamente posterior a éste.
- b) *Versión* – define la versión que utiliza este elemento. Actualmente toma el valor '1'.
- c) *ID de hijo* – especifica el número de ID de un hijo, que asigna su padre durante la configuración de árbol.
- d) *Número de receptores activos (ARN, active receiver number)* – es el número de descendientes activos. Cada LE fija el valor de *ARN* a '1' y el LO padre agrega valores de *ARN* para sus hijos.
- e) *Número actual de hijos (CCN, current children number)* – es el número de hijos activos de un LO. Cada LE fija el valor de *CCN* a '0'.
- f) *Nivel actual del árbol (CTL, current tree level)* – especifica el nivel actual del árbol. El TO está en el nivel 0 y sus hijos en el nivel 1. El valor de *CTL* se aumenta en '1' conforme el árbol crece.
- g) *Banderas* – consta de los campos siguientes:

3	2	1	0
Reservado			L

- 1) *L* – es una bandera de un bit que indica que el receptor es un LO (1) o LE (0). Un TO es un LO;
- 2) *Reservado* – no está aun definido y queda en reserva para usos futuros.
- h) *RTT local* – representa el tiempo de ida y vuelta de un grupo local en unidades de 10 milisegundos (véase 8.4.5).
- i) *Puerto del transmisor* – representa el número de puerto del transmisor ECTP (TO).
- j) *Puerto de datos multidifusión* – representa el número de puerto del canal de datos multidifusión.
- k) *Dirección IP del transmisor* – representa la dirección IPv4 del transmisor ECTP (TO).
- l) *Dirección de datos multidifusión* – representa la dirección IPv4 del canal de datos multidifusión.

9.2.3 Acuse de recibo

Este elemento proporciona información sobre los controles de errores, de flujo y de congestión. La estructura del elemento se describe en la figura 14 y consta de una parte fija de 8 bytes y de una variable, el *mapa de bits*, que depende del tamaño del *mapa de bits ACK* (véase 9.2.1).

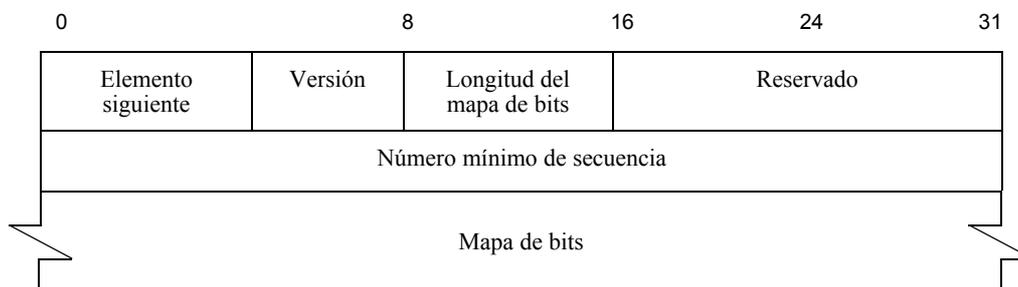


Figura 14 – Elemento acuse de recibo

Se especifican los parámetros siguientes:

- a) *Elemento siguiente* – indica el tipo del elemento siguiente inmediatamente posterior a éste.
- b) *Versión* – define la versión que utiliza este elemento. Actualmente toma el valor '1'.
- c) *Longitud del mapa de bits válido* – representa la longitud del mapa de bits válido.
- d) *Reservado* – reservado para uso futuro.
- e) *Número mínimo de secuencia (LSN, lowest sequence number)* – es el número de secuencia del paquete de datos con numeración más baja del que aún no se ha recibido acuse.
- f) *Mapa de bits* – representa los paquetes de datos perdidos. Contiene los bits del campo *longitud del mapa de bits válido*, comenzando desde el número de secuencia *LSN*. Los bits no válidos en el *mapa de bits* se ponen a '0'.

