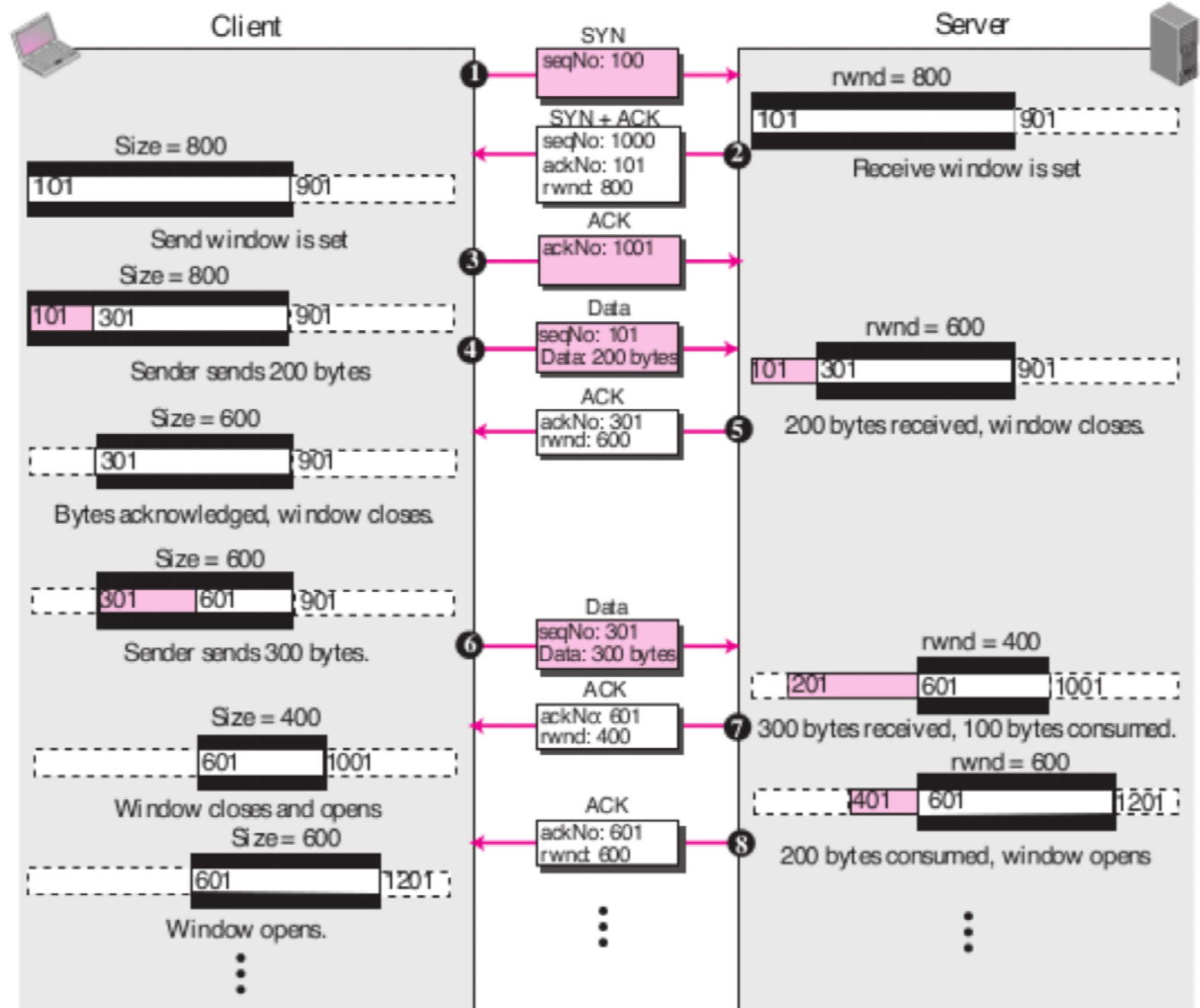


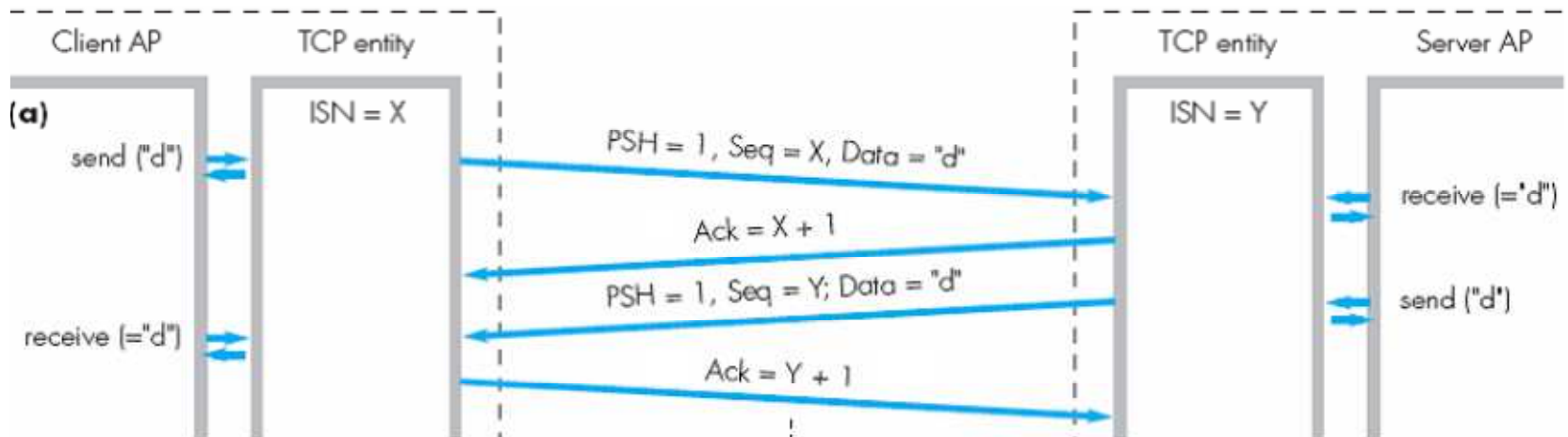
Control de Flujo

- Controla la tasa