

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 336 964**

51 Int. Cl.:

H04B 7/005 (2006.01)

H04L 12/26 (2006.01)

H04L 12/701 (2013.01)

H04L 12/801 (2013.01)

H04L 12/813 (2013.01)

H04L 12/825 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2007 E 07785378 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **12.02.2014 EP 1958344**

54

Título: **Sistema para el control de velocidad de servicios de comunicación de velocidad agregada**

30

Prioridad:

24.07.2006 US 820202 P

12.01.2007 US 622646

45

Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
22.05.2014

73

Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)

Huawei Administration Building Bantian

Longgang District, Shenzhen

Guangdong 518129, CN

72

Inventor/es:

SULTAN, ROBERT;

GJESSING, STEIN;

ZHANG, XUAN;

DENG, ZHUSHENG;

LI, XIXIANG y

HE, JIANFEI

74

Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 336 964 T5

DESCRIPCIÓN

Sistema para el control de velocidad de servicios de comunicación de velocidad agregada

5 Campo del Invento

El presente invento se refiere en general a comunicaciones de red, y más particularmente, a un sistema versátil para el control de velocidad de transmisión de servicios de comunicación de velocidad de transmisión agregada.

Antecedentes del Invento

10 Ethernet es una de las tecnologías de Red de Área Local (LAN) más ampliamente instaladas. Los usuarios son atraídos por un número de ventajas de los servicios de Ethernet, incluyendo la facilidad de uso, la efectividad de coste, la flexibilidad, y un amplio rango de opciones de servicio, etc. Los servicios de Ethernet han sido extendidos a áreas metropolitanas y más allá.

15 Los servicios de Ethernet pueden variar de muchas maneras. El Forum Metropolitano de Ethernet (MEF) define dos tipos de servicios de Ethernet: servicios de E-line, que son servicios de punto a punto; y servicios de E-LAN, que son servicios multipunto tales que cada instancia de servicio comparte el uso de una red física subyacente común. El MEF especifica servicios de E-LAN de capa 1 y capa 2 distintos. Un servicio de E-LAN de capa 1 es llamado un servicio LAN de Ethernet (ELAN), y un servicio de E-LAN de capa 2 es llamado un servicio de LAN Virtual de Ethernet (EVLAN). El EVLAN permite a
20 los usuarios intercambiar tramas como si estuvieran conectados a una LAN de medio compartido.

Dos métodos corrientemente usados para especificar garantías de velocidad para servicios EVLAN son una garantía puerto a puerto y una garantía por puerto. La garantía puerto a puerto especifica un ancho de banda distinto garantizado para el tráfico desde un puerto específico a otro puerto específico. Esta es una garantía tradicional proporcionada en
25 servicios de retransmisión de tramas y de línea privada. Este método puede ser más eficiente cuando la velocidad del tráfico de puerto a puerto es relativamente constante.

La garantía por puerto especifica un ancho de banda distinto garantizado para el tráfico que se origina desde cada puerto, sin relación con los puertos de destino. Este tipo de garantía es relativamente fácil de vigilar ya que solamente se requiere
30 el conocimiento del tráfico de entrada al puerto local.

El documento US 2006/0098672 describe un método de hacer respetar la prioridad del tráfico comprometido sobre el tráfico en exceso. Los mensajes de control de cola son generados y transmitidos a otras tarjetas de línea. Cuando el nivel de una cola excede de un umbral y el control de flujo es recibido para el destino correspondiente la cola comienza a
35 abandonar el exceso de tráfico y los mensajes que indican el estado de la cola son enviados a otras tarjetas de línea. Cuando una tarjeta de enlace recibe un mensaje de control de cola de que otra tarjeta de línea ha comenzado a abandonar el exceso de tráfico a un destino específico, también comienza a abandonar el exceso de tráfico a ese destino también.

Sumario del Invento

40 El presente invento proporciona un método de control de velocidad para un grupo de puertos en una red de comunicación. La información de velocidad de entrada de cada uno del grupo de n puertos es obtenida, el crecimiento es realizado para la velocidad permitida de cada uno del grupo de puertos, si la suma de las velocidades de entrada del grupo de puertos, es menor que un umbral de velocidad dado; y el ajuste es realizado para la velocidad permitida de cada uno del grupo de puertos, si la suma de las velocidades de entrada del grupo de puertos es mayor o igual que el umbral de velocidad dado,
45 de tal modo que la suma de velocidades permitidas del grupo de puertos es igual al umbral de velocidad dado.

En una realización, para un grupo de puertos que comparten una velocidad garantizada, cada uno de los puertos obtiene información de la velocidad de entrada de la totalidad del grupo de puertos; aumenta su velocidad permitida, si la suma de las velocidades de entrada de todos los puertos es menor que la velocidad garantizada; y ajusta su velocidad permitida, si
50 la suma de las velocidades de entrada de todos los puertos es mayor o igual que la velocidad garantizada, de tal modo que la suma de las velocidades de entrada de todos los puertos es menor o igual que la velocidad garantizada. El presente invento proporciona además otras realizaciones que ponen en práctica el sistema de control de velocidad resumido anteriormente.

55 La siguiente descripción y dibujos explican en detalle varias realizaciones ilustrativas del invento. Estas realizaciones son indicativas de unas pocas de las distintas maneras en las que el invento puede ser utilizado.

Breve Descripción de los Dibujos

60 Para una comprensión más completa de la presente exposición y sus ventajas, se ha hecho ahora referencia a la siguiente descripción tomada en unión con los dibujos adjuntos, en los que números de referencia similares representan partes similares:

La Figura 1 ilustra un modelo de servicio de velocidad agregado de acuerdo con el presente invento;
 La Figura 2 ilustra el comportamiento de un algoritmo de control de velocidad de acuerdo con el presente invento;
 La Figura 3 ilustra la operación de un algoritmo de control de velocidad de acuerdo con el presente invento;
 La Figura 4 ilustra el ancho de banda usado en un caso "ideal" donde las velocidades ofrecidas de los puertos cambian de una manera idéntica (al mismo tiempo), y toda la latencia de comunicación en la misma de acuerdo con el presente invento;
 La figura 5 ilustra el ancho de banda usado en situaciones reales donde las velocidades ofrecidas de los puertos son asíncronas y toda latencia de comunicación entre dos puertos es independiente de la latencia entre los otros puertos de acuerdo con el presente invento;
 La Figura 6 ilustra las capacidades de un proveedor de servicios que proporciona márgenes de capacidad de acuerdo con el presente invento.

Descripción Detallada del Invento

La siguiente descripción es presentada para permitir que un experto en la técnica haga uso del invento. Los principios generales descritos aquí pueden ser aplicados a realizaciones y aplicaciones distintas de las detalladas más abajo sin salir del espíritu y marco del presente invento como se ha definido aquí. El presente invento no está destinado a ser limitado a las realizaciones mostradas, sino que ha de ser acordado el marco más amplio consistente con los principios y características descritos aquí.

Los siguientes términos son usados en la descripción del presente invento a continuación:

Ajuste: Un método de asignación de velocidad permitida usado cuando la suma de las velocidades de entrada medidas es suficientemente elevada de lo que el crecimiento continuada de velocidades podría dar como resultado al agotamiento de la capacidad asociada con el grupo de agregación.

