



دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

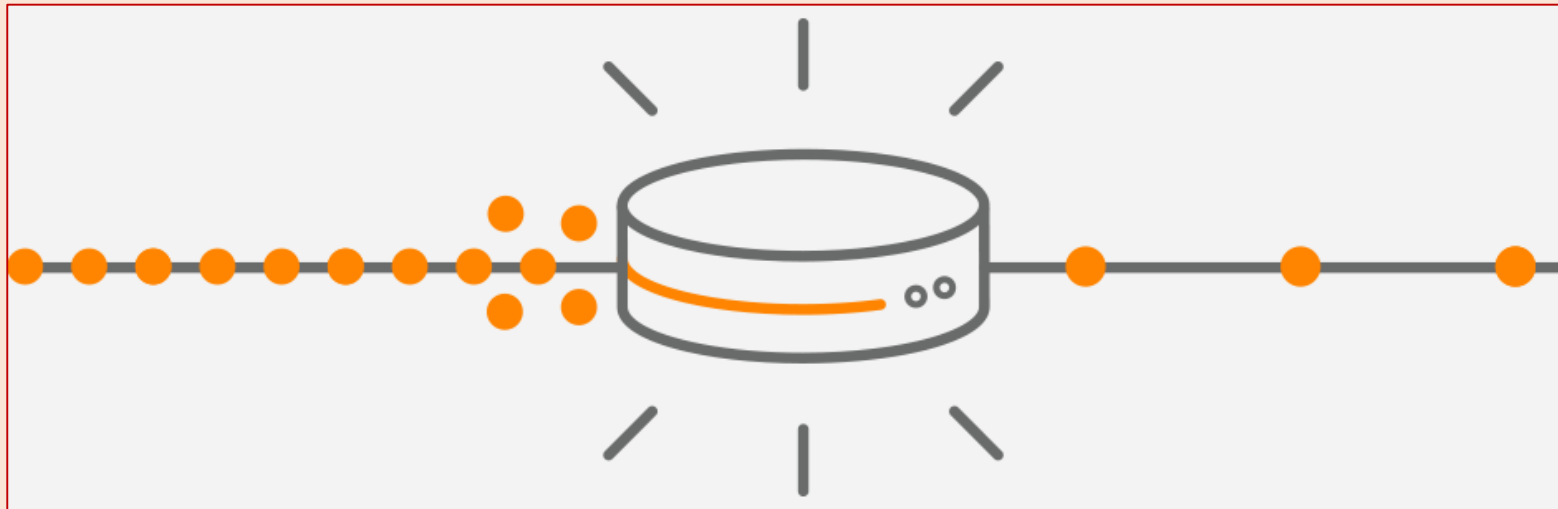
Computer Networks

شبکه های کامپیوتری

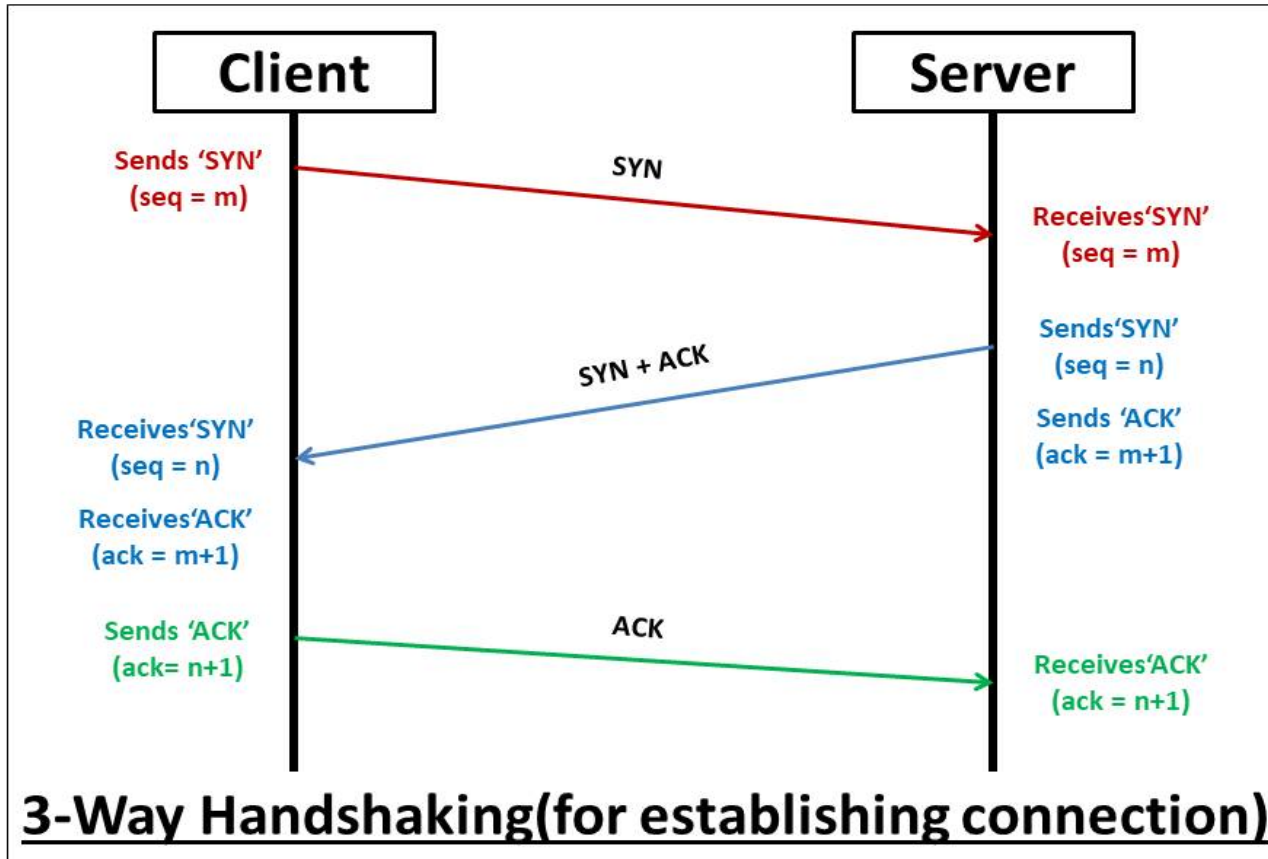
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
دانشکده فناوری اطلاعات و مهندسی کامپیوتر
دکتر محسن حیدریان

نیمسال اول ۱۴۰۳
(رشته مهندسی کامپیوتر)

Congestion ازدحام



تفاوت TCP و ARQ



The **Transmission Control Protocol** uses a variant of Go-Back-N ARQ to ensure reliable transmission of data over the Internet Protocol, which does not provide guaranteed delivery of packets; with Selective Acknowledgement (SACK), it uses Selective Repeat ARQ.

The ARQ is a **layer 2 data link protocol** (see OSI model) and TCP is a layer 3 Transport protocol (see TCP/IP model in the Internet Architecture).

SYN (Synchronize Sequence Number)

Acknowledgement (ACK)

تفاوت TCP و ARQ

TCP is an ARQ protocol

■ Basic operation:

- ▶ sliding window
- ▶ loss detection by timeout at sender
- ▶ retransmission is a hybrid of go back and selective repeat
- ▶ Cumulative acks

■ Supplementary elements

- ▶ fast retransmit
- ▶ selective acknowledgements

■ Flow control is by credit

■ Congestion control

