

Gruppo

Bellin Leonardo - 1216480 - (leonardo.bellin@studenti.unipd.it)

D'Este Luca - 1216494 - (luca.deste.1@studenti.unipd.it)

Pepaj Maria Teresa - 1216538 - (mariateresa.pepaj@studenti.unipd.it)

Sandron Piergiorgio - 1103918 - (piergiorgio.sandron@studenti.unipd.it)

Zanin Daria - 1218709 - (daria.zanin@studenti.unipd.it)

Analisi e confronto del traffico durante l'utilizzo dei software di videoconferenza Microsoft Teams e Zoom

1 Abstract

Durante l'attuale pandemia i programmi per videoconferenze e videochiamate hanno visto un'ampia diffusione in tutti gli ambiti della nostra vita: dal lavoro alla scuola, alle relazioni con amici e familiari. Pertanto è di interesse analizzare quale impatto abbia, sul traffico di rete, il massiccio utilizzo di questi programmi. Si è dunque deciso di valutare e confrontare il carico e le prestazioni di rete di due diversi programmi di videoconferenza: Zoom Video Communications e Microsoft Teams.

2 Introduzione

La scelta di confrontare questi due software è stata fatta basandosi sulla vasta diffusione che hanno, specialmente nel mondo scolastico. Queste due piattaforme infatti sono state utilizzate per la didattica a distanza sia nelle scuole primarie e secondarie che nelle università. L'analisi fatta di seguito considera quindi questo contesto e si focalizza principalmente sulle situazioni che potrebbero verificarsi durante l'utilizzo dei software da parte di studenti ed insegnanti.

Zoom è una piattaforma web utilizzata per "call" di lavoro, chat, videoconferenze, videochiamate, webinar, lezioni a distanza e altri eventi sempre da remoto. Microsoft Teams è una struttura telematica studiata per gestire il telelavoro e le equipe di smart working.

Qui di seguito vengono riportate alcune informazioni riguardo ai software utilizzati in questa analisi, quali: versione, tipo di account, limite di partecipanti e licenza del codice sorgente.

	Versione	Piano	Limite Partecipanti	Licenza
Zoom	5.8.4 (1736)	Education	300	Proprietaria
Teams	1.4.00.32771	Microsoft 365 A3	300	Proprietaria

Tabella 1: informazioni sui software utilizzati

I due servizi di teleconferenza sono stati valutati impiegandoli nelle diverse modalità di funzionamento che prevedono. Di seguito viene riportata una tabella che confronta le funzionalità delle piattaforme.

	Zoom	Teams
Condivisione schermo	●	●
Chat	●	●
Condivisione file	●	●
Sondaggi	●	○ ^a
Utilizzo di reazioni	●	●
Breakout rooms	●	○ ^b
Registrazione	●	●
Sottotitoli	●	●
Utilizzo di GIF	○	●

a) non direttamente dalla chiamata

b) non senza averle preplanificate

Tabella 2: confronto delle funzioni

Le macchine utilizzate durante la raccolta dati sono 5 computer diversi sia per prestazioni, che per sistema operativo. Questo è stato fatto per rendere la simulazione ancora più verosimile all'ambiente che di solito si verifica durante una lezione, in cui ciascun utente utilizza il proprio dispositivo personale.

3 Nozioni Generali

Con lo scopo di chiarire il funzionamento e l'infrastruttura dietro all'utilizzo dei due software, di seguito sono riportate le caratteristiche di maggiore interesse riguardo ai principali componenti e processi di connessione dei due software.

Per chiarezza di lettura all'interno dei paragrafi sono riportate le informazioni la cui rilevanza è fondamentale per comprendere le spiegazioni successivamente citate nell'analisi, mentre il resto viene messo comunque disponibile in appendice in caso le si voglia comprendere nel dettaglio.

3.1 Componenti base di Zoom

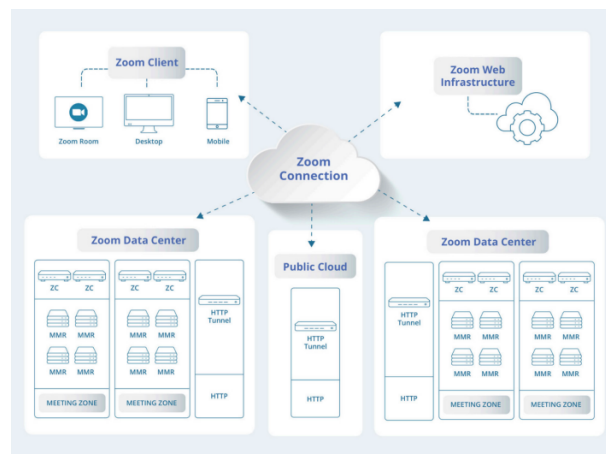


Figura 1: Architettura Zoom

In questa sezione⁽²⁾ si evidenzia la varietà di client diversi utilizzabili dall'utente. Per questo test è stata utilizzata la versione applicazione per Desktop, in linea con la premessa di rendere la simulazione più simile possibile ad una lezione generica.

Si descrivono inoltre i principali componenti che vengono messi in gioco durante una chiamata e si evidenziano, per ognuno, i ruoli che essi hanno nel processo.

3.2 Processo di connessione Zoom

In questa sezione⁽⁴⁾ si descrive il processo che porta all'instaurazione di una chiamata e al successivo accesso da parte di altri utenti.

Durante questo processo Zoom fa uso del protocollo TCP, per il quale verrà fatta una analisi a parte successivamente. E' quindi importante capire perché questo succeda per comprendere poi l'impatto di tale scelta nell'utilizzo di banda del software, specialmente nelle fasi iniziali e finali della chiamata.