Grupo de agregación: El conjunto de puertos que comparten una velocidad garantizada.

Entrada: La dirección desde un usuario de un servicio a un proveedor del servicio.

Puerto: La interconexión por la que un usuario accede a los servicios de una red de proveedores de servicios. Ejemplos son un puerto de Puente de Borde de Proveedor (PEB) 802.1ad o una interconexión de Red de Usuarios (Uni) del Forum Metropolitano de Ethernet (MEF).

Puerto "voraz": Un puerto cuya velocidad de entrada es reducida cuando a) la suma corriente de velocidades de entrada es mayor que la permitida; y b) la estrategia para reducir velocidades es reducir la velocidad permitida del puerto (o puertos) con la velocidad de entrada corriente más elevada.

Puerto no "voraz": Un puerto que no es "voraz".

Puerto local: Un término usado en algunas descripciones para hacer referencia a un puerto particular, del conjunto de puertos en un grupo de agregación. Por ejemplo, de un puerto local puede decirse que "un valor de velocidad recibido es guardado en una agrupación R mantenida por el puerto local".

Red de Proveedores de Servicios (SPN): Una red que ofrece servicios de conectividad a los clientes, por ejemplo una Red Puenteada de Proveedor (PBN) 802.1ad o un Foro Metropolitano de Ethernet (MEN).

Crecimiento: Un método de asignación de velocidad permitida en el que la velocidad permitida es asignada a un valor que es mayor que el valor corriente de una velocidad de entrada medida.

Mensaje de Velocidad: Un mensaje distribuido periódicamente desde un puerto asociado con un grupo de agregación, a todos los otros puertos asociados con ese grupo de agregación, que lleva el valor de la velocidad de entrada medida (y posiblemente alisado o filtrado) por ese puerto.

Instancia de servicio: Una instancia del servicio de conectividad ofrecida por una Red de Proveedores de Servicios. La conectividad es permitida solamente entre puertos asociados con la misma instancia de servicio. Ejemplos son una Red de Área Local Virtual de Servicio (SVLAN) 802.1ad o una Conexión Virtual de Ethernet (EVC) de MEF.

La notación usada en el presente invento ha sido descrita a continuación. Por conveniencia de notación, el símbolo $\sum$ representa $\sum_{i=0}^n$ a menos que se especifique de otro modo. $I(i,t)$ indica el valor de I asociado con el puerto i al final del intervalo de tiempo t .

Otros identificadores son como sigue:

- 5 A_i (velocidad permitida): La velocidad máxima a la que el tráfico desde un usuario es admitido a una red de proveedores de servicios en el puerto i de un grupo de agregación. I_i siempre $\leq A_i$. $O_i > A_i$ implica que $I_i = A_i$.
- B: La cantidad mínima por la que el valor de A_i para el siguiente intervalo de tiempo debería exceder del valor corriente de I_i cuando se realiza el crecimiento de velocidades permitidas.
- 10 C (capacidad comprometida): Capacidad comprometida por un proveedor de servicios para usar por un grupo de agregación en un enlace dentro de una Red de Proveedores de Servicios. Un compromiso de capacidad asegura que una garantía de servicio especificada es satisfecha en todos los instantes. El proveedor de servicios puede comprometer menos ancho de banda que C, y asumir un riesgo de que la garantía no será satisfecha en todos los instantes.
- 15 d_{ij} (retraso): Período de tiempo, medido en segundos, que comienza cuando un puerto i ha medido su velocidad de entrada I_i para el intervalo de tiempo más reciente, y que termina cuando un puerto j hace referencia al valor R_i correspondiente al calcular S.
- 20 D (retraso): El valor máximo de d_{ij} sobre todos los pares de puertos (i,j) en un grupo de agregación.
- F (suma de velocidades ofrecidas): La suma de los valores de velocidad (O_i) ofrecida sobre todos los puertos i .
- 25 G (velocidad garantizada): Un valor aprovisionado de tal modo que $\sum I_i \geq G$ cuando las velocidades de entrada han alcanzado un estado estacionario. Es una velocidad agregado garantizada para un grupo de agregación.
- I_i (velocidad de entrada): Velocidad real (medida) de tráfico introducido por el puerto i de un grupo de agregación. La velocidad puede ser filtrada por un filtro pasa bajos o alisada para conseguir estabilidad.
- 30 M_{low} (margen bajo): Un valor destinado a proporcionar un margen o cojín para asegurar que $S \geq G$ después de la restricción de velocidad.
- M_{high} (margen alto): Un valor destinado a proporcionar un margen o cojín para asegurar que el compromiso de capacidad del proveedor de servicios excede del requisito de capacidad calculada.
- 35 O_i (velocidad ofrecida): Una velocidad de tráfico presentada por un usuario a un proveedor de servicios en el puerto i de un grupo de agregación.
- n (número de puertos): Número de puertos asociado con un grupo de agregación.
- 40 Q: Número de puertos en un grupo de agregación para los que R_i excede de una velocidad permitida X máxima calculada.
- 45 R_i : Valor de I_i más recientemente recibido por un puerto local en un mensaje de velocidad desde el puerto i . R_i tiene asignado el valor corriente de I_{local} .
- S: La suma de R_i sobre todos los puertos i en un grupo de agregación.
- 50 S_{max} : El valor máximo alcanzado por S.
- t: Un cómputo del número de intervalos de tiempo transcurridos de duración T.
- T: Un intervalo de tiempo fijo entre transmisiones de un valor de I_i por puerto i de un grupo de agregación. Un nuevo cálculo de la velocidad permitida es también realizado en este límite de tiempo.
- 55 X: El mayor valor de A_i que puede ser asignado a cualquier puerto i en un grupo de agregación después de un ajuste de velocidad.

60 Con referencia ahora a la Figura 1, se ha ilustrado un ejemplo de un modelo (100) de servicio de velocidad agregada. Una red (110) de proveedor de servicios ofrece servicios de comunicación de velocidad agregada a un cliente (120). El cliente (120) está asociado con 7 puertos, puerto (131)-(137), para acceder a la Red (110) de Proveedores de Servicios. Los 7 puertos comparten una velocidad garantizada G, formando un grupo de agregación. Pueden usarse algoritmos de control

de velocidad para controlar la velocidad de entrada de cada puerto dentro del grupo de agregación para asegurarse de que un servicio de velocidad agregada proporcionado por la Red (110) de Proveedores de Servicios cumple con un Acuerdo del Nivel de Servicios (SLA). La red (110) de proveedores de servicios, puede tener una topología arbitraria. Los puertos en un grupo de agregación comparten capacidad del grupo de agregación equitativamente.

5

Un servicio de velocidad agregada puede ser caracterizado por una velocidad garantizada, G , una cantidad de incremento de velocidad, B , permitida durante cada intervalo de tiempo t , y la duración del intervalo de tiempo, T . Un SLA puede especificar que el modelo de servicio de velocidad agregada garantiza que:

10

- 1) la velocidad de entrada total, $\sum I_i$, es mayor o igual que G , o,
- 2) cualquier puerto que tiene una velocidad ofrecida, O_i , mayor o igual a la velocidad de entrada corriente, I_i , puede aumentar su velocidad de entrada en al menos B durante el siguiente intervalo de tiempo, t .