- ▶ adapt to network conditions

The **Transmission Control Protocol** uses a variant of Go-Back-N ARQ to ensure reliable transmission of data over the Internet Protocol, which does not provide guaranteed delivery of packets; with **Selective Acknowledgement (SACK)**, it uses **Selective Repeat ARQ**.

The ARQ is a **layer 2 data link protocol** (see OSI model) and TCP is a layer 3 Transport protocol (see TCP/IP model in the Internet Architecture).

مکانیزم کنترل ازدحام TCP

معمولا هنگام عبور جریان الکتریسیته از یک سیم، هر الکترونی که از سیم خارج می شود، یک الکترون به جای آن به سیم وارد می شود. این اصل، می تواند در کنترل ازدحام و کنترل جریان نیز در شبکه های کامپیوتری استفاده شود. پروتکل TCP به نوعی سعی می کند این دیدگاه را در شبکه پیاد سازی کند.

معمولا بسته ها در شبکه به دو دلیل حذف می شوند: (۱) ازدحام و اینکه روتر بسته را حذف می کند (۲) نویز در کانال که امروزه چندان مهم نیست.

عوامل زیر بر وقوع ازدحام و مدیریت ترافیک شبکه موثر هستند: سرعت ارسال بسته به شبکه توسط فرستنده، سرعت دریافت بسته توسط گیرنده، اندازه بافر گیرنده، شلوغی شبکه، نویز، مدیریت افر در گیرنده، مدیریت صف بسته ها در بافر در گیرنده، زمانبندی دریافت و ارسال بسته ها توسط فرستنده و گیرنده.