de envío de datos para evitar la sobrecarga del receptor
- El control de flujo en se realiza mediante la ventana de recepción, anunciada en cada ACK.



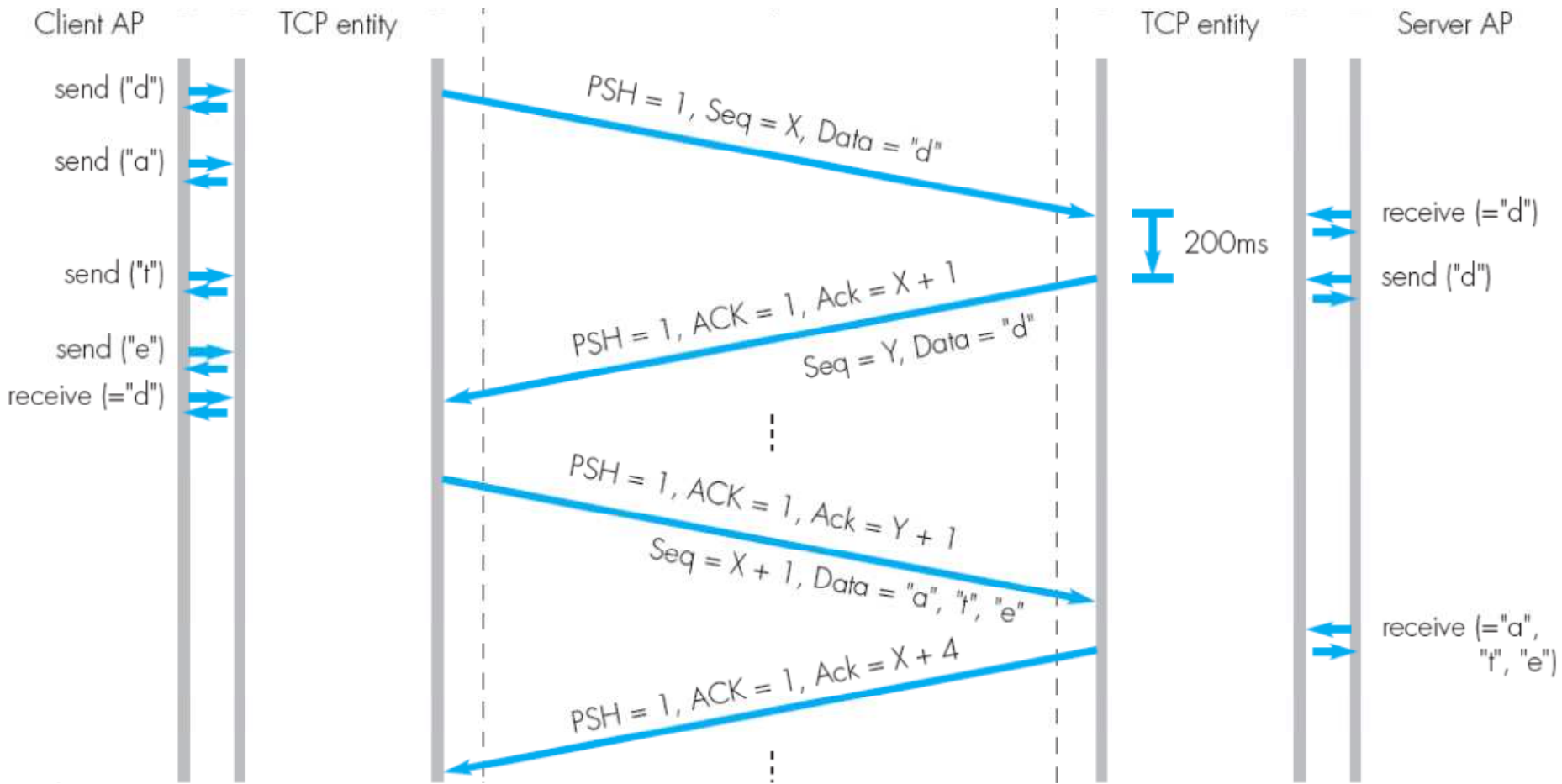
Control de Flujo: Síndrome de la ventana trivial