15

En una realización, cada puerto mide I_i durante el intervalo de tiempo corriente t . A la terminación del intervalo de tiempo t , un puerto i , tal como el puerto (131), distribuye un mensaje de velocidad que, que contiene el valor I_i de velocidad de entrada medido (y posiblemente alisado y/o filtrado), junto con la identidad del puerto, i . El mensaje de velocidad puede ser distribuido por medio de retransmisión, multidifusión y unidifusión.

20

Un puerto asociado con un grupo de agregación que comprende n puertos recibe mensajes de velocidad originados por cada uno de los otros puertos dentro del grupo de agregación. El retraso de tiempo entre el envío de un mensaje de velocidad por un puerto i y la recepción de ese mensaje en otro puerto j es como máximo de D segundos. Un puerto j , tal como el puerto (137), mantiene una agrupación R de n elementos que contienen los valores de velocidades recibidos más recientemente recibidos desde los otros $n-1$ puertos. Un puerto, por ejemplo el puerto j (137) no se envía mensajes de velocidad a sí mismo. En vez de ello, el elemento j de la agrupación R en el puerto j (137) contiene la velocidad de entrada más reciente medida en el puerto j . Cuando se hace referencia a un puerto particular como el puerto j (137), el puerto puede ser llamado un puerto local. Un puerto local puede determinar por sí mismo una velocidad permitida para el siguiente intervalo de tiempo usando una velocidad de entrada medida en el puerto local y una información de velocidad recibida desde otros puertos de un grupo de agregación. La velocidad permitida y la velocidad de entrada de un puerto local pueden ser representadas por A_{local} e I_{local} respectivamente.

30

Recibiendo mensajes de velocidad distribuidos por todos los demás puertos del grupo de agregación, cada puerto puede obtener una información de velocidad de entrada de todos los demás puertos, y usar métodos de control de velocidad para controlar su velocidad permitida para el siguiente intervalo de tiempo. La suma de las velocidades de entrada más recientemente recibidas es calculada al final de cada intervalo de tiempo, t , y en cada puerto, i , del grupo de agregación, como:

35

$$S = \sum R_i$$

40

Después del cálculo de S al final de un intervalo t , es calculado A_{local} . Por ello, cada puerto dentro de un grupo de agregación, recibe información de velocidad de entrada desde todos los otros puertos dentro del grupo de agregación mediante mensajes de velocidad, y luego calcula una velocidad permitida. Puede usarse uno de los métodos de cálculo, dependiendo de los valores relativos de S y G .

45

Si ($S < G$), entonces es realizado el crecimiento; de otro modo, si ($S \geq G$), es realizado el ajuste. En una realización, el valor de A_{local} para el siguiente intervalo de tiempo, t , puede ser calculado en dos etapas en el caso de crecimiento. La primera etapa es:

$$A_{local} = I_{local} + B.$$

50

Es decir, un puerto, i , que envía la velocidad I_i durante el intervalo de tiempo t , puede ser restringido por $A_i = I_i + B$ durante el intervalo de tiempo $t+1$. B puede ser definido en un Acuerdo de Nivel de Servicio. En ausencia de retraso, este método de crecimiento asegura que ($\sum I_i < G + nB$) para el intervalo de tiempo $t+1$, ya que $\sum I_i < G$ en el intervalo de tiempo t , y cada uno de los n puertos puede aumentar sus velocidades de entrada en no más de B .

55

La segunda etapa es:

If ($S + nB < G$) {

$$A_{local} = A_{local} + (G - (S + nB)) / (nD);$$

60

}

(S+nB) es el mayor valor que S puede alcanzar en el siguiente intervalo de tiempo. Si este valor es menor que G, A puede ser además incrementado por $(G-(S+nB))/(nD)$, sin peligro de que el tráfico exceda de C durante el siguiente retraso D.

Una realización alternativa de crecimiento en el presente invento omite la segunda etapa de crecimiento. En este caso, la velocidad permitida en cada puerto es incrementada en una cantidad fija B por intervalo de tiempo t, sin relación a la capacidad adicional que puede estar disponible. Esta técnica es llamada crecimiento "lineal" para distinguirla de crecimiento "acelerado", que incluye tanto la primera como la segunda etapas de crecimiento. El crecimiento lineal converge más lentamente a velocidades máximas que el crecimiento acelerado. La validación del servicio es, sin embargo, simplificada, ya que el incremento de velocidad esperado durante períodos de crecimiento es constante.

En el caso de ajuste, una realización es calcular un valor máximo de velocidad permitida X de tal modo que

$$G = \sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X)$$

La expresión " $\sum X (\text{para } R_i \geq X)$ " anterior tiene el mismo significado que " $Q \cdot X$ ", donde Q es el número de puertos en un grupo de agregación que tiene la propiedad de que $I_i \geq X$.

Si el valor de X ha sido determinado, entonces

$$A_{\text{local}} = \text{MIN}(I_{\text{local}}, X) + B.$$

una realización de un método para calcular X clasifica los elementos R1 a Rn de una agrupación R en orden descendente (R1 es el mayor); donde la agrupación R consiste de Ri de todos los n puertos dentro de un grupo de agregación. Entonces se progresa en la agrupación R desde el mayor al menor elemento. En cada operación, todos los elementos que tienen valores de velocidad mayores que un elemento corriente (es decir, elementos que tienen un valor de índice menor en la agrupación) son sustituidos por el valor del elemento corriente. El progreso es interrumpido cuando la suma de todos los elementos en una agrupación R es menor o igual que la velocidad agregada G. cuando esto ocurre, los elementos con índices menores que el índice corriente representan puertos "voraces" cuyas velocidades permitidas son reducidas.

La anterior realización de algoritmo puede ser puesta en práctica usando un pseudo-código con las siguientes formas:

```
Sort R1 through Rn of an array R in descending order;
(Clasificar R1 a Rn de una agrupación R en orden descendente);
i = 1;
while ((i * Ri +  $\sum R_j$  (for j=(i+1) to n) > G);
i++;
}
```

Las velocidades en los elementos 1 a (i-1) de la agrupación representan los puertos "voraces". Los puertos "voraces" comparten igualmente el ancho de banda restante cuando las velocidades en los elementos de la agrupación i a n son sustraídos de la velocidad agregada G, y X es calculada como:

$$X = \sum R_j (\text{para } j=i \text{ a } n) / (j-1).$$

Una segunda realización de un método para calcular X clasifica los elementos R1 a Rn de una agrupación R en orden descendente (R1 es el mayor); y suma todos los valores de R. Las dos operaciones (clasificación y suma) anteriores pueden ser realizadas incrementalmente cuando son recibidos mensajes de velocidad. Entonces se progresa en la agrupación R desde el elemento de mayor valor (i=1) al elemento de menor valor (i=n). En cada escalón, todos los elementos con índices menores que i son reemplazados lógicamente por el valor del elemento corriente (Ri) (no es necesario actualizar físicamente estos elementos de la agrupación). La suma de elementos 1 a (i-1) es calculada como $(i-1) \cdot R_i$. La suma de elementos i a n es mantenida como sumAtOrAbove1 en cada escalón disminuyendo el sumAtOrAbove1 por Ri. La progresión es interrumpida cuando el valor de $((i-1) \cdot R_i + \text{sumAtOrAbove1})$ es menor o igual a la velocidad garantizada G. Cuando esto ocurre, elementos con índices menores que el índice corriente representan puertos "voraces" cuyas velocidades permitidas son reducidas.