مکانیزم های مختلفی برای مواجهه با ازدحام و جریانهای لحظه ای بسته ای در شبکه وجود دارد مانند نظیر سطل سوراخ دار یا مکانیزم های کنترل جریان و غیره. در TCP معمولا نظارت مناسبی بر ظرفیت گیرنده و ظرفیت شبکه انجام می شود.

مکانیزم کنترل ازدحام TCP

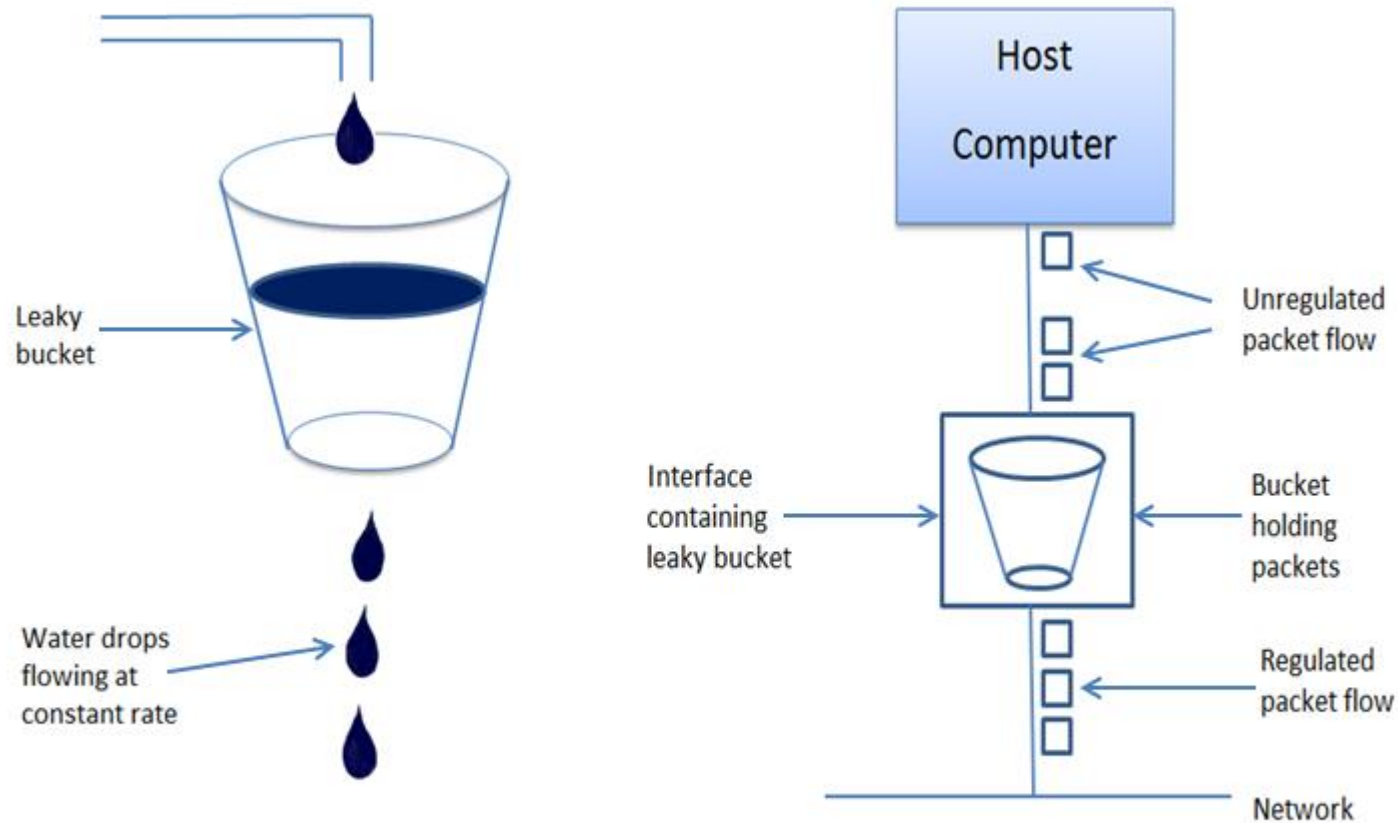


Fig: Leaky Bucket Algorithm

در شکل مقابل مشاهده می شود که سطل سوراخ دار ظرفیت زیادی دارد و اگر از شیر آب به صورت لحظه ای جریان زیادی وارد شود، سطل آن را پذیرفته و ذخیره می کند. در عوض قطرات آب به صورت مرتب و منظم و با سرعت ثابت و مشخص می توانند از سطل خارج شوند و سرعت متغیر جریانهای لحظه ای در شیر آب به این قطرات منتقل نمی شود. لذا جریان خروجی آب، همواره روند ثابت و منظمی خواهد داشت. معمولاً الگوریتم TCP نیز تلاش می کند مانند سطل آب یک مکانیزم برای پیش بینی یا مقابله با جریانهای لحظه ای بسته ها و تثبیت جریان بسته ها داشته باشد. توجه شود این جریانهای لحظه ای بسته ها می تواند ازدحام تولید کند.