9.2.4 Indicación de tiempo

El protocolo de indicación de tiempo de la red (NTP, *network timestamp protocol*) se utiliza para especificar indicaciones de tiempo (véase IETF RFC 1119). Las indicaciones de tiempo NTP se representan como un número de 64 bits en coma fija y sin signo. La parte entera se encuentra en los primeros 32 bits y la parte fraccionaria en los últimos 32 bits. Si no se utiliza el NTP, ECTP utiliza el algoritmo de cálculo de indicación de tiempo de TCP. En este caso, sólo los primeros 32 bits de la parte entera son válidos. Se utiliza un bit bandera para indicar el mecanismo de indicación de tiempo utilizado. El bit bandera se pone a '0' cuando se utiliza TCP y a '1' cuando se utiliza NTP.

La estructura del elemento indicación de tiempo se muestra en la figura 15.

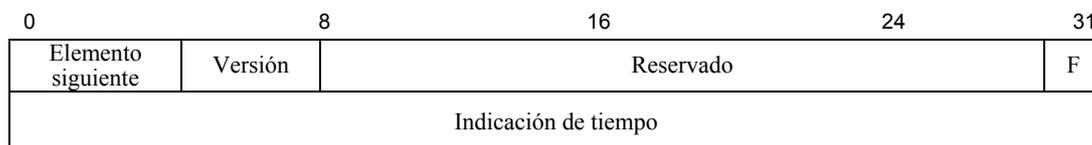


Figura 15 – Elemento indicación de tiempo

Se especifican los campos siguientes:

- a) *Elemento siguiente* – indica el tipo del elemento siguiente inmediatamente posterior a éste.
- b) *Versión* – define la versión que utiliza este elemento. Actualmente toma el valor '1'.
- c) *F* – se pone a '0' cuando se utiliza el mecanismo indicación de tiempo TCP, y a '1' cuando se utiliza NTP.

- d) *Reservado* – no está aún definido y queda para uso futuro; y
- e) *Indicación de tiempo* (8 bytes) – contiene el valor de indicación de tiempo.

9.3 Estructura del paquete

En el cuadro 3 se muestra la codificación y los elementos de extensión de cada paquete. Dichos valores de extensión se incluyen en la cabecera fija en el mismo orden que la información de conexión, los miembros del árbol, los acuses de recibo y los elementos de indicación de tiempo, si los hubiera.

Cuadro 3 – Codificación y elementos de extensión de paquetes ECTP

Tipo de paquete	Codificación	Elemento de extensión				Datos
		Información de conexión	Miembros del árbol	Acuse de recibo	Indicación de tiempo	
CR	0000 0001	O				
CC	0000 0010		O			
TJ	0000 0011					
TC	0000 0100		O*			
DT	0000 0101					O
ND	0000 0110					
RD	0000 0111					O
ACK	0000 1000		O	O	O	
HB	0000 1001		O		O	
JR	0000 1010					
JC	0000 1011	O*				
LR	0000 1100					
CT	0000 1101					

NOTA – En el cuadro, O* significa que el elemento se incluye solamente si se acepta la correspondiente petición.

Nótese que este cuadro sólo pretende proporcionar directrices sobre la estructura del paquete. Más adelante, y conforme se desarrollen versiones ulteriores del protocolo, se podrá revisar la correspondencia entre los elementos de extensión y el tipo de paquete.

9.3.1 Petición de creación (CR, *creation request*)

El TO crea una conexión ECTP enviando un paquete CR a todos los receptores sobre la dirección de datos multidifusión. El formato del paquete CR es el siguiente:

CR = Cabecera fija + Elemento de información de conexión

En la cabecera fija, el campo elemento siguiente se codifica '0001' para hacer referencia al elemento información de conexión. El tipo de paquete toma el valor '0000 0001'. El puerto destino representa el número de puerto de grupo para la transmisión de datos multidifusión a todos los receptores. En la fase de enrolamiento, este número de puerto DEBE ser nuevamente anunciado a todos los receptores (véase 7.3.2). El puerto origen es un número de puerto local del TO para la conexión, que utilizarán los hijos del TO o quienes se incorporen tardíamente como número de puerto destino para transmisión unidifusión. El número de secuencia toma el valor *ISN*, que asigna el TO (véase 8.3.2). Ello permite que cada receptor conozca el número de secuencia del primer paquete DT que va a ser transmitido. La longitud de la cabida útil se fija en 8 (bytes) para el elemento información de conexión. El bit *F* se ignora.