La realización de un algoritmo puede ser puesta en práctica usando un pseudo-código con las siguientes formas:

Sort R1 through Rn of an array R in descending order;

(Clasificar R1 a Rn de una agrupación R en orden descendente);

```

5      sum = sum of values in array R;

      i = 1;

      // sumAtOrAboveI representa la suma de los valores de //los elementos de la agrupación cuyo índice es mayor que
10     o// igual al índice corriente i.

      sumAtOrAboveI = sum;

      while ((i-1)*Ri + + sumAtOrAboveI)>G){
15         i++;

         sumAtOrAboveI = sumAtOrAboveI – ri;

20     }

```

Las velocidades de transmisión en elementos 1 a (i-1) de la agrupación representan los puertos “voraces”. Los puertos “voraces” comparten igualmente el ancho de banda restante cuando las velocidades de los elementos de la agrupación i a n son sustraídas de la velocidad garantizada G, y X es calculado como:

$$X = (G - \text{sumAtOrAboveI}) / (i-1).$$

Una tercera realización de un método para calcular X divide el espacio de posibles valores de X en particiones iguales, y determina si un valor deseado de X se encuentra en la parte superior o en la parte inferior. El procedimiento continúa de forma recurrente sobre una parte seleccionada hasta que la suma de velocidades obtenida usando el valor corriente de X es aproximadamente igual G. El algoritmo funciona de una manera similar a una búsqueda binaria.

Un seudo-código para poner en práctica el algoritmo puede ser el siguiente:

```

35     interval = G/2;

     X = G/2;

     temp =  $\sum R_i$ (for  $R_i < X$ ) +  $\sum X$ (for  $R_i \geq X$ );
40     while (temp  $\neq$  G){

        interval = interval/2;

45     if(temp>G){

        X = X – interval;

        }else{
50         X = X + interval;

        }

55     temp =  $\sum R_i$ (for  $R_i < X$ ) +  $\sum X$ (for  $R_i \geq X$ );

        }

        //Determinar el índice del primer elemento de la agrupación// que representa un puerto que no es “voraz”.
60     while ( $R_i > X$ ){

```

```

j++;
}

5      //Determinar el número de puertos "voraces":

      Q = j-1;

10     Los puertos "voraces" comparten un ancho de banda restante después de que las velocidades de los puertos no "voraces"
      son sustraídas de la velocidad agregada, y X es calculado como:

      
$$X = (G - \sum R_i (\text{para } R_i < X)) / Q.$$


15     Una cuarta realización de un método para calcular X está ilustrada por el siguiente pseudo-código. Esta realización no
      requiere una clasificación de valores de agrupación.

      //Q es el número de puertos "voraces"

      Q = 1;

20     temp =  $\sum R_i$ ;

      //La suma corriente de velocidades de puertos no "voraces"

25     temp = temp - max( $R_i$ );

      j = index(max( $R_i$ ));

      //sustituir 0 por el valor máximo en la agrupación

30      $R_i = 0$ ;

      //X fue el segundo valor de velocidad mayor de la agrupación, ahora es//el mayor

35     X = max( $R_i$ );

      //Salir del bucle cuando los puertos "voraces" dan una velocidad mayor que //el puerto no "voraz";

      loop until  $((G - \text{temp}) / Q > X)$ 

40     {

      //el mayor valor restante de la agrupación

45     j = index(max( $R_i$ ));

      // sustituir 0 por el mayor valor restante

       $R_i = 0$ ;

50     //La suma corriente de velocidades de puertos no "voraces"

      temp = temp - X;

55     the number of "greedy ports"

      Q++;

      //X fue el segundo mayor valor de velocidad en la agrupación, ahora

60     //es el mayor

```

$X = \max(R_i);$

}

5 //La velocidad asignada a puertos "voraces"

$X = (G - \text{temp})/Q;$

Los algoritmos anteriores de control de velocidad incluyen el criterio para evaluar el valor de X;

10

$G = \sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X);$

o

15

$G = \sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X);$

El algoritmo de control de velocidad incluye los algoritmos específicos descritos antes y variaciones de estos algoritmos que constituyen una realización de los conceptos esenciales de los algoritmos.

20

El comportamiento del algoritmo de control de velocidad está ilustrado en la Figura 2 para un caso de un cliente que tiene un grupo de agregación de diez puertos, con una distancia de trayecto máxima entre puertos de 1000 Km, y una velocidad de transmisión garantizada de 1 Gbps. La transmisión de velocidad y el cálculo de velocidad permitida son realizados cada 10 ms. La velocidad de entrada en cada puerto se permite que aumente 10 Mbps en cada intervalo de 10 ms. La capacidad total requerida para satisfacer la garantía de velocidad es 1,3 Gbps. Esto puede ser comparado al compromiso de al menos 5 Gbps requerido si la velocidad de 1 Gbps es garantizada en cada puerto concurrentemente. En la Figura 2, la curva (210) muestra el tráfico de entrada de un primer archivo transferido desde un primer puerto, la curva (220) muestra el tráfico de entrada de un segundo archivo transferido desde un segundo puerto. La suma real del tráfico de entrada está mostrada por la curva (230). La curva (240) es la suma del tráfico de entrada como se ha mostrado a partir de mensajes de velocidad retrasados.

30

Los resultados de la simulación mostrados en la Figura 3 ilustran la operación de un algoritmo de control de velocidad en un caso simple, en el que un grupo de agregación contiene diez puertos miembros. En este ejemplo, el puerto 2, es decir, la curva (310) comienza enviando un archivo, después de algún tiempo Puerto 9, es decir, la curva (320) comienza a enviar un archivo, y después de algún tiempo más, el puerto 2 termina de enviar el archivo. La curva (330) muestra la suma de tráfico de entrada del puerto 2 y del puerto 9. El valor máximo de la curva (330) indica la capacidad C requerida para soportar la velocidad garantizada G. Cuando solamente está enviando un puerto, la curva (330) coincide con la velocidad del único puerto que envía. Cuando dos puertos envían a la vez, la suma del tráfico de entrada – curva (330) excede de la velocidad garantizada debido al retraso experimentado por un puerto al recibir la información de velocidad desde otros puertos.

40

Las Figuras 4 y 5 ilustran que la suposición de que los puertos operan en "al mismo tiempo" (es decir, sus actividades están sincronizadas respectivamente entre sí) proporciona un resultado conservador, o en el peor de los casos para el valor de D. Relajando esta suposición y viendo la actividad del puerto como asíncrona, puede solamente reducir el valor de D. La Figura 4 muestra un caso "ideal" en el que ocurren cambios en la velocidad permitida en el mismo instante en cada puerto, y toda la latencia de comunicación entre puertos es la misma. Hay cuatro puertos llamados A(410), B(420), C(430) y D(440). Los mensajes de velocidad son mostrados solamente desde A(410) a otros puertos, que incluyen mensajes de velocidad (460), (470) y (480). Los parámetros son los siguientes: $G = 12$, $B = 2$, $n = 4$, $nB = 8$, $D = 2$, $(n-1)BD = 12$, y $G + nB + (n-1)BD = 32$. La Figura 4 muestra que cada puerto tiene un velocidad de entrada máxima de 8 y una suma de velocidad de entrada de 32.