در مکانیزم سطل سوراخ دار باید توجه شود که ظرفیت سطل محدود است و نمی تواند یک جریان شدید و بالای آب را برای مدت زمان زیادی ذخیره کند. یعنی باید از پر شدن و سرریز شدن آن جلوگیری کرد. لذا پروتکل TCP برای جلوگیری از سرریز شدن سطل آب نیز مکانیزم مشخصی دارد. همچنین TCP تلاش می کند به ظرفیت لوله های آب هم توجه کند.

مکانیزم کنترل ازدحام TCP

اصطلاحات:

Segment: به بسته های TCP (Data,Ack) اصطلاحاً سگمنت گفته می شود.

SMSS (Sender Maximum Segment Size): اندازه بزرگترین سگمندی که فرستنده می تواند ارسال کند

RMSS (Receiver Maximum Segment Size): سایز بزرگترین سگمندی که گیرنده می تواند دریافت کند.

rwnd (Receiver Window): طول پنجره سمت گیرنده.

cwnd (Congestion Window): نشان دهنده وضعیت متغیر TCP است که میزان داده در شبکه را محدود می کند و معمولاً حداکثر تعداد بایتهایی را نشان می دهد که می تواند به شبکه ارسال شود. در هر لحظه، حجم ارسال داده به شبکه به اندازه مینیمم cwnd و rwnd می باشد. اگر در شبکه اتصال تنگنا وجود داشته باشد، اندازه cwnd کوچکتر می شود.

Timeout: مدت زمانی است که الگوریتم منتظر می ماند تا تصدیق بسته (ACK) ارسال شده برگردد. در همه الگوریتمهای TCP فرض بر این است که وقوع Timeout بدلیل ازدحام شبکه است. اندازه پنجره ارسال داده به شبکه معادل مینیمم دو پنجره cwnd و rwnd است.

RTT: یک تکرار کامل در ارسال بسته به مقصد است به معنای Round trip time

Threshold: یک آستانه است که کران بالا برای cwnd محسوب می شود. مقدار اولیه آن 64kB است.

مکانیزم کنترل ازدحام در TCP، شامل ۴ مرحله زیر است:

Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmission, Fast Recovery

این موارد را به ترتیب شرح خواهیم داد.

مکانیزم کنترل ازدحام TCP

:Slow Start

در ابتدا خواهیم داشت $cwnd=1$ (یعنی تعداد بایتهایی به اندازه یک بسته) و اولین بسته با حجم $SMSS=\min\{cwnd, RMSS\}$ ارسال می شود. پس از یک RTT که Ack پیام اول از طرف مقصد به مبدا بر می گردد، مقدار $cwnd$ در ۲ ضرب می شود و این بار دو بسته با اندازه $SMSS$ به مقصد ارسال می شود. به همین ترتیب مقدار $cwnd$ هر بار دو برابر می شود. مشاهده می شود که مقدار $cwnd$ به صورت نمایی هر بار دو برابر می شود.