ISO/IEC 14476-1:2002 (F)

En el elemento información de conexión, el TO debe especificar todos los campos con entradas procedentes del usuario de la aplicación, o con valores por defecto.

9.3.2 Confirmación de creación (CC, *creation confirm*)

En respuesta al paquete CR, cada receptor envía a su padre un paquete CC en unidifusión. El formato del paquete CC es el siguiente:

CC = Cabecera fija + Elementos miembros del árbol

En la cabecera fija, el elemento siguiente se codifica '0011' para hacer referencia al elemento miembros del árbol. El tipo de paquete toma el valor '0000 0010'. En la cabecera fija, el puerto destino es el número de puerto local del padre, que es el número de puerto origen incluido en el correspondiente paquete CR (para un TO padre) o HB (para un LO padre). El puerto origen del paquete CC es un número de puerto local del receptor.

En el elemento miembros del árbol, todos los campos deferentes del RTT local se rellenan con información obtenida en la configuración del árbol. El valor específico depende del tipo de nodo: LO o LE.

9.3.3 Petición de incorporación al árbol (TJ, *tree join request*)

Un receptor se incorpora a un árbol de control enviando a un LO del árbol un paquete TJ durante la fase de configuración del mismo. El formato del paquete TJ es el siguiente:

TJ = Cabecera fija

El puerto destino es el número de puerto local del LO del árbol, que está incluido en el correspondiente paquete HB. El puerto origen es un número de puerto local del receptor.

9.3.4 Confirmación de incorporación al árbol (TC, *tree join confirm*)

Un TO o un LO del árbol responde al paquete TJ con un paquete TC. El formato del paquete TC es el siguiente:

TC = Cabecera fija + Elemento miembros del árbol; o

TC = Cabecera fija

En la cabecera fija, el puerto destino es el número de puerto del receptor que envió el paquete TJ, y el puerto origen es el número de puerto local del padre. El bit bandera *F* se pone a '0' en caso de aceptación y a '1' en caso de rechazo.

Si se acepta la petición de incorporación al árbol, el paquete TC contiene un elemento miembros del árbol. Se DEBEN especificar los campos *ID de hijo* y *CTL* (nivel actual del árbol).

9.3.5 Datos (DT)

El TO transmite un flujo multidifusión con paquetes DT. El formato del paquete DT es el siguiente:

DT = Cabecera fija + Parte de datos

El puerto destino es el número de puerto del grupo multidifusión. El puerto origen es el número de puerto local del TO. Cada nuevo paquete DT se enumera secuencialmente en el campo número de secuencia. La *longitud de cabida útil* se rellena con la longitud en bytes de la parte de datos. En el último paquete de datos de un flujo multidifusión, el bit *F* de la cabecera fija se pone a '1'.

9.3.6 Datos nulos (ND, *null data*)

Cuando el TO no tiene datos que transmitir o se encuentra en un periodo de pausa de conexión, transmite un paquete ND cada intervalo *tiempo de datos nulos* (*NDT, null data time*). El formato del paquete ND es el siguiente:

ND = Cabecera fija

El puerto destino es el número de puerto del grupo multidifusión. El puerto origen es el número de puerto local del TO. El campo número de secuencia se rellena con el número de secuencia del último paquete DT transmitido. Durante el periodo de pausa de conexión, el bit *F* de la cabecera fija se pone a '1'. En otro caso, se pone a '0'.

9.3.7 Datos de retransmisión (RD, *retransmission data*)

De conformidad con la petición de retransmisión realizada mediante un paquete ACK, cada LO padre transmite los paquetes RD a sus hijos sobre la dirección de control multidifusión. El formato del paquete RD es el siguiente:

RD = Cabecera fija + Parte de datos

El puerto destino es el número de puerto de la dirección de control multidifusión (véase 8.4.5), y el puerto origen es el número de puerto local del LO. Los restantes campos son los mismos que los del correspondiente paquete DT.