50

Pero en realidad, como se ha mostrado en la Figura 5, los puertos son asíncronos y toda la latencia de comunicación difiere entre pares de puertos. En la Figura 5, hay aún cuatro puertos llamados A(510), B (520), C(530) y D(540). Los mensajes de velocidad son mostrados sólo desde A a otros puertos, incluyendo mensajes de velocidad (560), (570) y (580). La Figura 5 muestra que tres puertos tienen una velocidad de entrada de 8 y uno tiene una velocidad de entrada de 6. En este caso, la capacidad requerida C es reducida. Esto es mejor (es decir se requiere menos capacidad) que el escenario en el peor de los casos ilustrado en la Figura 4.

55

Los algoritmos de control de velocidad y el SLA pueden ser usados para determinar la capacidad necesaria en el peor de los casos para soportar velocidades garantizadas en un sistema que proporciona servicios de velocidad agregada.

60

En ausencia de retraso, el uso de uno de los algoritmos de control de velocidad anteriores asegura que los valores de velocidad permitidas para el siguiente intervalo de tiempo son asignados en cada puerto de tal modo que $\sum A_i \leq S + nB$,

donde S es el valor de $\sum R_i$ asociado con un intervalo de tiempo corriente. El valor de S puede no ser permitido que aumente más allá del valor de G . Por tanto, en ausencia de un retraso (es decir, $D=0$), la capacidad requerida en un enlace dentro de una red que está en el trayecto de datos de todas las comunicaciones entre miembros del grupo (es decir un punto de corte en un gráfico de red) no es mayor que $G+nB$.

En presencia de un retraso ($D>0$), los mensajes de velocidad de $n-1$ puertos están retrasados. Un mensaje de velocidad en un puerto local (zona del cálculo de velocidad) no está retrasado cuando no se ha enviado un mensaje físico. Para cada puerto alejado, una velocidad de entrada puede ascender en B en cada intervalo de tiempo T . Hay D/T intervalos de tiempo de duración T durante un retraso de tiempo D . D puede ser calculado como la mitad del retraso del viaje de ida y vuelta entre dos puertos. Durante el retraso D , la velocidad en un puerto alejado puede ascender a BD/T . Por tanto el valor de S (basado en velocidades recibidas) subestima el valor de $\sum I_i$ por $(n-1)BD/T$. De ahí se desprende que la capacidad requerida en el enlace es $G+nB + (n-1)BD/T$.

Es importante observar que la capacidad es calculada para el peor de los casos en el que todo el tráfico pasa sobre un enlace objeto. Si el tráfico es transportado en diversos trayectos, el requisito de capacidad calculado anteriormente puede ser reducido, dependiendo del conocimiento de la distribución del tráfico a través de los diversos trayectos.

Puede ser un problema que las condiciones de red transitorias (por ejemplo un cambio en la posición física de un puerto que no ha sido reflejada en el valor de D) pueden dar como resultado un fallo para proporcionar la velocidad agregada contraída.

Con referencia ahora a la Figura 6, se indica el requisito de capacidad total en presencia del retraso D , y $(n-1)BD/T$ indica la capacidad requerida específicamente por la presencia del retraso. S_{max} indica el requisito de capacidad cuando el retraso es cero, y nB es el aumento en la velocidad de entrada permitida durante el intervalo de tiempo corriente. G indica una velocidad garantizada. A fin de reducir la probabilidad de que los cambios transitorios en una red de proveedores de servicios puedan causar que la capacidad sea excedida debido a fluctuaciones en la capacidad requerida, un proveedor de servicios puede comprometer capacidad adicional M_{low} y/o M_{high} para proporcionar una región de tampón entre la velocidad garantizada nominal especificada en el contrato del cliente y la garantía que es realmente impuesta por el proveedor de servicios. Si $M_{low} > 0$, un algoritmo de control de velocidad puede ser modificado de modo que todo los casos de G son cambiados a $(G + M_{low})$. El requisito de capacidad puede ser cambiado a $(G + M_{low}) + nB + (n-1)BD/T + M_{high}$.

Los métodos de control de velocidad en el presente invento pueden ser aplicados de una manera totalmente independiente de un modelo de servicio de velocidad agregada o cualquier velocidad garantizada específica. Un puerto puede mostrar por algunos medios sin especificar (por ejemplo una notificación de congestión), que es deseable reducir (o aumentar) la cantidad agregada de tráfico de entrada de red. El valor de G en los algoritmos de control de velocidad puede ser ajustado a un valor inferior (o superior) que la suma corriente de velocidades de entrada de un valor de G previamente usado. El efecto es reducir (o aumentar) equitativamente las velocidades de entrada de modo que, por ejemplo, puertos que envían a velocidades bajas no experimentarían reducción de la velocidad en respuesta a una congestión ya que tales puertos es improbable que sean responsables de esa congestión.

La descripción previa de las realizaciones descritas es proporcionada para permitir a los expertos en la técnica hacer uso del presente invento. Distintas modificaciones de estas realizaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica y los principios genéricos definidos aquí pueden ser aplicados a otras realizaciones sin salir del marco del invento. Así el presente invento no se pretende que esté limitado a las realizaciones mostradas aquí sino que ha de estar de acuerdo con el marco más amplio consistente con los principios y nuevas características descritas aquí.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de velocidad de servicios de comunicación de velocidad agregada, **caracterizado porque es** aplicado a un grupo n de puertos en una red de comunicación, y que comprende las operaciones de:

obtener, por cada puerto, información de velocidad de entrada de cada uno del grupo de n puertos;
hacer crecer, por cada puerto, la velocidad permitida, si la suma de las velocidades de entrada de los n puertos, s, es menor que un umbral de velocidad dado, G; en el que el grupo de n puertos forma un grupo de agregación, y el umbral de velocidad dado es una velocidad garantizada compartida de manera equitativa por el grupo de n puertos, y
ajustar por cada puerto, la velocidad permitida, si la suma de las velocidades de entrada de los n puertos, s, es mayor o igual al umbral de velocidad dado, G, de tal modo que la suma de velocidades permitidas de los n puertos sea igual al umbral G de velocidad dado.

2. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, que comprende además que cada uno del grupo de n puertos distribuye un mensaje de comunicación que contiene información de velocidad de entrada del puerto de distribución.

3. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, en el que los n puertos del grupo de agregación comparten la velocidad garantizada de manera equitativa.

4. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, que comprende además que cada puerto en el grupo de agregación distribuye un mensaje de velocidad a otros puertos del grupo de agregación que contiene información de velocidad de entrada del puerto de distribución.

5. El método de control de velocidad según la reivindicación 4, en el que el mensaje de velocidad comprende un valor de velocidad de entrada y la identidad del puerto de distribución.

6. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, en el que la operación de aceleración comprende, para un puerto local en el grupo de agregación, establecer la velocidad permitida del puerto local para el siguiente intervalo de tiempo para que sea igual a la suma de la velocidad de entrada del puerto local medida durante el intervalo de tiempo corriente, y una cantidad, B, en la que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T.