3.3 Componenti base Teams

In questa sezione⁽⁵⁾ si descrivono in linea generale i componenti in gioco durante l'utilizzo di Teams, sottolineando come l'azienda dietro a tale piattaforma essendo tra le leader nel settore di software informatico, utilizzi una struttura più complessa, il che si evidenzia nell'analisi di pacchetti, nella quale si vedranno pacchetti legati a dei protocolli specifici non utilizzati da Zoom.

3.4 Processo di connessione Teams

In questa sezione⁽⁶⁾ si spiega il processo di connessione alle chiamate, inizialmente spiegandone il funzionamento nel caso di chiamate uno a uno. Questa situazione è utile a comprendere il ruolo dei protocolli specifici di questa applicazione, quali RTCP e RTP.

4 Analisi

L'analisi del traffico è stata eseguita su due diverse situazioni simulate. Nella prima sessione, nel seguito denominata "prova generale", sono state attivate una per volta le seguenti funzionalità: microfono, videocamera, condivisione schermo di slides e poi di video, utilizzo della chat ed infine registrazione della riunione. La sessione successiva invece ha simulato una lezione online in cui uno solo dei partecipanti, il "teacher", ha usufruito di tutte le funzionalità attivando microfono e videocamera, condividendo un set di slides e registrando, proprio come avviene in un'usuale lezione universitaria.

4.1 Procedimento di raccolta dati

La raccolta dei dati è stata fatta utilizzando Wireshark⁽¹⁾, installato alla versione 3.6.0. Nel corso di tutte le quattro videoconferenze gli utenti hanno registrato e salvato il traffico di rete sia in entrata che in uscita con Wireshark. Pertanto successivamente è stato possibile analizzare e filtrare i dati relativi ai meeting, tramite indirizzo IP e numero di porta, così da poterli presentare mediante i grafici descritti in seguito.

I grafici proposti rappresentano una media del traffico di rete registrato da ogni utente. Ovvero sono stati ottenuti allineando temporalmente i pacchetti catturati nel corso della

stessa sessione da tutti e cinque gli utenti e facendone una media aritmetica, sebbene questa sia più influenzabile da singolarità.

4.2 Analisi Generale

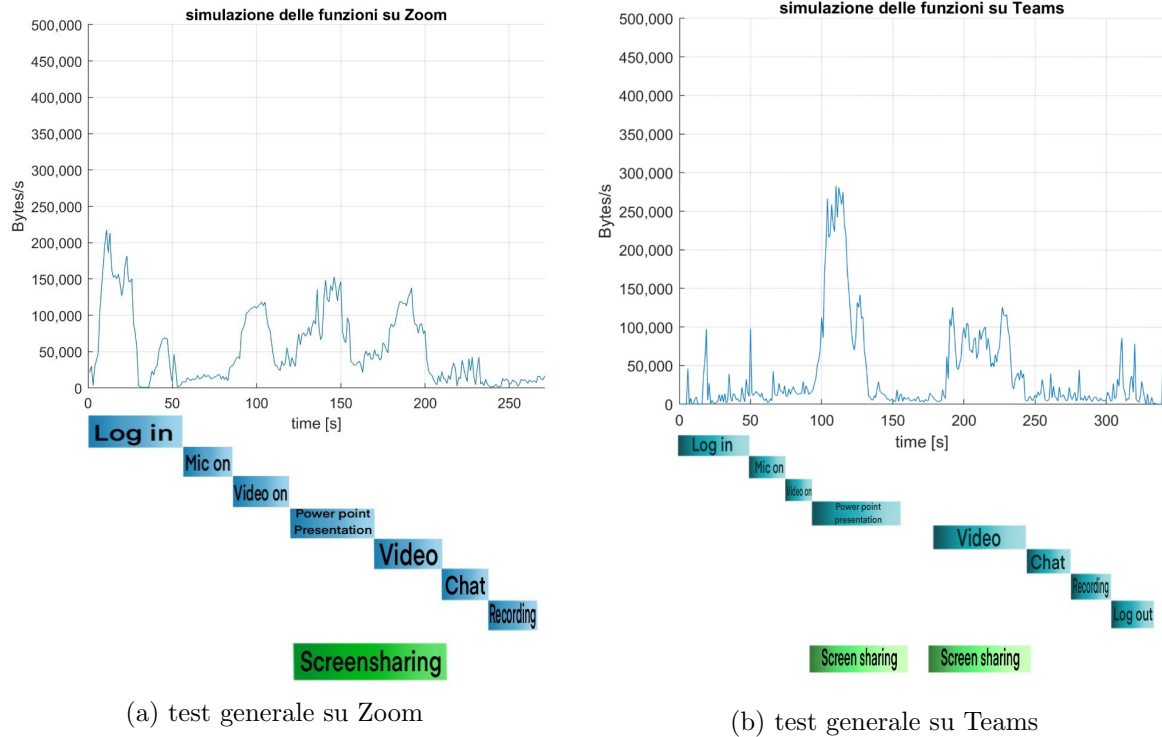


Figura 2: Confronto utilizzo di banda nei test generali

Analizzando e confrontando le due riunioni di prova generale si rileva un notevole aumento del traffico, in entrambi i servizi, quando si avvia la condivisione di slide. In Zoom però questa crescita è più ridotta, circa la metà di quella osservata su Teams. Zoom, tuttavia, a differenza di Teams, vede aumentare il suo traffico in maniera significativa quando si accendono le videocamere dei partecipanti.

Un'altra differenza apprezzabile dai grafici è la presenza di picchi di traffico negli istanti di avvio ed unione di ogni partecipante al meeting Zoom, cosa che non appare in modo evidente su Teams. In tutte le altre funzionalità testate le due piattaforme si sono rivelate essere quasi del tutto identiche.