9.3.8 Acuse de recibo (ACK, *acknowledgement*)

Cada hijo envía a su padre un paquete ACK en unidifusión. El formato del paquete ACK es el siguiente:

ACK = Cabecera fija + Miembros del árbol + Acuse de recibo + Elementos indicación de tiempo.

En la cabecera fija, el puerto destino es el número de puerto local del LO padre, y el puerto origen es el número de puerto local del hijo.

El elemento miembros del árbol DEBE especificar los campos *ID de hijo*, *ARN* y *Banderas*.

Se DEBEN especificar todos los campos del elemento acuse de recibo.

El elemento indicación de tiempo contiene el valor de indicación de tiempo del *RTT local* (véase 8.4.5).

9.3.9 Latido (HB, *heartbeat*)

Cada LO padre envía un paquete HB a sus hijos cada intervalo *tiempo de generación de latido* (*HGT, heartbeat generation time*).

El formato del paquete HB es el siguiente:

HB = Cabecera fija + Miembros del árbol + Elemento indicación de tiempo

En la cabecera fija, el puerto destino es el número de puerto de la dirección de control multidifusión (véase 7.3.3) y el puerto origen es el puerto local del LO.

El elemento miembros del árbol DEBE especificar los campos *CCN*, *CTL* y *RTT local*.

El valor de indicación de tiempo es la hora a la que se transmite el paquete HB.

9.3.10 Petición de incorporación tardía (JR, *late join request*)

Un elemento que desee incorporarse tardíamente a la conexión puede hacerlo enviando al TO un paquete JR. El formato del paquete JR es el siguiente:

JR = Cabecera fija

El puerto destino es el número de puerto del TO, y el puerto origen es el número de puerto local del incorporado tardíamente.

9.3.11 Confirmación de incorporación tardía (JC, *late join confirm*)

El TO responde al paquete JR con un paquete JC. El formato del paquete JC es el siguiente:

JC = Cabecera fija + Elemento información de conexión; o

JC = Cabecera fija.

En la cabecera fija, el puerto destino es el número de puerto local de quien desea la incorporación tardía, y el puerto origen es el número de puerto local del TO. El bit bandera *F* se pone a '0' en caso de aceptación o '1' en caso de rechazo.

Si se acepta la petición de incorporación al árbol, el paquete JC incluye el elemento información de conexión.

9.3.12 Petición de separación (LR, *leave request*)

Cuando un hijo quiere abandonar una conexión, envía un paquete LR a su padre. El paquete LR se utiliza también para que un padre expulse a un hijo problemático. El formato del paquete LR es el siguiente:

LR = Cabecera fija

El puerto destino es el número de puerto local del LO padre o de un hijo problemático, y el puerto origen es un número de puerto local del hijo que se separa o del padre LO, en función de quien genera el paquete LR.

ISO/IEC 14476-1:2002 (F)

El bit *F* de la cabecera fija se pone a '1' en caso de una separación solicitada por el usuario (véase 8.7.1), o a '0' en caso de expulsión de un problemático (véase 8.7.2).

9.3.13 Terminación de conexión (CT, *connection termination*)

El TO finaliza la conexión enviando un paquete CT a todos los receptores. El formato del paquete CT es el siguiente:

CT = Cabecera fija

El puerto destino es el número de puerto de grupo de la dirección de datos multidifusión (véase 7.4). El puerto origen es el número de puerto local del TO.

El bit *F* de la cabecera fija se pone a '1' en caso de terminación anormal o a '0' si ésta es normal después de transmitir todos los datos (véase 8.9).

10 Temporizadores y variables

10.1 Temporizadores

Todos los temporizadores especificados en ECTP se definen en unidades de 10 milisegundos. La implementación de cada temporizador puede hacerse en unidades de 50 ó 200 milisegundos, en función del número de *ticks* o marcas por segundo en el sistema.

