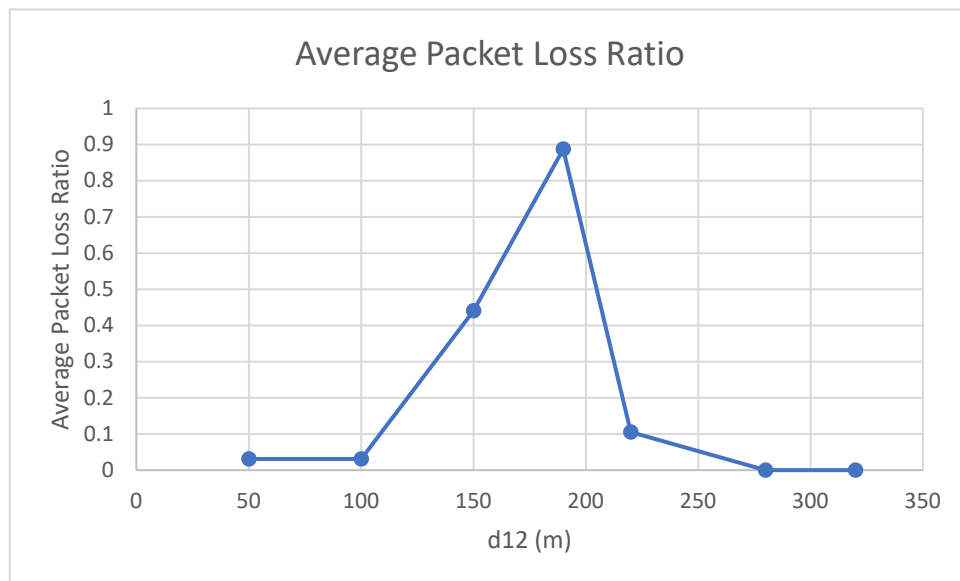
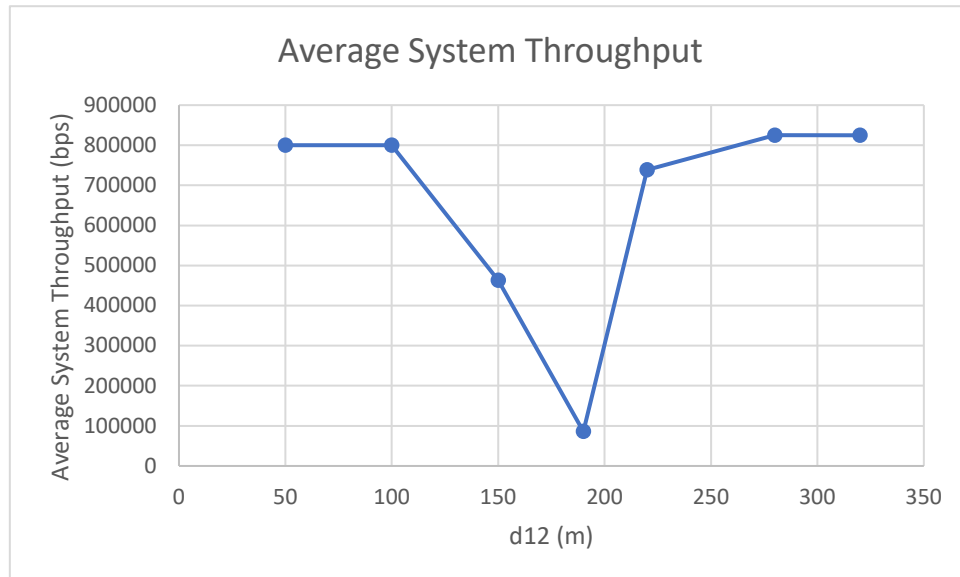
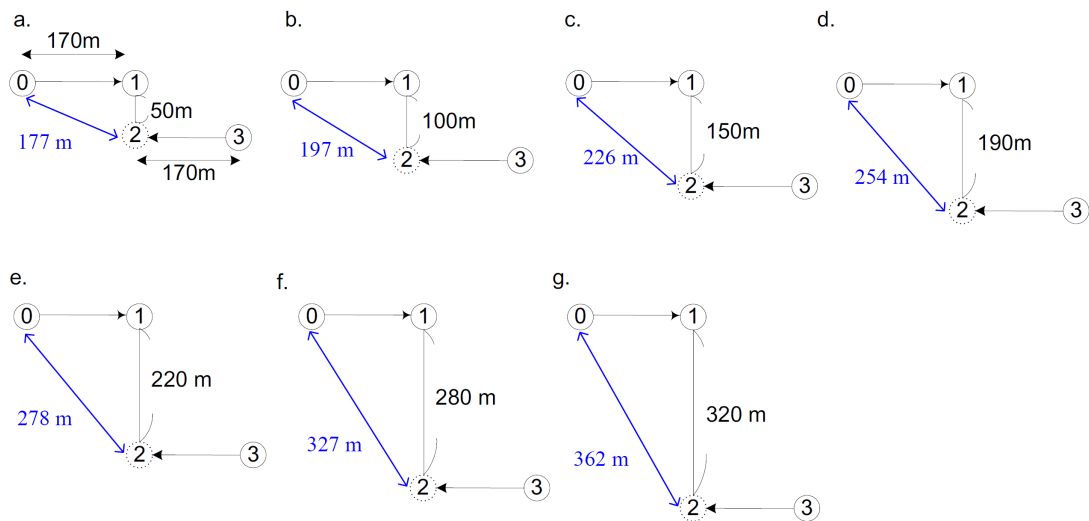


Lab3

311511034 黃聖偉

Part I: RTS & CTS





CS Range = 300m, TX Range = 200m

在 part 1 中透過調整 node 1 與 node 2 間不同的 distance，來觀察 hidden terminal problem 在 RTS/CTS 下對 throughput 與 packet loss ratio 的影響。

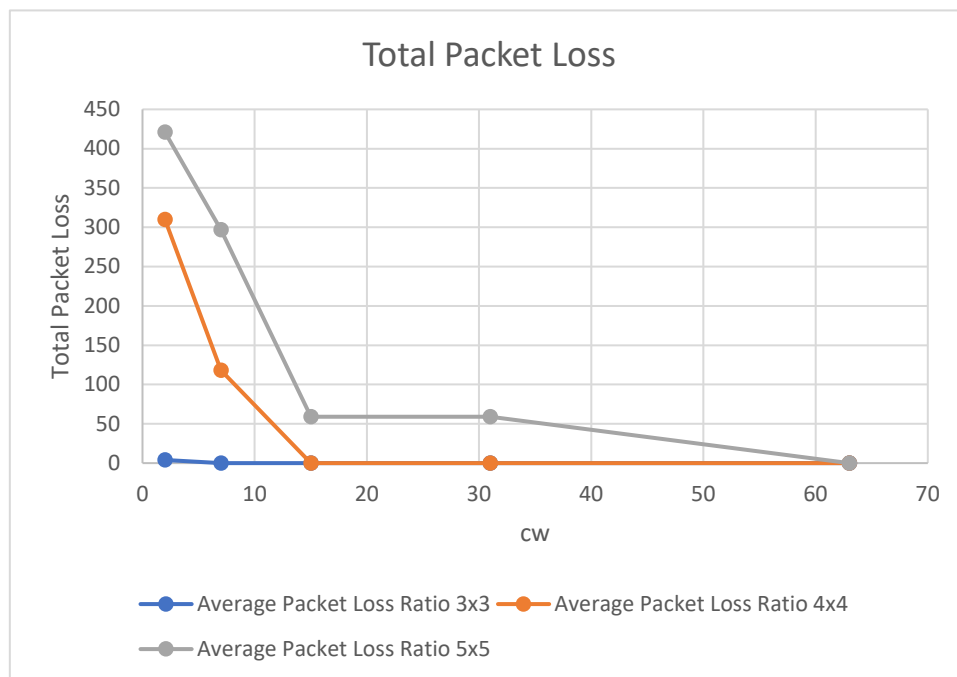
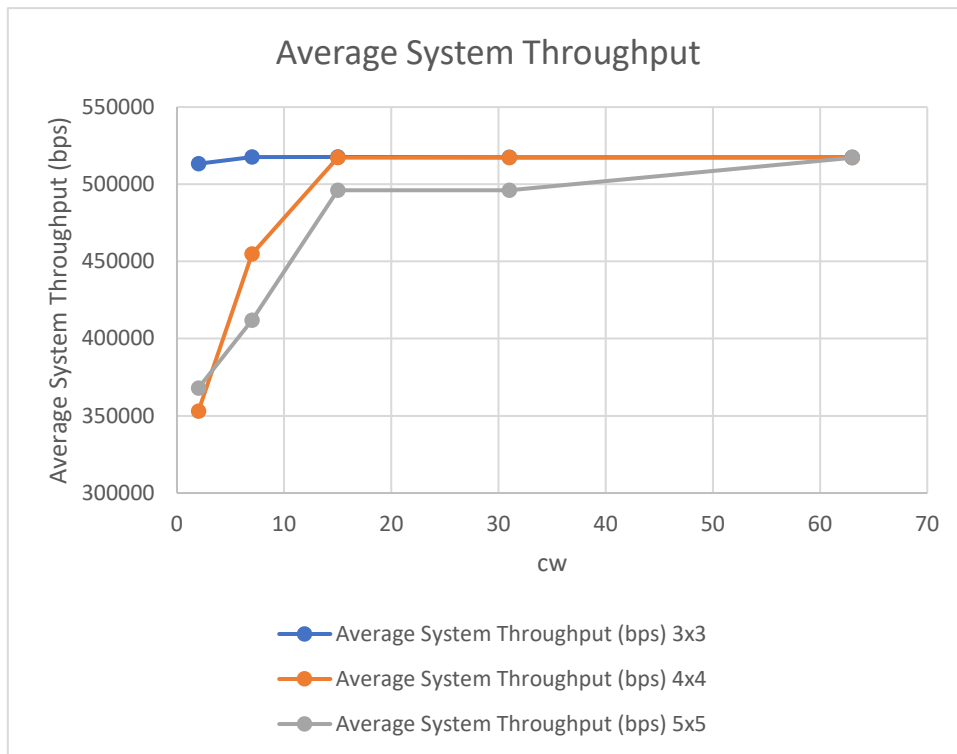
在 $d_{12} = 50\text{m}, 100\text{m}$ 的情況下，由於 d_{02} 的距離小於 TX Range 也小於 CS Range，因此不會產生 hidden terminal problem，因為 node 0 與 node 2 可以偵測到彼此，而 node 3 在 node 2 的範圍內，因此 RTS/CTS 可以在所有 node 作用，使 node 0 與 node 3 不會同時傳送，使 collision 不會發生，因此 throughput 維持最大值、packet loss ratio 維持很低。

在 $d_{12} = 150\text{m}, 190\text{m}$ 的情況下， d_{02} 的距離小於 CS Range 但大於 TX Range，雖然 node 2 可以偵測到 node 0 在傳送，但有很大的機率無法正確解讀 RTS/CTS，而 node 3 也無法正確解讀 RTS/CTS，造成 collision 發生，使 throughput 下降、packet loss ratio 上升。而 $d_{12} = 150\text{m}$ throughput 與 packet loss ratio 都比 $d_{12} = 190\text{m}$ 好的原因，我認為是跟 SINR 有關，也就是因為 $d_{12} = 150\text{m}$ 時距離較近，使 SINR 較大，而使 RTS/CTS 成功解讀機率變大，以及 collision 時成功解讀機率變大。