:Congestion Avoidance

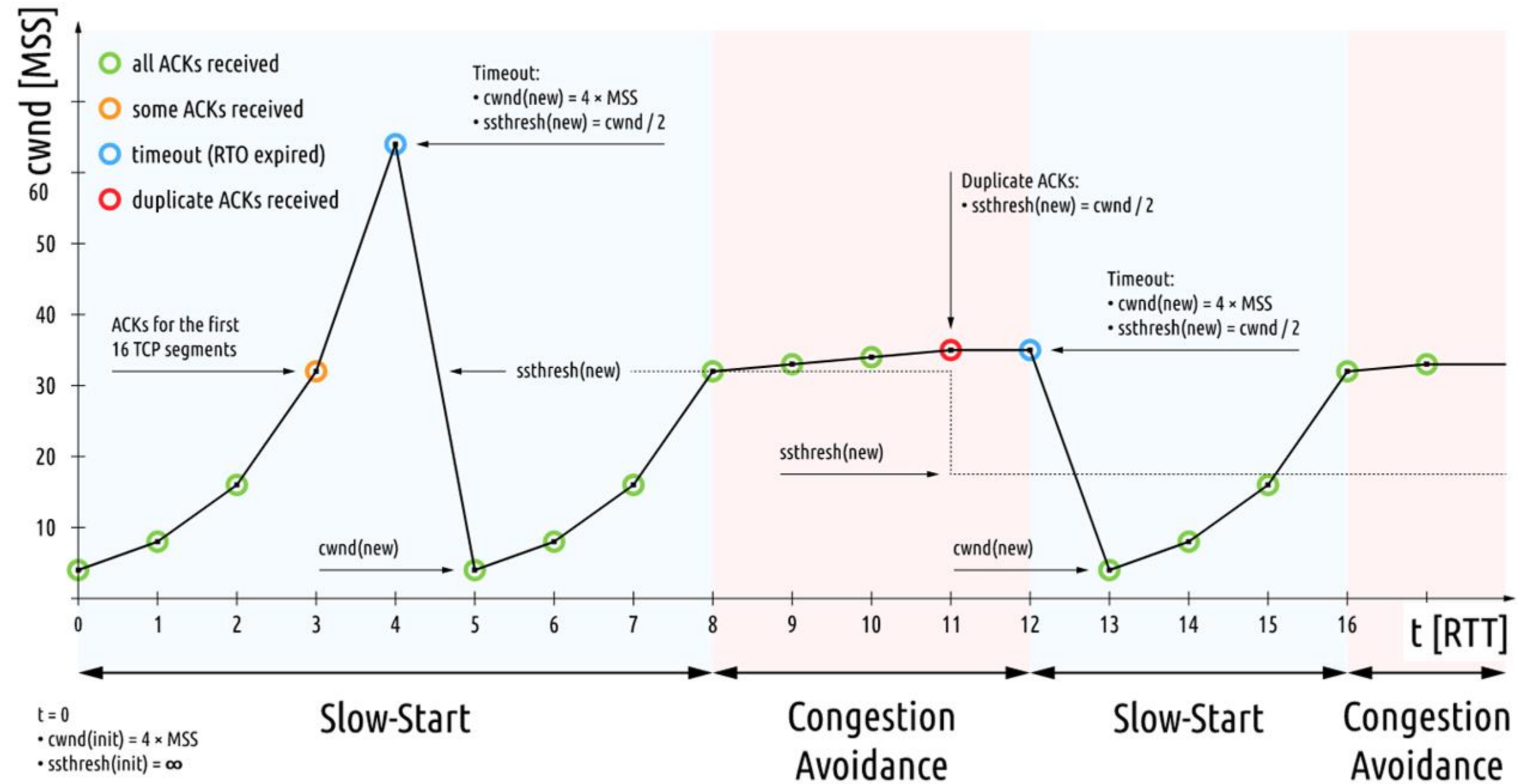
وقتی که $cwnd$ به مقدار به $threshold$ برسد، رشد نمایی آن متوقف شده و رشد آن خطی می شود. یعنی به ازای برگشتن هر Ack فقط یک واحد به $cwnd$ افزوده می شود. این عمل به خاطر دوری از ازدحام انجام می شود و TCP به روترها اجازه می دهد خودشان را تطبیق دهند. این مرحله خطی همچنان ادامه خواهد داشت تا زمانی که یک بسته حذف شود، یا $timeout$ اتفاق بیافتد یا تعداد Ack های دریافت شده تکراری زیاد شود.