- a) Tiempo de generación de ACK (*AGT*): cada hijo envía a su padre un paquete ACK cuando expira el temporizador *AGT*. Los receptores reactivan este temporizador cada vez que generan un paquete ACK. El valor específico de *AGT* depende de la implementación.
- b) Tiempo de creación de la conexión (*CCT*): el tiempo de creación de la conexión está limitado por el temporizador *CCT*, especificado por el TO (véase 8.2). *CCT* se representa en intervalos de 10 milisegundos.
- c) Tiempo de generación de latido (*HGT*): cada padre envía a sus hijos un paquete HB cada intervalo de tiempo *HGT* (véase 8.8). *HGT* puede fijarse a un valor múltiplo de *AGT*.
- d) Tiempo de inactividad (*IAT*): si un nodo no recibe paquete alguno durante un tiempo *IAT*, asume que la red está desconectada. Cada nodo refresca su temporizador *IAT* cuando recibe un paquete. El valor de *IAT* depende de la implementación (véase 8.2).
- e) Tiempo de datos nulos (*NDT*): cuando el TO no tiene datos que transmitir o se encuentra en una pausa de la conexión, envía un paquete ND cada intervalo de tiempo *NDT*. *NDT* depende de la implementación (véase 8.3).
- f) Tiempo de guarda de retransmisión (*RBT*): siempre que un padre retransmite un paquete de datos perdido solicitado por uno de sus hijos, activa el temporizador *RBT* (véase 8.4.6). Las peticiones de retransmisión del mismo paquete de datos se ignoran mientras no vence este temporizador.
- g) Tiempo de retransmisión (*RXT*): un nodo activa el temporizador *RXT* después de transmitir en unidifusión un paquete de control. Si el paquete de control de respuesta no llega antes de que expire el temporizador *RXT*, se retransmite el paquete de control. El valor específico de *RXT* depende de la implementación (véanse 8.2.2 y 8.6).
- h) Tiempo de creación del árbol (*TCT*): en la creación del árbol, cada LO activa su temporizador *TCT* para completar la configuración del árbol de su grupo local. El valor de *TCT* se calcula utilizando *CCT* (véase 8.2.2).

10.2 Variables operacionales

- a) Número de generación de ACK (*AGN*): un hijo genera un paquete ACK cada *AGN* paquetes de datos (véase 8.4.3). El número *AGN* se fija en 1/4 del tamaño del mapa de bits ACK.
- b) Número de receptores activos (*ARN*): el valor de *ARN* se especifica en el elemento miembros del árbol (véanse 8.4.4 y 9.2.2).
- c) Número actual de hijos (*CCN*): *CCN* es el número de hijos activos en un grupo local (véase 9.2.2). Es un valor que calcula el padre y que éste anuncia a los hijos a través del elemento miembros del árbol. En la configuración del árbol, un hijo que no pertenezca al mismo puede hacer referencia a este valor para elegir al LO padre del árbol más idóneo.

- d) Nivel actual del árbol (*CTL*): *CTL* representa el nivel del árbol en el que actualmente se ubica un receptor. Este valor se aumenta cada vez que se crea una nueva rama del árbol (véase 8.2.2). El valor de *CTL* se especifica en el elemento miembros del árbol (véase 9.2.2).
- e) Número máximo de hijos (*MCN*): *MCN* limita el número de hijos que puede tener un padre. Para asegurar un crecimiento adecuado del árbol, se puede reservar una porción de *MCN* para algunos LO hijos (véase 8.2.2). El valor de *MCN* se especifica en el elemento información de conexión.
- f) Número máximo de retransmisiones (*MRN*): *MRN* limita el número de retransmisiones de paquetes de control y RD. El valor específico depende de la implementación (véanse 8.4.6 y 8.6).
- g) Nivel máximo del árbol (*MTL*): *MTL* limita el número de niveles del árbol de control ECTP, que se especifica en el elemento información de conexión (véanse 8.2.2 y 9.2.1).
- h) Umbral de fallo de nodo (*NFT*): un fallo de nodo del árbol se indica mediante el valor de *NFT* (véase 8.8.3). El valor específico depende de la implementación.