在 $d_{12} = 220\text{m}, 280\text{m}, 320\text{m}$ 的情況下，也就是當 d_{12} 與 d_{02} 都越來越遠時，node 0 影響 node 2 的 interference 已經變小。雖然在 $d_{12} = 220\text{m}$ 時仍會造成 packet collision，但因為 interference 變的更小，使封包收到的並成功解讀機率提高，也就是雖然 packet collision 發生，但仍可以成功接收封包。因此 throughput 有顯著提升、packet loss ratio 顯著下降。而 $d_{12} > 280\text{m}$ 以後， d_{02} 完全超過 interference range，因此 throughput 維持最大值、packet loss ratio 維持 0。

| d12 (m) | Average System Throughput (bps) | Average Packet Loss Ratio |
|---------|---------------------------------|---------------------------|
| 50 | 800395 | 0.0307692 |
| 100 | 800395 | 0.0307692 |
| 150 | 463011 | 0.441026 |
| 190 | 85950.2 | 0.887179 |
| 220 | 738193 | 0.105128 |
| 280 | 825094 | 0 |
| 320 | 824879 | 0 |

Part II: CW size



由 part 2 實驗我們可以觀察到不同 contention window size 對 throughput 與 total packet loss 的影響。

從上面兩張圖中，可以看到當 content window size 增加時，total packet loss 會跟著降低，我認為這是因為 collision 發生的機率降低了，而這也使得 throughput 上升。

如果沒有使用 backoff 機制時，可能同時會有多個 node 偵測到目前 channel 沒人使用，這些 node 就會同時認為自己可以使用 channel 而同時傳送，導致 collision 的發生。為了解決上述的問題，可以使用 backoff 機制，然而如果使用固定大小的 backoff interval，仍然有很大的機率會有多個 node 同時開始倒數，導致同時倒數結束發送 packet 而造成 collision。因此，在 802.11 中的 DCF 機制中，將 backoff interval 設定成一個 range，也就是 contention window，並且在 contention window 中隨機取一個值作為 backoff interval。透過這樣的方式，可以降低發生多個 node 同時獲得相同 backoff interval 並且同時倒數結束送出 packet 而造成 collision 的情況。

當 CW 越大時，因為 backoff interval 選擇變多了，因此多個 node 同時傳送 packet 造成 collision 的機率降低，因此可以很清楚的由圖中看到 CW 變大時 collision 降低，使 throughput 上升，total packet loss 降低。

不過 CW 也不能太大，不然 packet 等待時間有可能會過久，造成 time expiration 的機率也會增加，造成 packet loss 增加，throughput 降低。我也有在實驗中觀察到這樣的狀況，也就是當 CW 繼續增加時，total packet loss 反而會增加。

而當 sender 的數量越多時，能夠使 total packet loss = 0 的 CW 也隨著增加，我認為這是因為當 sender 越多時，需要有更多的 backoff interval 選擇，使 sender 能更容易避開彼此而不會同時傳送。

| CW | Average System Throughput (bps) | | |
|----|---------------------------------|--------|--------|
| | 3x3 | 4x4 | 5x5 |
| 2 | 513294 | 353091 | 368019 |
| 7 | 517601 | 454830 | 411897 |
| 15 | 517596 | 517201 | 496033 |
| 31 | 517466 | 517162 | 496190 |
| 63 | 517534 | 517252 | 517155 |

| CW | Total Packet Loss | | |
|----|-------------------|-----|-----|
| | 3x3 | 4x4 | 5x5 |
| 2 | 4 | 310 | 421 |
| 7 | 0 | 118 | 297 |
| 15 | 0 | 0 | 59 |
| 31 | 0 | 0 | 59 |
| 63 | 0 | 0 | 0 |