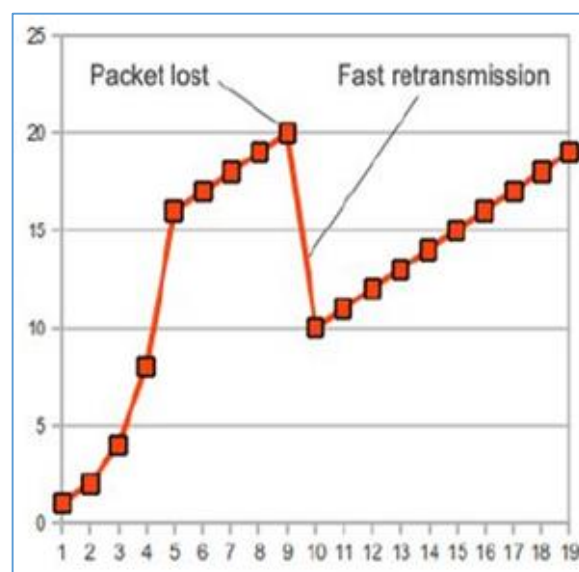
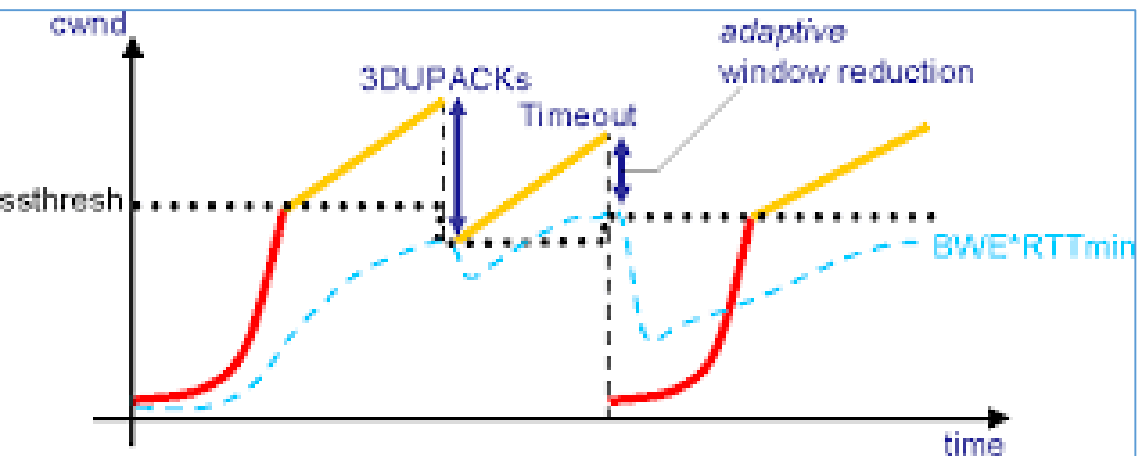