7. El método de control de velocidad según la reivindicación 6, que comprende además una operación de aumentar la velocidad permitida del puerto local en una cantidad $(G - (S + nB)/nD)$ si $(S + nB < G)$, en la que D es el valor máximo de los retrasos entre dos puertos cualesquiera del grupo de agregación.

8. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, en el que la operación de ajuste comprende además las operaciones, para un puerto local en el grupo de agregación de:

determinar una velocidad permitida máxima X, de tal modo que X satisface $G = \sum R_i$ (para $R_i < X$) + $\sum X$ (para $R_i \geq X$), o $G = \sum R_i$ (para $R_i < X$) + $\sum X$ (para $R_i \geq X$), en el que R_i es la velocidad de entrada del puerto i ($i=1, \dots, n$) en el grupo de agregación, obtenida en un mensaje de velocidad distribuido por el puerto i; y asignar a la velocidad permitida del puerto local un valor de $(\text{MIN}(I_{\text{local}}, X) + B)$, en el que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T, e I_{local} es la velocidad de entrada del puerto local para el intervalo de tiempo corriente.

9. El método de control de velocidad según la reivindicación 8, en el que la operación de determinar X comprende además:

determinar puertos "voraces"; y calcular X de tal modo que X es la velocidad permitida asignada para cada puerto "voraz", quedando sin cambios las velocidades permitidas de puertos no "voraces", y la suma de las velocidades permitidas de todos los puertos en el grupo de agregación es igual a G.

10. El método de control de velocidad según la reivindicación 9, en el que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:

formar una agrupación R usando velocidades de entrada distribuidas R_i ($i=1, \dots, n$) del puerto i en el grupo de agregación; clasificar la agrupación R en orden descendente; progresar en la agrupación R desde el elemento mayor al elemento menor; reemplazar todo los elementos que tienen valores de velocidad de entrada mayores que el elemento corriente con el valor de velocidad de entrada del elemento corriente; repetir las dos operaciones previas hasta que la suma de todos los elementos en una agrupación R sea menor o igual a la velocidad garantizada G; y determinar que los puertos "voraces" son los que tienen un índice menor que el índice del

elemento corriente en la agrupación R.

11. El método de control de velocidad según la reivindicación 9, en el que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:

formar una agrupación R usando velocidades de entrada distribuidas $R_i (i=1, \dots, n)$ del puerto i en el grupo de agregación; clasificar la agrupación R en orden descendente; progresar en la agrupación R desde el elemento mayor al elemento menor; sumar todos los elementos de la agrupación R que tienen un índice mayor que el índice del elemento corriente, dando como resultado sumAtOrAbove ; repetir las dos operaciones previas hasta que $(\text{sumAtOrAbove} + k \cdot \text{elemento corriente})$ sea menor o igual a la velocidad garantizada G, en el que k es el número de elementos que tiene un índice menor o igual que el índice del elemento corriente; y determinar que los puertos "voraces" son aquellos puertos que tienen un índice menor o igual que el índice del elemento corriente.

12. El método de control de velocidad según la reivindicación 9, en el que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:

dividir el espacio de valores posibles de X en dos particiones iguales; determinar en qué partición se encuentra un valor deseado para X; repetir las dos operaciones previas hasta que $\sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X)$ sea aproximadamente igual a la velocidad garantizada G; y determinar que los puertos "voraces" son aquellos que tienen una velocidad de entrada mayor o igual a X.

13. El método de control de velocidad según la reivindicación 9, en el que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:

determinar el valor máximo de las velocidades de entrada para puertos en el grupo de agregación; asignar el valor máximo a X; reemplazar la velocidad de entrada del puerto que tiene un valor máximo por 0; almacenar el número de los puertos que tienen una velocidad de entrada igual a 0, representado por Q; repetir las tres operaciones previas hasta que $((G - \text{suma de todas las velocidades de entrada})/Q)$ sea menor o igual a X; y determinar que los puertos "voraces" son los que tienen velocidades de entrada iguales a 0.

14. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, en el que la capacidad en el peor de los casos requerida para soportar comunicaciones entre puertos del grupo de agregación es $(G+nB)$, en ausencia de retraso, en la que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T.

15. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, en el que la capacidad en el peor de los casos requerida para soportar comunicaciones entre puertos del grupo de agregación es $((G+nB) + (n-1)BD/T)$ en presencia del retraso D, en el que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T.

16. El método de control de velocidad según la reivindicación 1, en el que una capacidad adicional M_{low} o M_{high} es proporcionada.

17. Un sistema para control de velocidad de servicios de comunicación de velocidad agregada, **caracterizado porque** comprende:

al menos un grupo de agregación, que comprende n puertos que comparten una velocidad garantizada G; en el que cada puerto del grupo de agregación está configurado para obtener información de velocidad de entrada de todos los demás puertos en el grupo de agregación; para hacer crecer la velocidad permitida si la suma de la velocidad de entrada de todos los puertos en el grupo de agregación, S, es menor que la velocidad garantizada G; y ajustar la velocidad permitida de modo que la suma de velocidades permitidas de todos los puertos en el grupo de agregación para el siguiente intervalo de tiempo es igual a G, si la suma de la velocidad de entrada de todos los puertos en el grupo de agregación, S, es mayor o igual a la velocidad garantizada G.

18. El sistema según la reivindicación 17, en el que puertos del grupo de agregación están configurados para compartir la velocidad garantizada del grupo de agregación de manera equitativa.

19. El sistema según la reivindicación 17, en el que cada puerto en el grupo de agregación está configurado además para distribuir un mensaje de velocidad que contiene una información de la velocidad de entrada del puerto de distribución.

20. El sistema según la reivindicación 19, en el que el mensaje de velocidad comprende un valor de velocidad de entrada e identidad del puerto de distribución.

21. El sistema según la reivindicación 17, en el que cada puerto en el grupo de agregación está configurado para hacer

crecer la velocidad permitida añadiendo una cantidad B a su velocidad de entrada corriente, de modo que la suma de velocidades permitidas de todos los puertos en el grupo de agregación es igual a la velocidad garantizada G, en que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T.

- 5 22. El sistema según la reivindicación 17, en el que cada puerto en el grupo de agregación está configurado para ajustar la velocidad permitida usando un método que comprende las operaciones de, para un puerto local en el grupo de agregación:
- 10 determinar una velocidad permitida máxima X, de tal modo que X satisfaga $G = \sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X)$, o $G = \sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X)$, en el que R_i es la velocidad de entrada del puerto i ($i=1, \dots, n$) en el grupo de agregación, obtenida en un mensaje de velocidad distribuido por el puerto i; y asignar a la velocidad permitida del puerto local un valor de $(\text{MIN})(I_{\text{local}}, X) + B$, en que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T, y I_{local} es la velocidad de entrada del puerto local para el intervalo de tiempo corriente.
- 15 23. El sistema según la reivindicación 22, en el que la operación de determinar X comprende además:
- determinar puertos "voraces"; y calcular X de tal modo que X es la velocidad permitida asignada a cada puerto "voraz", las velocidades permitidas de puertos no "voraces" quedan sin cambios, y la suma de las velocidades permitidas de todos los puertos en el grupo de agregación es igual a G.
- 20 24. El sistema de control de velocidad según la reivindicación 23, configurado de manera que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:
- 25 formar una agrupación R usando velocidades de entrada distribuidas $R_i (i=1, \dots, n)$ del puerto i en el grupo de agregación; clasificar la agrupación R en orden descendente; progresar en la agrupación R desde el elemento mayor al elemento menor; reemplazar todo los elementos que tienen valores de velocidad de entrada mayores que el elemento corriente por el valor de la velocidad de entrada del elemento corriente; repetir las dos operaciones previas hasta que la suma de todos los elementos en una agrupación R sea menor o igual a la velocidad garantizada G; y determinar que los puertos "voraces" son los que tienen un índice menor que el índice del elemento corriente en la agrupación R.
- 30 25. El sistema según la reivindicación 23, configurado de manera que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:
- 35 formar una agrupación R usando velocidades de entrada distribuidas $R_i (i=1, \dots, n)$ del puerto i en el grupo de agregación; clasificar la agrupación R en orden descendente; progresar en la agrupación R desde el elemento mayor al elemento menor; sumar todos los elementos de la agrupación R que tienen un índice mayor que el índice del elemento corriente, dando como resultado $\text{sumAtOrAbove} + k \cdot \text{elemento corriente}$; repetir las dos operaciones previas hasta que $(\text{sumAtOrAbove} + k \cdot \text{elemento corriente})$ sea menor o igual a la velocidad garantizada G, en el que k es el número de elementos que tiene un índice menor o igual que el índice del elemento corriente; y determinar que los puertos "voraces" son aquellos puertos que tienen un índice menor o igual que el índice del elemento corriente.
- 40 26. El sistema según la reivindicación 23, configurado de manera que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:
- 45 dividir el espacio de valores posibles de X en dos particiones iguales; determinar en qué partición se encuentra un valor deseado para X; repetir las dos operaciones previas hasta que $\sum R_i (\text{para } R_i < X) + \sum X (\text{para } R_i \geq X)$ sea aproximadamente igual a la velocidad garantizada G; y determinar que los puertos "voraces" son aquellos que tienen una velocidad de entrada mayor o igual a X.
- 50 27. El sistema según la reivindicación 23, configurado de manera que los puertos "voraces" son determinados por un algoritmo que comprende las operaciones de:
- 55 determinar el valor máximo de las velocidades de entrada para puertos en el grupo de agregación; asignar el valor máximo a X; reemplazar la velocidad de entrada del puerto que tiene un valor máximo por 0; almacenar el número de los puertos que tienen una velocidad de entrada igual a 0, representado por Q; repetir las tres operaciones previas hasta que $((G - \text{suma de todas las velocidades de entrada})/Q)$ es menor o igual a X; y determinar que los puertos "voraces" son los que tienen velocidades de entrada iguales a 0.
- 60 28. El sistema según la reivindicación 17, en el que la capacidad requerida en el peor de los casos para soportar comunicaciones entre puertos del grupo de aleación es $(G + nB)$, en ausencia de retraso, en la que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T.

29. El sistema según la reivindicación 17, en el que la capacidad requerida en el peor de los casos para soportar comunicaciones entre puertos del grupo de agregación es $(G+nB)+(n-1)BD/T$ en presencia del retraso D, en el que B es una cantidad de incremento de velocidad por intervalo de tiempo t de duración T.

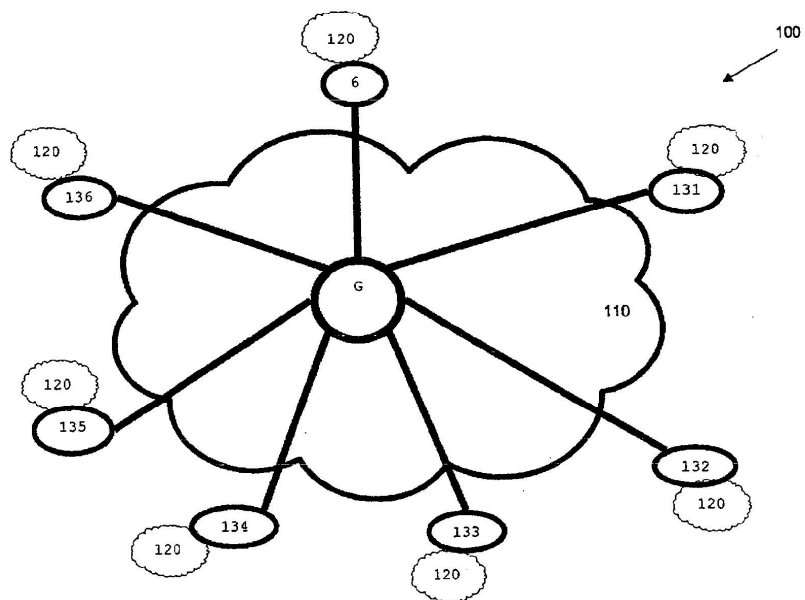


FIG. 1

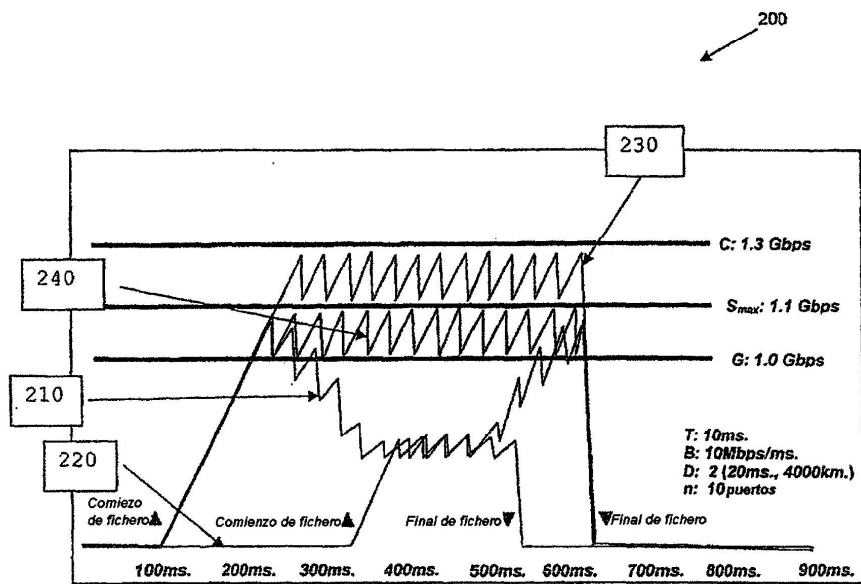


FIG. 2

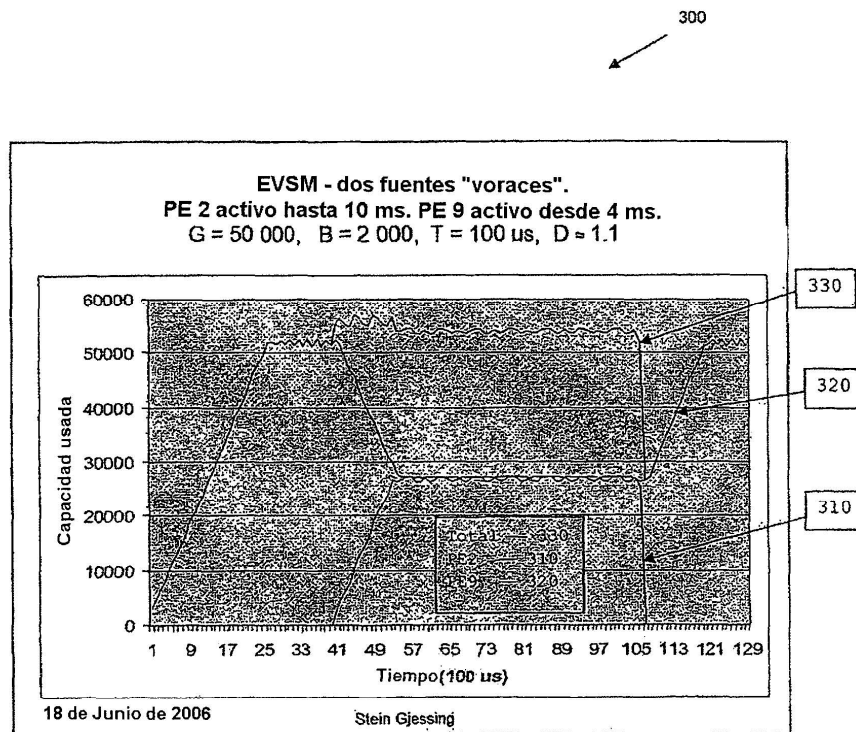


FIG. 3

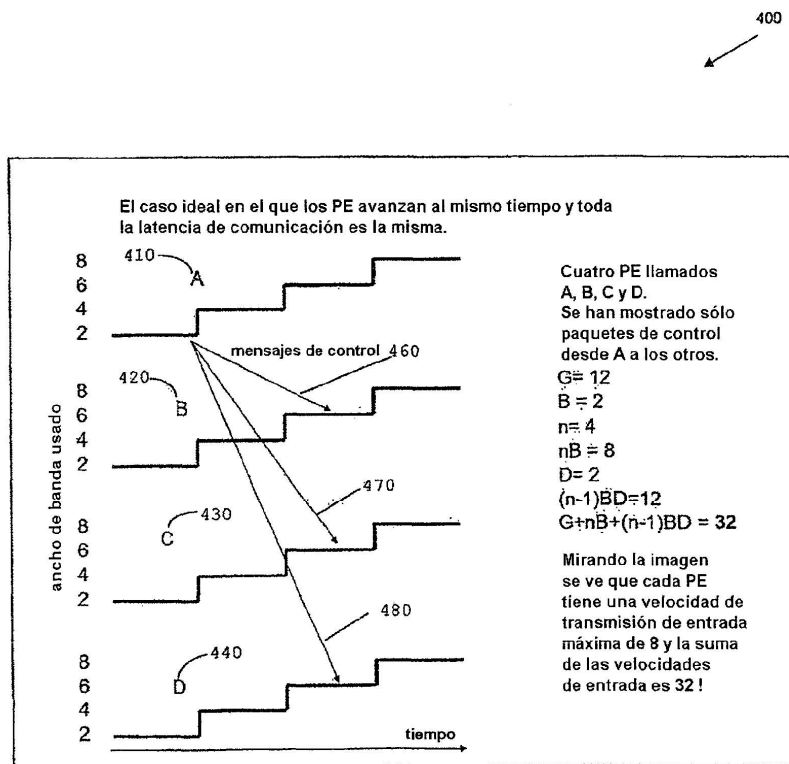


FIG. 4

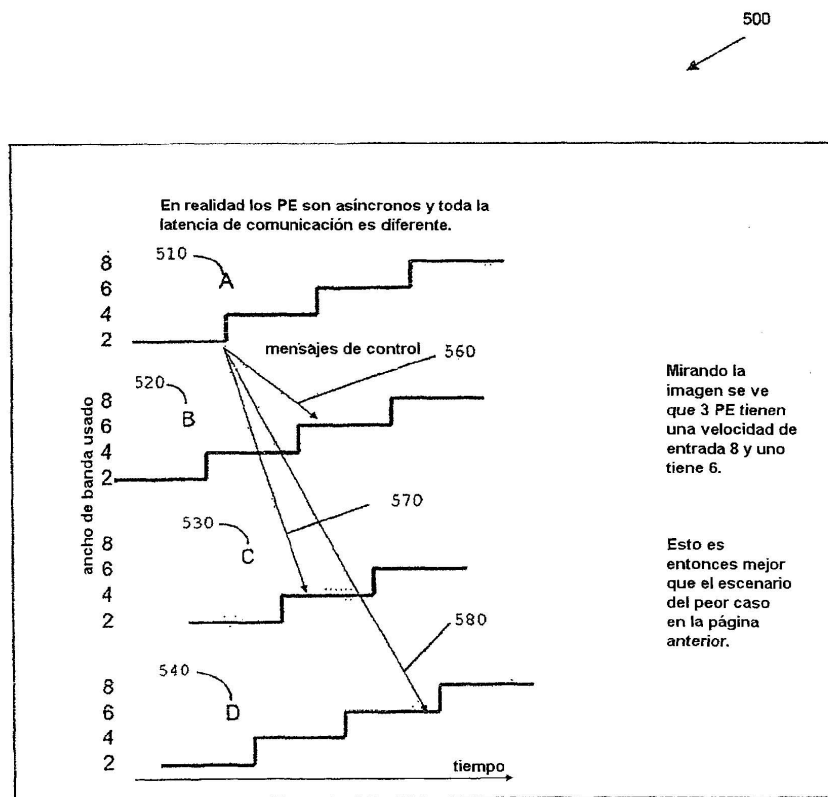


FIG. 5

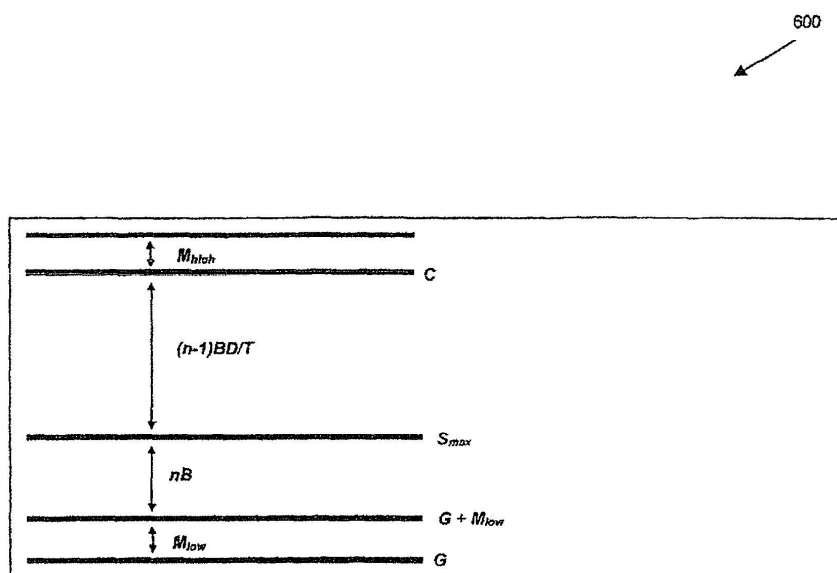


FIG. 6