Anexo A

Consideraciones sobre la red

(Este anexo no es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

ECTP es un protocolo de la capa de transporte que se ejecuta sobre redes IP. Los protocolos de transporte multidifusión asumen que las redes subyacentes tienen capacidad de transmisión IP multidifusión. Hasta la fecha se han propuesto numerosos protocolos de enrutamiento multidifusión. Dichos protocolos pueden clasificarse en protocolos de árbol basados en el origen y protocolos de árbol con compartición. Los protocolos de árbol basados en el origen incluyen DVMRP, MOSPF, PIM-DM y SSM. Los protocolos de árbol con compartición incluyen CBT, PIM-SM y BGMP.

Dado que ECTP es un protocolo de transporte extremo a extremo, sus mecanismos de protocolo están diseñados para ser independientes de cualquier protocolo de enrutamiento multidifusión específico. Sin embargo, la utilización de una dirección IP multidifusión se verá afectada por los protocolos de enrutamiento multidifusión subyacentes. Nótese que en una conexión multidifusión simplex ECTP, el TO y los LO deben proporcionar transmisión multidifusión hacia sus receptores o hijos y, por tanto, utilizarán una o más direcciones IP multidifusión (véase 7.3.3). En base a los protocolos de enrutamiento IP multidifusión actuales, se describen a continuación algunos escenarios posibles de utilización de direcciones multidifusión en una conexión ECTP:

- 1) cuando en las redes se utiliza un protocolo de árbol con compartición como CBT o PIM-SM, el TO y los LO comparten una única dirección multidifusión. En este caso, es necesario que cada padre utilice multidifusión basada en TTL a fin de restringir el tráfico de control multidifusión en su grupo local, como por ejemplo los paquetes HB y RD;
- 2) en los protocolos de árbol con compartición o basados en el origen, el TO o el LO utilizan su propia dirección multidifusión. En este escenario, el TO transmite datos multidifusión sobre su dirección de datos multidifusión, mientras que cada LO envía paquetes de control, tales como HB y RD, sobre su dirección de control multidifusión. Por lo tanto, en una conexión ECTP se utilizarán dos o más direcciones multidifusión; y
- 3) en el caso del protocolo de enrutamiento multidifusión específico del origen (SSM, *source specific multicast*), que muchos ISP han considerado una solución prometedora en el campo del enrutamiento IP multidifusión, una dirección o canal de multidifusión se define como una pareja compuesta por una dirección multidifusión (G) y una dirección unidifusión del origen (S). Es decir, una pareja (S, G) define un canal multidifusión. Si la red utiliza SSM, el TO y los LO comparten una única dirección multidifusión, mientras que los canales multidifusión del TO y los LO pueden identificarse por su dirección origen y la dirección multidifusión común.

En cualquier caso, la información transmitida sobre las direcciones de transporte multidifusión, incluyendo direcciones IP multidifusión y números de puerto, DEBEN ser anunciadas a todos los receptores en la fase de enrolamiento.

Anexo B

Mecanismos de configuración de árbol considerados por el Grupo de Trabajo RMT del IETF

(Este anexo no es parte integrante de esta Recomendación | Norma Internacional)

ECTP proporciona tres alternativas para la configuración del árbol (véase 8.2.2). En este anexo se describen someramente los mecanismos propuestos por el grupo de trabajo RMT del IETF. Alguno de ellas podrá incorporarse más adelante en la especificación del ECTP como opción candidata para la creación del árbol.

El IETF ha propuesto cuatro esquemas de configuración del árbol en las que el árbol de control se construye con un enfoque 'de abajo a arriba' o iniciado por el receptor. Cada nodo que inicia una petición de incorporación al árbol utiliza su métrica o métricas con el emisor para tomar una decisión sobre cuál nodo es el mejor padre. De acuerdo con las métricas empleada o los métodos para obtener las métricas, se proponen cuatro opciones.

La construcción del árbol, con independencia de la métrica empleada, se realiza normalmente como se indica a continuación.