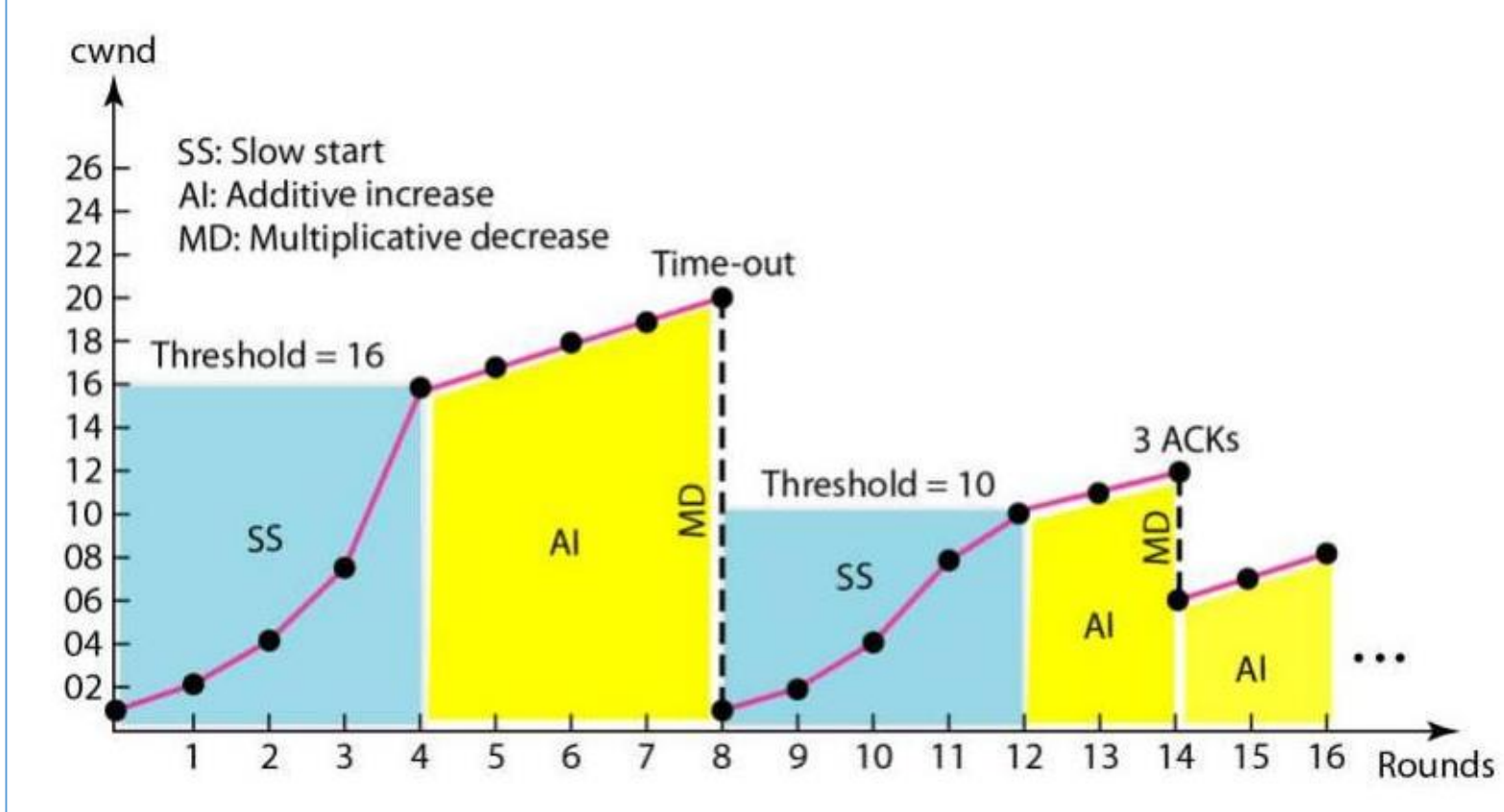
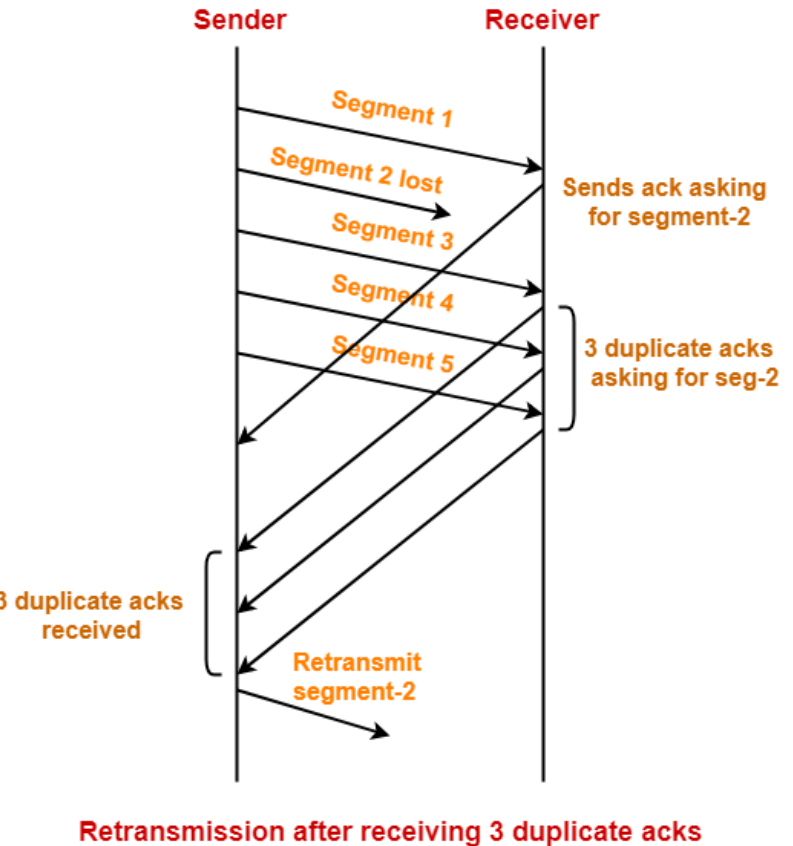
:Fast Retransmission

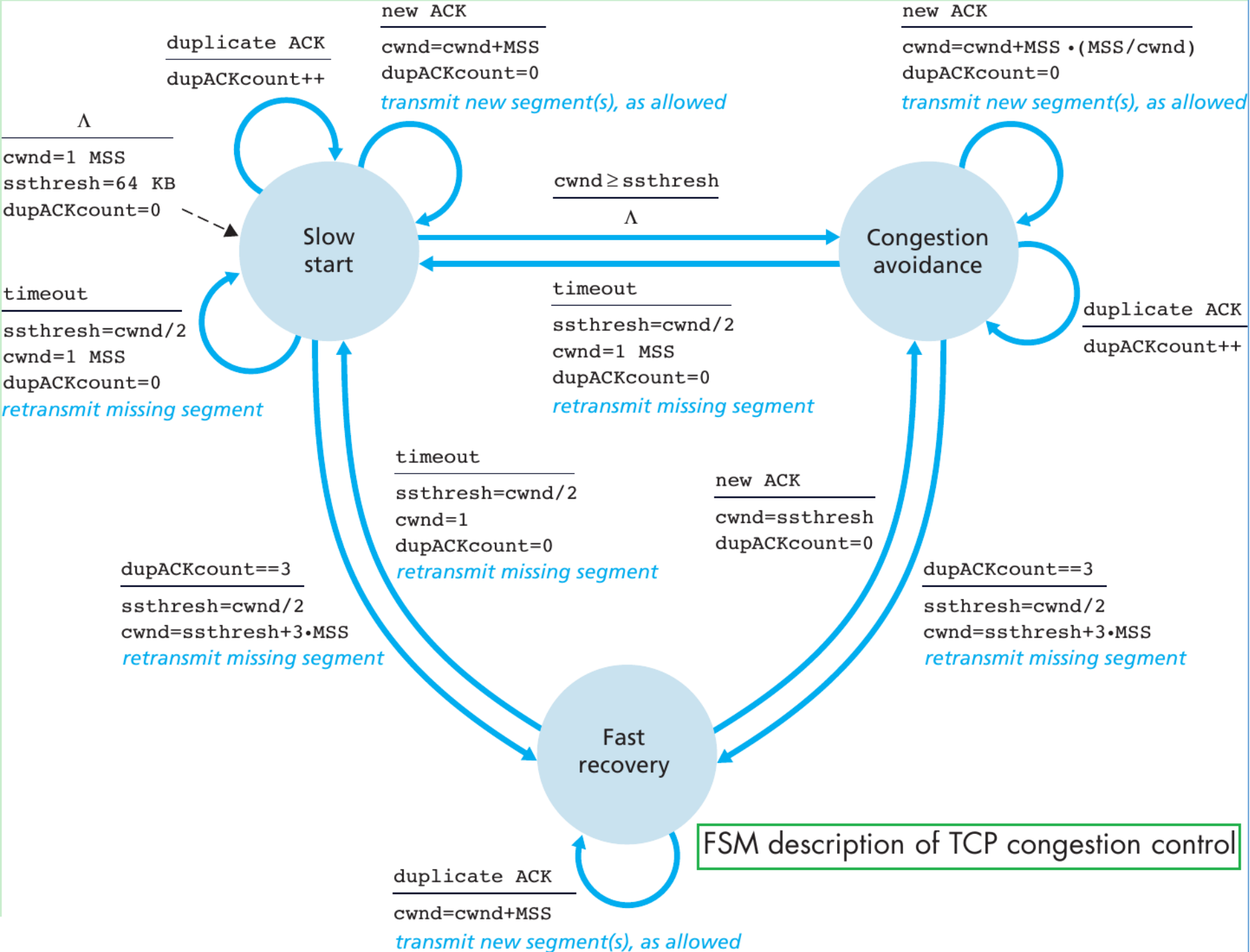
اگر یک بسته TCP گم شود و تصدیق آن برنگردد و زمان شمارنده $timeout$ شود، مقدار $cwnd$ سقوط می کند و خواهیم داشت: $threshold=cwnd/2$ و $cwnd=1$. یعنی مقدار آستانه به نصف انداز پنجره ازدحام فعلی سقوط کرده و مقدار $cwnd$ مجدداً برابر با یک می شود و مرحله $slow start$ مجدداً شروع می شود. یعنی هم پنجره ازدحام بسیار کوچک می شود و هم کران بالای آن به نصف سقوط می کند. لذا این عکس العمل TCP شدید است و قصد دارد سریعاً ازدحام را کنترل کند.

:Fast Recovery

زمانیکه یک بسته در مقصد دریافت نمی شود، بسته های Ack تکراری ۳ عددی در مبدا دریافت می شوند (در TCP بسته Ack شامل حالت منفی یا شماره بسته نمی شود و نوعی Selective Go Back ARQ است). لذا خواهیم داشت $threshold=cwnd/2$ و $cwnd=threshold$ که نشان می دهد مقدار آستانه نصف پنجره ازدحام شده و ازدحام شدید نیست و باید روش Congestion Avoidance با مقدار اولیه $threshold$ شروع شود. یعنی مقدار $cwnd$ با شروع از $threshold$ خطی رشد خواهد کرد.







یک نسخه کامل از عملکرد TCP Congestion Control که مرحله ۴ گانه این مکانیسم را به صورت یک Final State Machine نمایش می دهد. هر دایره یک حالت را در نمایش داده و فلش ها نیز حوادثی هستند که باعث می شوند TCP تغییر حالت داده و به حالت دیگری از مکانیزم کوچ کند. بعضی از حوادث باعث می شوند که تغییر حالت ایجاد نشود و فقط مقدار پارامترها و متغیرها تغییر کند.