- El síndrome de la ventana trivial (*silly window*) se produce cuando:
 - La aplicación emisora genera datos a un ritmo muy lento (ej. byte a byte)
 - La aplicación receptora consume datos a un ritmo muy lento
- **Ventana trivial en el emisor** (ej. Aplicaciones interactivas)
 - Cada carácter necesita 4 mensajes TCP/IP (40bytes de cabeceras)
 - Un carácter (1 bytes) usa más de 160 bytes
- **Algoritmo de Nagle**
 - El emisor envía el primer mensaje (aunque sea un sólo byte)
 - Los siguientes mensajes se retrasan hasta que:
 - se recibe un ACK del receptor
 - se acumulan MSS bytes de la aplicación
 - expira un temporizador



Control de Flujo: Síndrome de la ventana trivial

Ejemplo: Transmisión con el algoritmo de Nagle

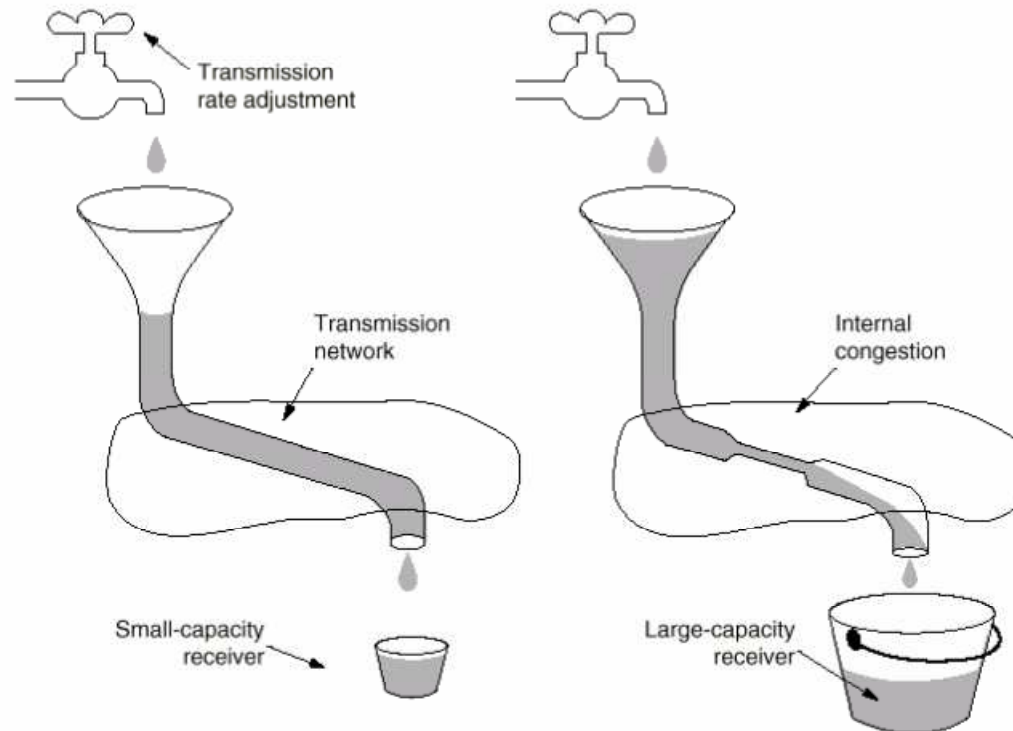


Control de Flujo: Síndrome de la ventana trivial

- **Ventana trivial en el receptor**
 - La aplicación consume los datos a un ritmo lento
 - Se anuncian ventanas de tamaño reducido, produciendo el efecto anterior
- **Algoritmo de Clark**
 - Anunciar un tamaño de ventana 0 hasta que:
 - Se puede recibir un segmento completo (MSS)
 - Se ha liberado la mitad del buffer de recepción
- Retrasar los ACKs
 - Para el desplazamiento de la ventana del emisor
 - Reduce el tráfico (número de ACKs) pero puede provocar retransmisiones innecesarias
 - TCP establece que no deben retrasarse más de 500ms

Control de la Congestión

- Cuando se pierde paquetes en Internet, la mayoría de las veces se debe a un problema de congestión en algún punto de la red:
 - El router no puede procesar y reexpedir paquetes al ritmo al que los recibe
 - Cuando el router se satura, empieza a descartar paquetes (incluidas las confirmaciones)
- El control de la congestión y el flujo son dos mecanismos diferentes



Control de la Congestión

- El emisor utiliza el ritmo de llegada de confirmaciones para regular el ritmo de envío de segmentos de datos
- Esto se implementa mediante la **ventana de congestión (CW)**
 - La ventana de congestión es complementaria a la ventana de recepción (RW) usada para el control de flujo
 - En una situación de no congestión (sin pérdida o retraso de segmentos) la ventana de congestión alcanza el mismo tamaño que la ventana de recepción (CW=RW)
 - Cuando se produce una situación de congestión el tamaño de CW se va reduciendo progresivamente
 - Cuando la situación de congestión desaparece, el tamaño de CW se va aumentando progresivamente
 - El número máximo de bytes que puede enviar el emisor (AW, Allowed Window) es el mínimo de ambos tamaños de ventana:

$$AW = \min \{ RW, CW \}$$

Control de la Congestión

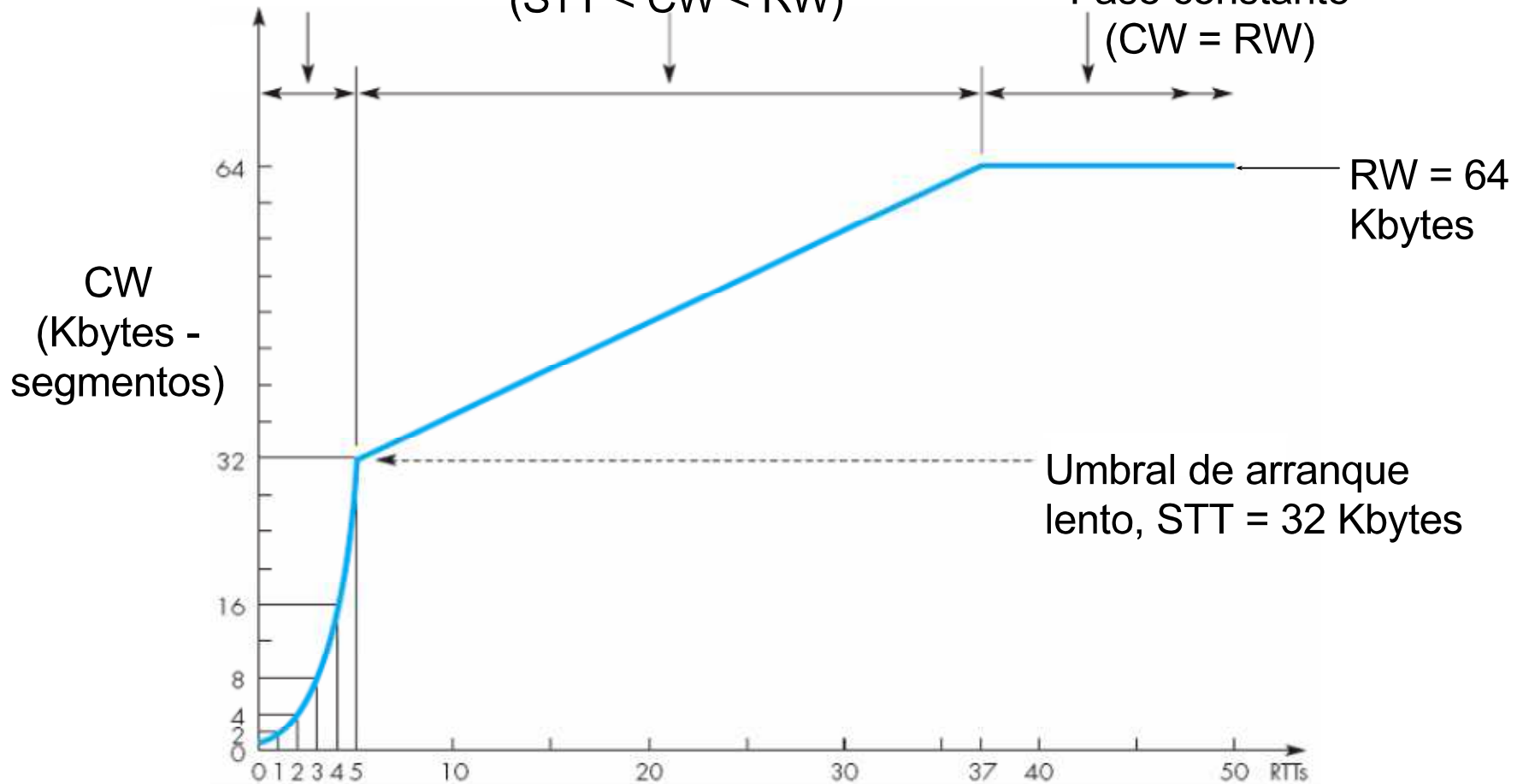
- La red está sin congestión cuando no se pierden o retrasan segmentos
- La transmisión comienza con un tamaño de ventana de congestión $CW = 1$
 - El emisor envía un único segmento de tamaño máximo igual a MSS
- A continuación, la CW va aumentando, pasando por tres fases distintas:
 - **Fase de arranque lento** (*slow start*)
 - La CW se incrementa en uno por cada segmento enviado y confirmado
 - Esto provoca un crecimiento exponencial ($CW = 1, 2, 4, 8, 16, 32, \dots$)
 - Esta fase termina cuando el tamaño de CW alcanza un cierto umbral, denominado umbral de arranque lento (STT, *Slow Start Threshold*)
 - Inicialmente, el valor del STT suele ser de 64 Kbytes
 - **Fase de evitación de congestión** (*congestion avoidance*)
 - A partir del STT, la CW se incrementa en 1 cada vez que se envía y se confirma una ventana completa (es decir, CW segmentos)
 - Esto provoca un crecimiento lineal
 - Esta fase termina cuando la CW alcanza el tamaño de la ventana de recepción (RW)
 - **Fase constante**
 - En esta fase, la CW se mantiene a un valor constante ($CW = RW$)

Control de la Congestión

Fase de arranque lento
($CW \leq STT$)

Fase de evitación de congestión
($STT < CW < RW$)

Fase constante
($CW = RW$)