- 1) Los receptores de una sesión utilizan mecanismos normalizados fuera de banda para determinar que existe una sesión mediante SAP o de HTTP. De esta forma, el receptor conoce la dirección de grupo multidifusión, la dirección del emisor y cualquier información necesaria para la construcción del árbol lógico.
- 2) Cada receptor determina entonces el mejor LO padre que puede usar durante la sesión, y se vincula al mismo para el servicio. Si un receptor es también LO, puede utilizar mecanismos para encontrar un LO por sí mismo.
- 3) Todos los LO deben determinar su distancia al emisor utilizando la métrica requerida para la sesión.
- 4) Una vez que un LO determina su propia métrica con el emisor, conoce otros padres potenciales y sus métricas. De esta forma, el LO puede decidir si se injerta en el árbol de control.
- 5) Cuando se ha elegido un LO padre adecuado, el LO debe vincularse al padre elegido. Cuando un LO recibe una vinculación de un hijo, el LO debe también vincularse a otros LO para formar el árbol de control (enraizando hacia atrás hasta llegar al emisor).
- 6) Durante una sesión, un receptor o LO puede cambiar a un LO padre distinto por diversos motivos.

En función de la opción de creación del árbol, pueden utilizarse distintas métricas. La métrica hasta el emisor tiene por objeto establecer una orden de preferencia y determinar cual de los vecinos es un padre adecuado.

a) Métrica estática

Un servidor o ubicación bien conocida proporciona una lista de vecinos disponibles para un receptor, a la que facultativamente pueden añadirse sus distancias respectivas. Cada receptor determina las distancias a los vecinos, escogiendo el que considere idóneo para ser su LO padre.

b) Métrica de búsqueda en anillo en expansión

Los receptores conocen su distancia aproximada hasta el emisor gracias a una baliza de éste (por ejemplo, un paquete CR del ECTP). Conocida dicha métrica, ésta puede ser anunciada a los vecinos utilizando el método de búsqueda de anillo en expansión (ERS, *expanding ring search*). Cada receptor difunde en multidifusión su petición utilizando ERS. Los LO del árbol responden a las peticiones de los receptores con sus propios TTL desde el emisor. Cada receptor aumenta el TTL de sus peticiones hasta que se recibe una respuesta, escogiendo entonces al mejor LO padre.

c) Métrica de enrutamiento

Los nodos determinan su distancia a la fuente gracias a la ayuda genérica del enrutador (GRA, *generic router assist*). Los receptores tienen relaciones preconfiguradas con sus potenciales padres sobre la base del árbol de enrutamiento multidifusión subyacente.

d) Métrica de punto de contacto

Los nodos determinan su distancia a la fuente e interrogan entonces a un nodo designado, el POC, buscando vecinos que utilicen dicha distancia. El POC devuelve una o más alternativas de LO padres de entre las que el nodo elige.

Bibliografía

Las siguientes RFC del IETF son útiles para una comprensión cabal de la especificación del ECTP.

- IETF RFC 768, User Datagram Protocol, *Internet Standard*, agosto de 1980.
- IETF RFC 791, Internet Protocol, DARPA Internet Program, Protocol Specification, *Internet Standard*, septiembre de 1981.
- IETF RFC 793, Transmission Control Protocol, DARPA Internet Program, Protocol Specification, *Internet Standard*, septiembre de 1981.
- IETF RFC 1112, Host Extensions for IP Multicasting, *Internet Standard*, agosto de 1989.
- IETF RFC 1119, Network Time Protocol, *Internet Standard*, mayo de 1990.
- IETF RFC 2119, Key Words for Use in RFCs to Indicate Requirement Levels, *Best Current Practice*, marzo de 1997.
- IETF RFC 2236, Internet Group Management Protocol, Version 2, *Proposed Standard*, noviembre de 1997.
- IETF RFC 2327, SDP: Session Description Protocol, *Proposed Standard*, abril de 1998.
- IETF RFC 2362, Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification, *Experimental*, junio de 1998.
- IETF RFC 2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, *Draft Standard*, diciembre de 1998.
- IETF RFC 2887, The Reliable Multicast Design Space for Bulk Data Transfer, *Informational*, agosto de 2000.
- IETF RFC 2974, SAP: Session Announcement Protocol, *Experimental*, octubre de 2000.
- IETF RFC 3048, Reliable Multicast Transport Building Blocks for One-to-Many Bulk-Data Transfer, *Informational*, enero de 2001.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación