**Yêu cầu:**

**- Tìm hiểu về giải thuật TCP CUBIC, TCP Compound và TCP BBR**

**- So sánh 3 giải thuật trên.**

**- Cho biết ưu, khuyết của 3 giải thuật này.**

**Lưu ý: Tập trung vào các nội dung sau:**

**1. Lý do ra đời của giải thuật ( vấn đề các giải thuật cũ, giải pháp...)**

**2. Giai đoạn khi mới khởi tạo kết nối TCP thì hoạt động kiểm soát tắc nghẽn thế nào.**

**3. Khi gặp tắc nghẽn thì thế nào ?**

**4. Giai đoạn sau tắc nghẽn diễn ra thế nào ?**

——————————————————————————————————————————

TCP Compound là một giải thuật kiểm soát tắc nghẽn được phát triển bởi Microsoft nhằm cải thiện hiệu suất của TCP trong các mạng có băng thông cao và độ trễ lớn (high Bandwidth-Delay Product - BDP). Giải thuật này được sử dụng rộng rãi trong hệ điều hành Windows, bắt đầu từ Windows Vista và các phiên bản sau đó. TCP Compound kết hợp các cơ chế kiểm soát tắc nghẽn cổ điển của TCP với một thành phần kiểm soát tốc độ bổ sung, giúp nó đạt được tốc độ truyền tải cao hơn trong các mạng hiện đại. Dưới đây là phân tích chi tiết về TCP Compound với các khía cạnh quan trọng:Compound

——————————————————————————————————————————

**1. Lý do ra đời của TCP Compound**

- Hạn chế của các giải thuật cũ:

- Các giải thuật kiểm soát tắc nghẽn truyền thống như TCP Reno và TCP NewReno gặp khó khăn trong việc tận dụng tối đa băng thông khi kết nối qua các mạng có BDP cao. Điều này dẫn đến hiệu suất truyền tải không đạt yêu cầu trong các môi trường như mạng cáp quang, mạng vệ tinh, và các kết nối quốc tế.

- TCP NewReno, mặc dù cải thiện so với TCP Reno trong việc xử lý mất gói, nhưng vẫn dựa chủ yếu vào việc điều chỉnh cửa sổ tắc nghẽn theo cách tuyến tính khi gặp tắc nghẽn.

- Mục tiêu của TCP Compound:

- TCP Compound ra đời nhằm tối ưu hóa hiệu suất trên các mạng có BDP cao bằng cách kết hợp hai thành phần:

- Thành phần thường (loss-based): Dựa trên cơ chế của TCP Reno, điều chỉnh tốc độ truyền dựa trên việc phát hiện mất gói.

- Thành phần mềm (delay-based): Dùng để phát hiện sự thay đổi trong độ trễ RTT (Round Trip Time), từ đó điều chỉnh tốc độ truyền để tránh gây ra tắc nghẽn.

- Ý tưởng chính:

- TCP Compound cố gắng giữ cân bằng giữa tốc độ truyền nhanh và việc tránh gây ra tắc nghẽn, bằng cách tăng cường hoặc giảm bớt kích thước cửa sổ tắc nghẽn dựa trên thông tin về mất gói và sự thay đổi của RTT.

——————————————————————————————————————————

**2. Hoạt động kiểm soát tắc nghẽn khi khởi tạo kết nối**

- Giai đoạn khởi tạo (Slow Start):

- Giống như các giải thuật TCP truyền thống, TCP Compound bắt đầu với giai đoạn Slow Start, nơi kích thước cửa sổ tắc nghẽn (Congestion Window - CWND) tăng gấp đôi sau mỗi chu kỳ RTT, cho đến khi xảy ra hiện tượng mất gói hoặc đạt ngưỡng `ssthresh` (slow start threshold).

- Trong thời gian này, thành phần delay-based của TCP Compound cũng hoạt động để giám sát RTT và đưa ra cảnh báo nếu phát hiện dấu hiệu tắc nghẽn đang xảy ra.

- Chuyển sang Congestion Avoidance:

- Khi vượt quá `ssthresh` hoặc phát hiện mất gói, TCP Compound chuyển sang giai đoạn Congestion Avoidance. Thành phần delay-based giúp điều chỉnh tốc độ truyền dựa trên các tín hiệu độ trễ trước khi xảy ra mất gói thực sự, giúp tránh gây ra tắc nghẽn nặng.

——————————————————————————————————————————

**3. Hoạt động khi gặp tắc nghẽn**

- Phản ứng với tín hiệu tắc nghẽn:

- Khi gặp tín hiệu mất gói, TCP Compound giảm kích thước cửa sổ giống như TCP Reno, tức là giảm CWND theo một tỷ lệ nhất định (thường là giảm một nửa).

- Thành phần delay-based giúp TCP Compound phát hiện sớm dấu hiệu tắc nghẽn thông qua việc giám sát RTT. Khi độ trễ tăng, điều này có thể cho thấy mạng đang dần bị tắc nghẽn, và TCP Compound sẽ giảm bớt tốc độ truyền ngay cả khi chưa có mất gói.

- Delay-based Control:

- Thành phần delay-based của TCP Compound điều chỉnh tốc độ truyền dựa trên sự thay đổi của RTT. Khi độ trễ RTT tăng, thành phần này giảm bớt tốc độ truyền để giảm thiểu áp lực lên mạng, nhằm tránh làm mất gói dữ liệu.

- Nếu RTT không tăng, thành phần delay-based sẽ tăng kích thước cửa sổ, giúp tăng hiệu suất truyền tải khi mạng có băng thông còn trống.

——————————————————————————————————————————

**4. Ứng xử sau tắc nghẽn**

- Giai đoạn sau tắc nghẽn:

- Sau khi giảm kích thước cửa sổ do mất gói, TCP Compound sẽ điều chỉnh tốc độ truyền thông qua cả hai thành phần. Thành phần loss-based tăng kích thước cửa sổ một cách từ từ để phục hồi tốc độ truyền, trong khi thành phần delay-based điều chỉnh để đảm bảo không tạo ra tắc nghẽn mới.

- TCP Compound có thể phục hồi lại tốc độ truyền nhanh hơn so với TCP Reno nhờ vào thành phần delay-based, giúp tăng tốc độ truyền khi RTT giảm trở lại.

- Cân bằng giữa tốc độ và tắc nghẽn:

- TCP Compound cố gắng duy trì sự cân bằng giữa hai yếu tố: khai thác băng thông tối đa và tránh làm mất gói dữ liệu. Điều này giúp nó đạt được hiệu suất truyền cao trong các mạng có BDP lớn mà vẫn giữ độ ổn định trong các mạng có băng thông thấp hoặc độ trễ thấp.

——————————————————————————————————————————

**5. Ưu điểm và nhược điểm của TCP Compound**

| Ưu điểm | Nhược điểm |
| --- | --- |
| Hiệu suất cao trên mạng BDP lớn | Độ phức tạp cao |
| Giảm tắc nghẽn thông qua delay-based | Không tương thích hoàn toàn với các TCP khác |
| Khả năng phục hồi nhanh | Hiệu suất thấp hơn trong mạng có độ trễ thấp |

——————————————————————————————————————————

**6. Kết luận**

TCP Compound là một giải pháp tiên tiến cho việc kiểm soát tắc nghẽn trong các mạng hiện đại có băng thông cao và độ trễ lớn. Bằng cách kết hợp cả hai cơ chế kiểm soát tắc nghẽn dựa trên mất gói và độ trễ, TCP Compound có thể đạt được hiệu suất cao trong các điều kiện mạng phức tạp. Tuy nhiên, độ phức tạp của giải thuật này cũng đòi hỏi sự hiểu biết kỹ thuật cao hơn và có thể không luôn đạt được hiệu suất tối ưu trong mọi môi trường mạng.