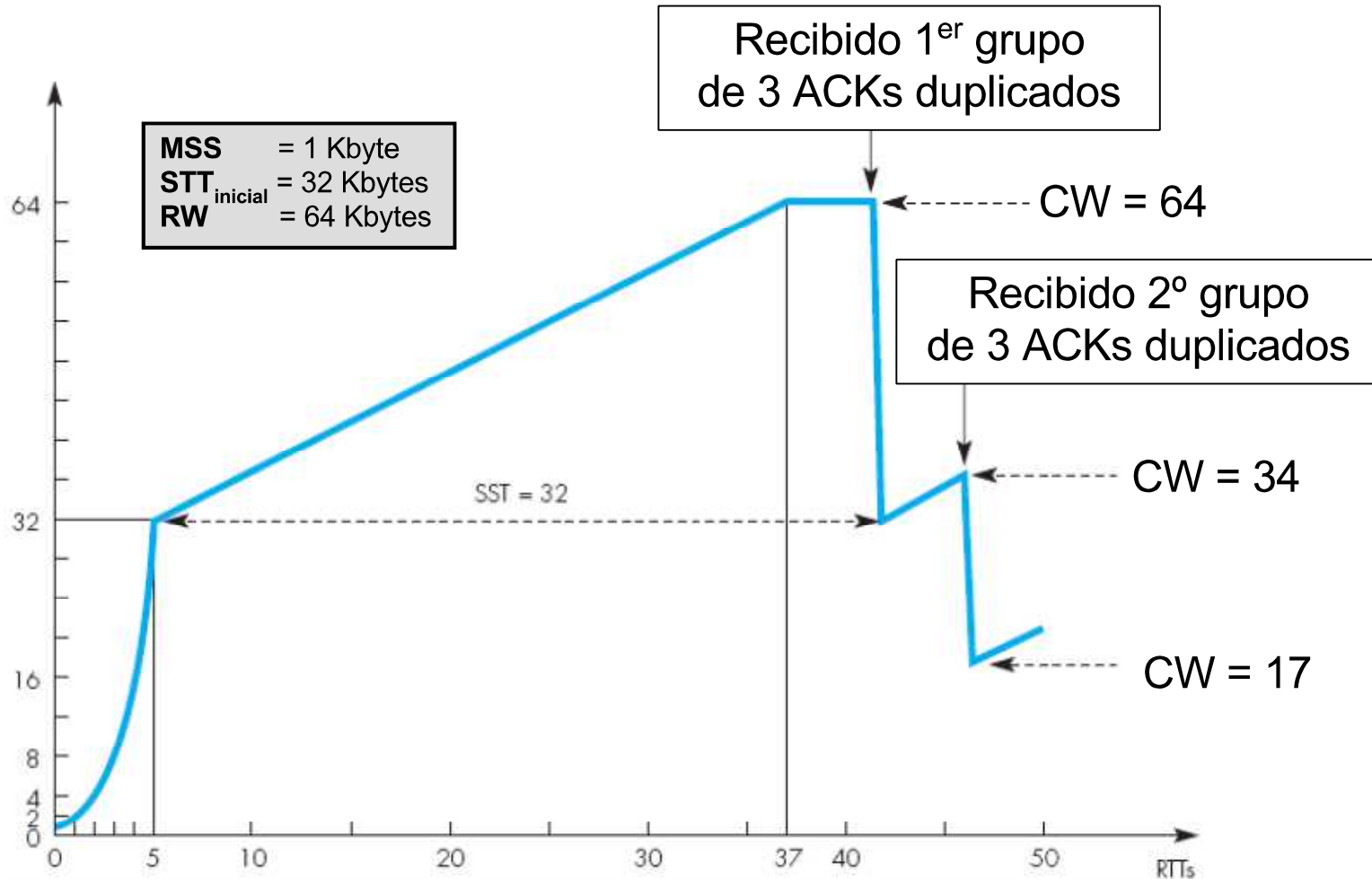


Control de la Congestión

- La situación de congestión en la red se detecta indirectamente
- **Recepción de 3 ACKs duplicados**
 - Nivel de congestión leve, sigue habiendo tráfico en la red (llegan las confirmaciones)
 - Se activa el método de recuperación rápida (*fast recovery*):
 - Dividir el valor de CW a la mitad
 - Ejecutar el método de evitación de colisiones a partir de ese valor de CW
- **Expiración del temporizador de retransmisión (timeout)**
 - Nivel de congestión elevado, se interpreta que el tráfico en la red está interrumpido (no llegan confirmaciones)
 - En este caso se realizan las siguientes acciones:
 - Inicializar el tamaño de la ventana de congestión a $CW = 1$
 - Reducir el umbral de arranque lento (STT), fijándolo a la mitad del valor que tenía la CW antes de producirse el timeout
 - Ejecutar el método de arranque lento a partir de $CW = 1$

Control de la Congestión

- Recepción de 3 ACKs duplicados



Control de la Congestión

- Expiración de los temporizadores de retransmisión