Figura 3: Confronto utilizzo di banda nella simulazione di lezione

Il confronto delle sessioni di lezione online simulata evidenzia le medesime differenze durante la presentazione di slide se non per il picco di avvio che in queste due prove è meno marcato. Nel grafico relativo a Teams si osservano inoltre dei picchi in corrispondenza del cambiamento di slide; su Zoom invece questi valori massimi sono distribuiti in modo più regolare ed uniforme, questo fenomeno è dovuto a una diversa scelta progettuale dei due software nell'invio dei dati in corrispondenza del cambio slide.

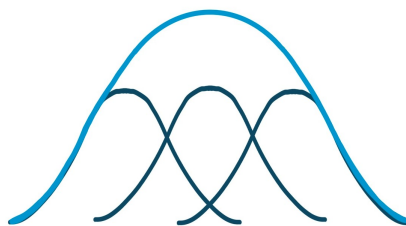
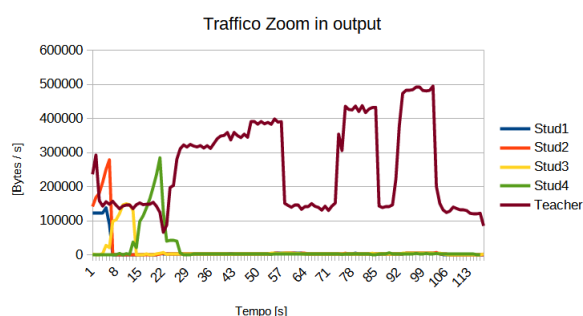


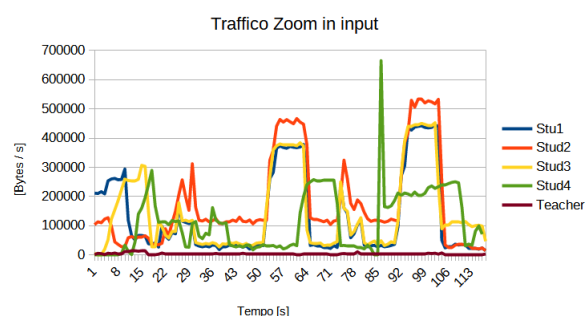
Figura 4: effetto di cambio slide su Zoom

E' facile notare come questa scelta sia più efficiente nel caso si cambi slide abbastanza lentamente da non intersecare gli effetti; mentre nel caso questo avvenga abbastanza velocemente i fenomeni si sommano, portando ad avere un effetto cumulativo sommariamente maggiore rispetto al caso di Teams, in cui ciascun cambio slide corrisponde ad un picco di altezza maggiore, ma che non si sovrappone quasi mai al successivo. Ne consegue quindi una migliore prestazione di Zoom per la semplice condivisione di slide, mentre Teams risulta notevolmente migliore nel caso si debba cambiare slide spesso.

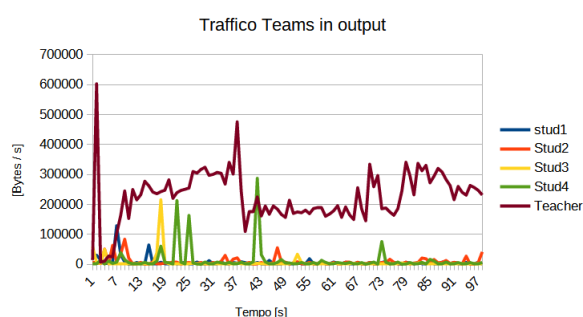
Considerato il diverso ruolo degli utenti nelle lezioni simulate è stata effettuata un'analisi più approfondita riportando nei grafici il traffico in entrata e quello in uscita separatamente.



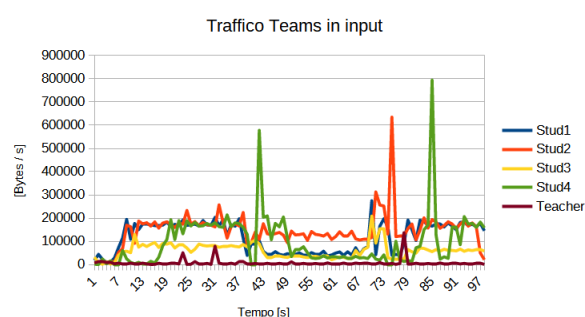
(a) traffico in uscita su Zoom



(b) traffico in entrata su Zoom



(c) traffico in uscita su Teams



(d) traffico in entrata su Teams

Figura 5: Confronto utilizzo di banda in entrate e in uscita in base al ruolo degli utenti nella simulazione di lezione

Come atteso, in entrambe le piattaforme, Zoom e Teams, si osserva una notevole differenza tra il traffico registrato dal “teacher” e quello catturato dagli “students”. Nello specifico gli studenti risultano avere un traffico molto più elevato in input al contrario del teacher i cui pacchetti di rete sono quasi tutti di output.

4.3 Analisi della gerarchia dei protocolli

Le seguenti quattro tabelle analizzano la quantità di pacchetti dati generati da ogni protocollo nel corso delle quattro sessioni.

Test Generale Zoom Protocolli	Percentuali Pacchetti					
Utenti	Stud 1	Stud 2	Stud 3	Stud 4	Stud 5	Media
User Datagram Protocol	90,69%	89,58%	89,27%	92,91%	91,63%	91,00%
Transmission Control Protocol	9,31%	10,41%	10,72%	7,09%	8,37%	9,00%

(a) pacchetti nella prova generale su Zoom

Test Generale Teams Protocolli	Percentuali Pacchetti					
Utenti	Stud 1	Stud 2	Stud 3	Stud 4	Stud 5	Media
User Datagram Protocol	86,80%	86,7%	73,4%	88%	95,90%	86,00%
Session Traversal Utilities for NAT	31,40%	30,6%	1,36%	27,4%	31,60%	22,70%
Real-time Transport Control Protocol	8,80%	0,00%	0,00%	8,2%	0,00%	3,00%
Transmission Control Protocol	13,20%	13,3%	13,7%	12%	3,40%	11,00%

(b) pacchetti nella prova generale su Teams

Lezione Zoom Protocolli	Percentuali Pacchetti					
Utenti	Stud 1	Stud 2	Stud 3	Stud 4	Professore	Media
User Datagram Protocol	95,09%	94,42%	93,93%	95,04%	94,74%	95,00%
Transmission Control Protocol	4,91%	5,57%	6,06%	4,96%	5,24%	5,00%

(c) pacchetti nella simulazione di lezione su Zoom

Lezione Teams Protocolli	Percentuali Pacchetti					
Utenti	Stud 1	Stud 2	Stud 3	Stud 4	Professore	Media
User Datagram Protocol	91,20%	83,50%	85,80%	91,30%	90,20%	88,40%
Session Traversal Utilities for NAT	5,40%	6,20%	0,70%	5,90%	87,70%	21,18%
Real-time Transport Control Protocol	3,40%	0,00%	0,00%	3,30%	0,00%	1,34%
Transmission Control Protocol	8,80%	16,50%	11,20%	8,70%	9,70%	11,00%

(d) pacchetti nella simulazione di lezione su Teams

Figura 6: Confronto tra percentuale di pacchetti utilizzati durante le 4 simulazioni

Per entrambi i servizi di videoconferenza è emerso, a conferma di quanto scritto nel paragrafo precedente, che ad operare la trasmissione dei dati è principalmente il protocollo di trasporto UDP (User Datagram Protocol). Dalle statistiche sulle gerarchie dei protocolli, rese disponibili da Wireshark, si osserva sempre che circa il 90% dei pacchetti è assegnato

al protocollo UDP e solo il restante 10% è affidato al protocollo TCP (Transmission Control Protocol). Questo risultato non sorprende e rispecchia le aspettative in quanto le due applicazioni, lavorando real-time, necessitano di un protocollo, quale UDP, che essendo basato su una configurazione senza connessioni risulta essere adatto ad una trasmissione rapida delle informazioni.

Nell'elenco dei protocolli di Teams, oltre ad UDP e TCP, si riscontra la presenza dei protocolli STUN⁽⁷⁾ (Session Traversal Utilities for NAT) e RTCP (Real-time Transport Control Protocol) già citati in precedenza.

Client e server STUN sono utilizzati tramite UDP per il trasferimento di traffico audio, video e testo su Internet; quindi la percentuale di utilizzo di STUN in tabella è anche contenuta nel totale di UDP.

Nella lezione simulata si indaga una percentuale di STUN pari all'87,7% per il "teacher" rispetto a quella di tutti gli altri utenti connessi che è all'incirca del 6%. Questo potrebbe essere dovuto al maggior stream di audio e video che nella prova generale viene ridotto e diviso tra tutti i partecipanti.

Dalle tabelle emerge anche uno STUN minore, in entrambi i meeting, per l'utente che utilizza la versione web di Teams anziché quella desktop. Una spiegazione probabile è che il NAT Traversal sia più immediato in questo caso.

Sempre in relazione a quanto già riportato nel capitolo precedente si può notare come rispetto a Zoom in due degli utenti collegati in Teams appare anche RTCP, il protocollo che trasporta informazioni riguardanti i partecipanti ad una sessione.

Per risaltare maggiormente il diverso utilizzo dei protocolli nelle due applicazioni di seguito sono riportati dei diagrammi circolari relativi alle tabelle precedentemente allegate.

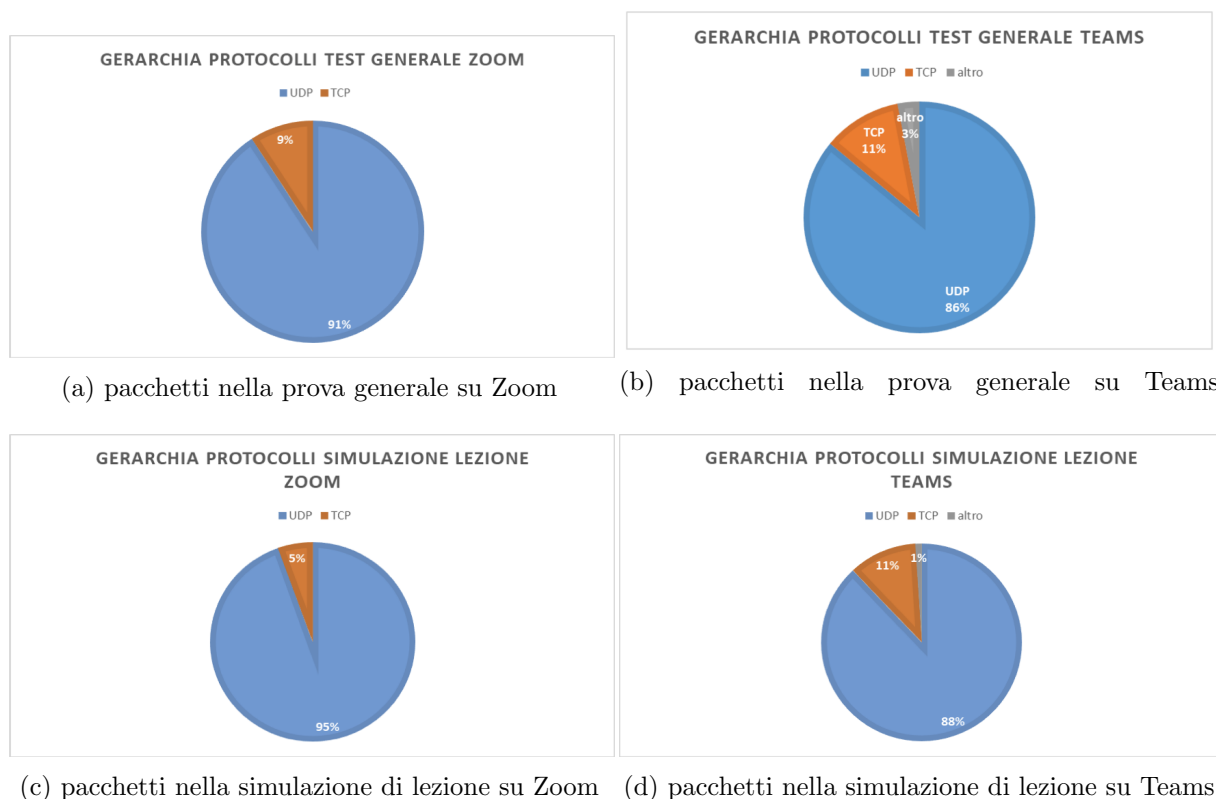


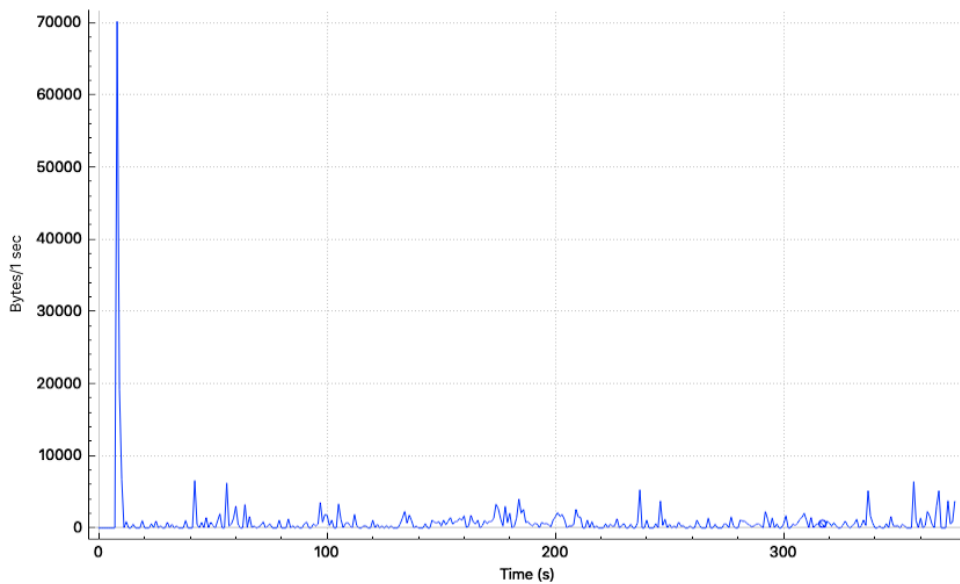
Figura 7: Confronto tra percentuale di pacchetti utilizzati durante le 4 simulazioni

4.4 Analisi traffico TCP

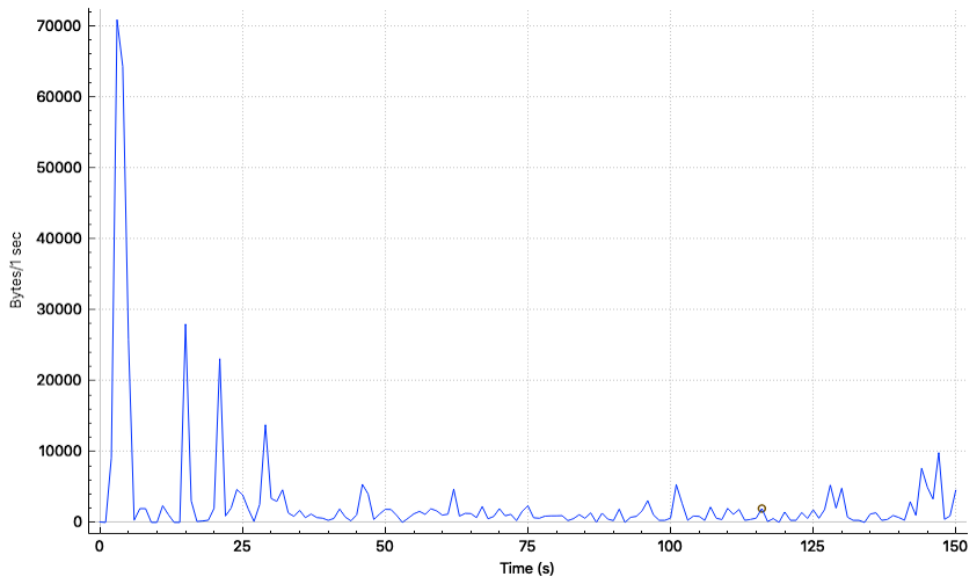
I seguenti grafici fanno riferimento al traffico generato da un singolo utente considerando solamente il protocollo TCP in entrambe le sessioni, sia utilizzando Teams che Zoom.

Quest'ultimo in entrambi i due test, presenta un notevole flusso di byte per stabilire la connessione iniziale, mantenendosi successivamente limitato per la maggior parte del tempo. In accordo a quanto descritto nel funzionamento generale di Zoom, si può notare il costante utilizzo di questo protocollo durante ogni fase delle due sessioni.

In questo determinato caso la differenza di traffico TCP fra i due grafici proposti aiuta ad evidenziare maggiormente i risultati riportati nelle tabelle relative all'utilizzo dei vari protocolli, nelle quali era stato evidenziato un utilizzo quasi doppio in percentuale di pacchetti nella prova generale rispetto alla lezione simulata.



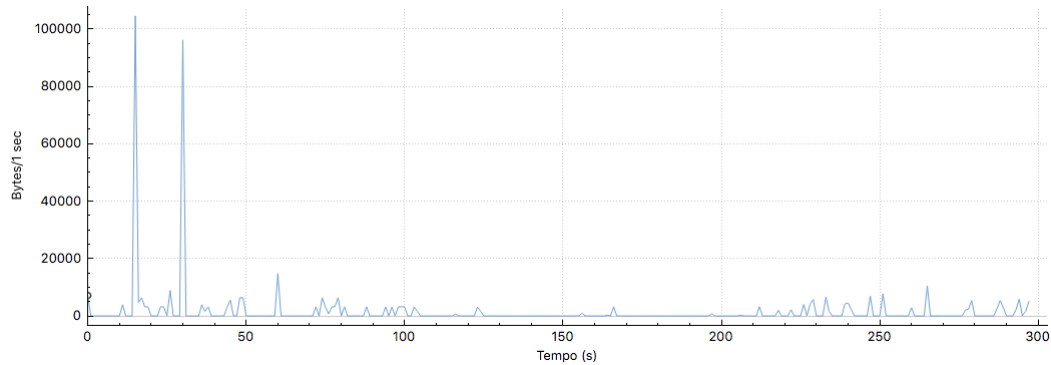
(a) Test generale TCP su Zoom



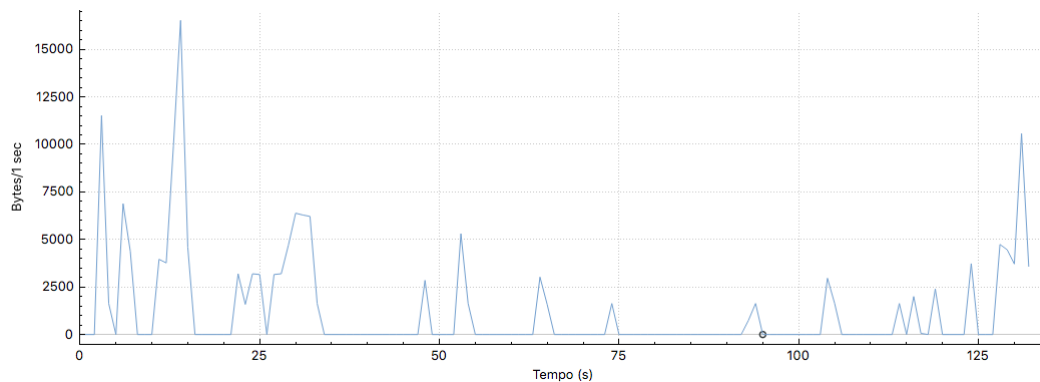
(b) Simulazione lezione TCP su Zoom

Figura 8: Confronto TCP Zoom

Successivamente sono riportati i grafici relativi al traffico generato da TCP nelle due simulazioni effettuate su Teams, sempre da un singolo utente. Anche in questo caso, per entrambi i test, è presente un maggiore flusso di dati TCP all’inizio della conversazione, per stabilire la connessione, che poi cala e si mantiene limitato durante tutte le varie prove. In questi due test si può notare come il traffico attraverso il protocollo TCP di Teams non sia costante, risultando addirittura assente durante vari periodi delle sessioni.



(a) Test generale TCP su Teams



(b) Simulazione lezione TCP su Teams

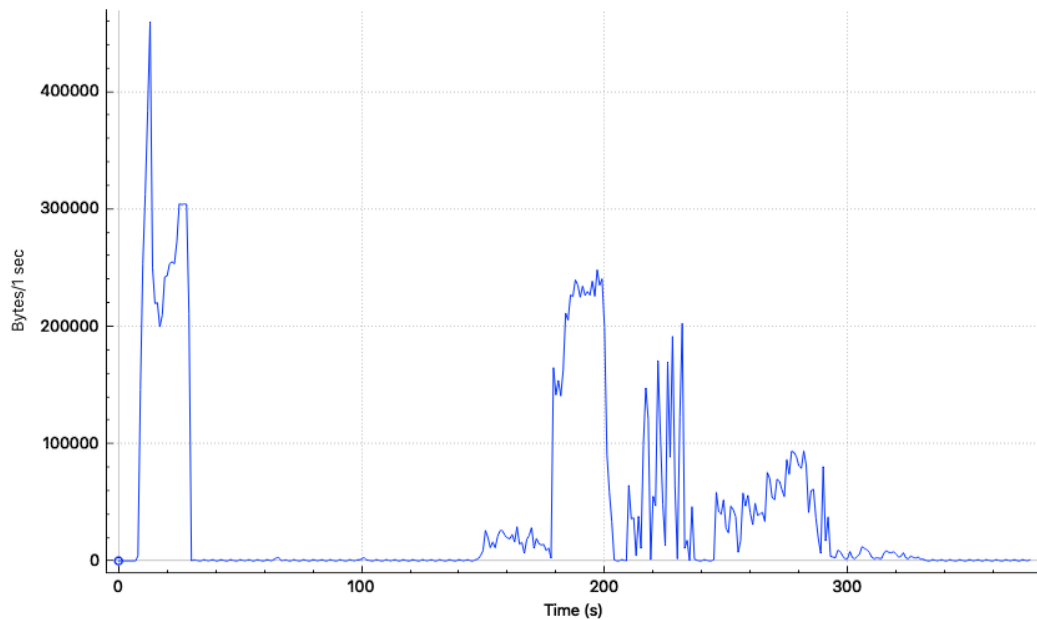
Figura 9: Confronto TCP Teams

Anche in questo caso a conferma di quanto scritto nel capitolo inerente alle nozioni generali di Teams, viene messa in evidenza una delle differenze principali fra i due software: Zoom utilizza a pieno il protocollo TCP, essendo l’unico definito oltre UDP, mentre Teams, progettato in un’ottica più generale, non sfrutta a pieno il protocollo in questione. Un’ulteriore conferma la si può ottenere guardando il grafico relativo alla lezione simulata su Teams in cui il picco massimo supera di poco i 15.000 bytes.

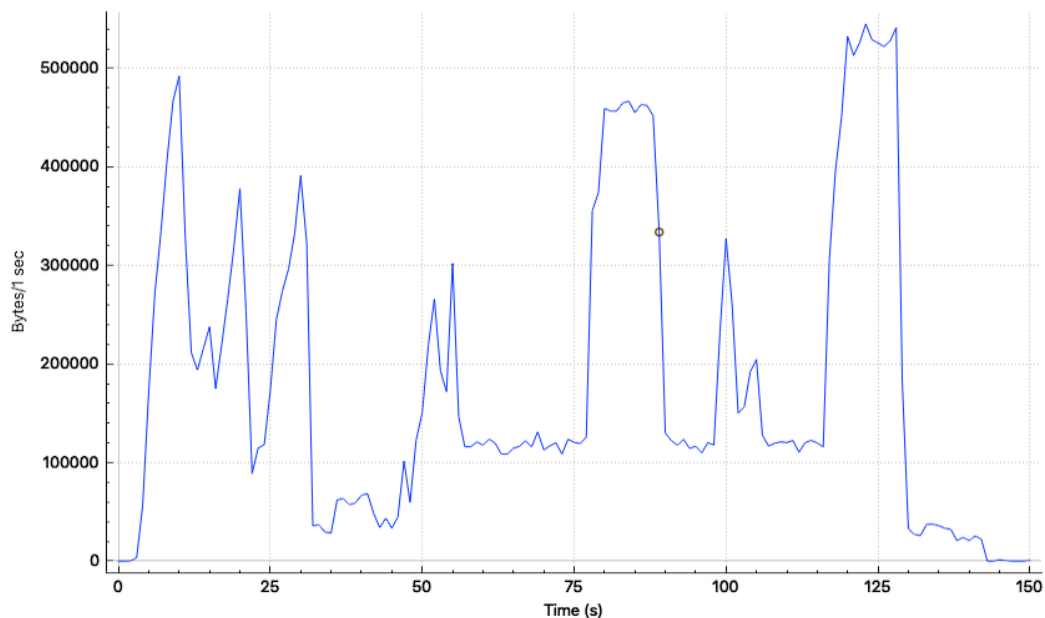
4.5 Analisi traffico UDP

In questo paragrafo sono presenti i grafici relativi al traffico generato dal protocollo UDP, sia per Zoom che per Teams, di un singolo utente in entrambe le sessioni. In primo luogo, come già fatto notare nei capitoli precedenti, per entrambi i software questo è il protocollo più utilizzato per l’invio dei file multimediali in tempo reale, di conseguenza il fatto che nei grafici sottostanti si possa notare un traffico molto più intenso ne è la conferma definitiva. Essendo UDP destinato, in questo caso, all’invio di informazioni in tempo reale, si può notare come nella prova generale, durante la quale ogni strumento è stato utilizzato sin-

golarmente, sia ben definito l'intervallo di utilizzo dei vari servizi. Durante la simulazione della lezione è interessante notare come per tutto il periodo in cui la condivisione schermo è rimasta attiva, la media di byte trasmessi sia costantemente più alta che nel resto della sessione, presentando dei picchi di dimensioni notevoli dovuti all'utilizzo dei vari strumenti da parte dell'amministratore della lezione.



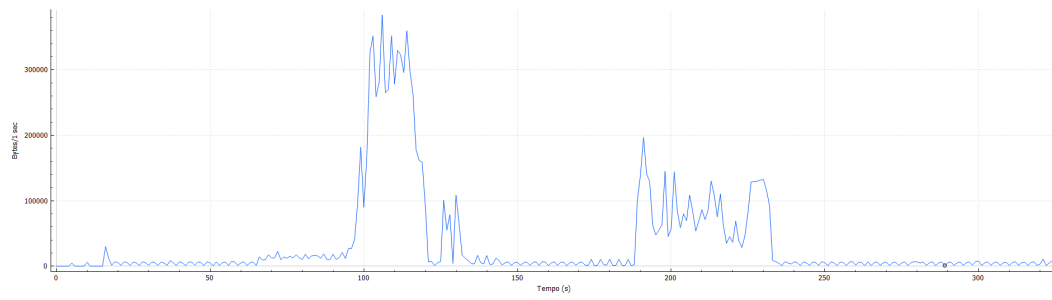
(a) Test generale UDP su Zoom



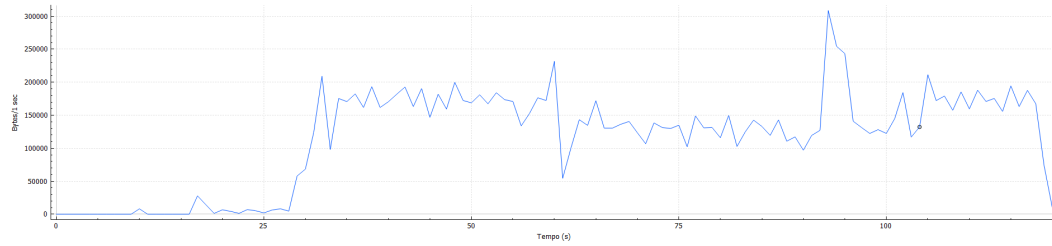
(b) Simulazione lezione UDP su Zoom

Figura 10: Confronto UDP Zoom

In seguito sono presenti i grafici di competenza del protocollo UDP nelle due simulazioni effettuate su Teams. La cosa più importante da notare è che tutti i picchi sono dovuti ad un effettivo utilizzo degli strumenti concessi dal programma, mentre non è presente, a differenza della controparte, un elevato scambio di byte in fase di connessione.



(a) Test generale UDP su Teams



(b) Simulazione lezione UDP su Teams

Figura 11: Confronto UDP Teams

Ciò che più contraddistingue l'utilizzo di Zoom da Teams, sotto l'aspetto del protocollo UDP, è il flusso dei pacchetti durante la fase iniziale, molto elevato nel primo software, poco notevole nel secondo. Anche questo dato è giustificato da quanto riportato nel paragrafo inerente al processo di connessione Zoom nel quale è stato sottolineato un uso privilegiato di questo protocollo anche in fase iniziale.

4.6 Analisi della lunghezza dei pacchetti

Le successive quattro tabelle riguardano la lunghezza dei pacchetti inviati da un singolo utente durante i test effettuati su zoom e su Teams.

Test Generale Zoom	Numero	Media	Min Val	Max Val	Percentuale
Lunghezza Pacchetti	24275	654,57	54	2958	100%
0-19	0	---	---	---	0%
20-39	0	---	---	---	0%
40-79	2499	65,39	54	79	10,29%
80-159	4583	122,11	85	159	18,88%
160-319	1911	244,97	160	319	7,87%
320-639	2807	490,21	320	639	11,56%
640-1279	12313	1064,44	641	1279	50,72%
1280-2559	161	1323,11	1280	1506	0,66%
2560-5119	1	2958	2958	2958	0,00%
5120 e maggiori	0	---	---	---	0%

(a) lunghezza pacchetti prova generale Zoom

Test Generale Teams	Numero	Media	Min Val	Max Val	Percentuale
Lunghezza Pacchetti	26488	530,32	42	13814	100%
0-19	0	-	-	-	0,00%
20-39	0	-	-	-	0,00%
40-79	2329	58,50	42	79	8,79%
80-159	6399	123,89	80	159	24,16%
160-319	3588	196,63	160	319	13,55%
320-639	5101	418,96	322	639	19,26%
640-1279	8308	1.058,10	640	1277	31,37%
1280-2559	680	1.484,47	1282	1514	2,57%
2560-5119	36	3.323,56	2806	4410	0,14%
5120 e maggiori	47	7.564,64	5558	13814	0,18%

(b) lunghezza pacchetti prova generale Teams

Lezione Zoom	Numero	Media	Min Val	Max Val	Percentuale
Lunghezza Pacchetti	33354	796,77	1506	0,2336	100%
0-19	0	---	---	---	0%
20-39	0	---	---	---	0%
40-79	3008	66,94	54	79	9,02%
80-159	2509	120,9	85	159	7,52%
160-319	4471	280,9	160	319	13,40%
320-639	1935	376,76	320	639	5,80%
640-1279	20471	1115,54	644	1279	61,37%
1280-2559	960	1301,84	1280	1596	2,88%
2560-5119	0	---	---	---	0%
5120 e maggiori	0	---	---	---	0%

(c) lunghezza pacchetti simulazione lezione Zoom

Lezione Teams	Numero	Media	Min Val	Max Val	Percentuale
Lunghezza Pacchetti	34537	713,36	42	1506	100%
0-19	0	-	-	-	0,00%
20-39	0	-	-	-	0,00%
40-79	1719	59,66	42	79	4,98%
80-159	5456	128,44	80	159	15,80%
160-319	4140	189,01	160	319	11,99%
320-639	2011	461,55	320	639	5,82%
640-1279	19639	1006,73	640	1269	56,86%
1280-2559	1572	1496,22	1282	1506	4,55%
2560-5119	0	-	-	-	0,00%
5120 e maggiori	0	-	-	-	0,00%

(d) lunghezza pacchetti simulazione lezione Teams

Figura 12: Confronto tra le lunghezze dei pacchetti utilizzati durante le 4 simulazioni

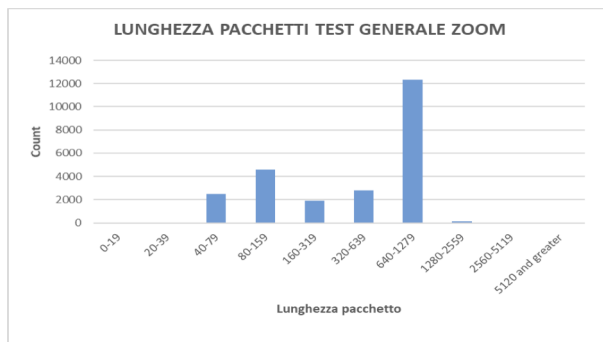
Sia per i pacchetti trasmessi da Zoom che da Teams la media è abbastanza variabile, ma concentrata maggiormente nel range tra i 640-1279 bytes, ciò a conferma che entrambe le applicazioni, dovendo garantire un servizio streaming, preferiscono adottare un protocollo che invii più pacchetti di medie dimensioni garantendo una maggiore velocità e robustezza della trasmissione.

Una discrepanza maggiore fra l'utilizzo di Teams da browser rispetto all'applicazione installata sul proprio computer è data dal fatto che la media della lunghezza dei pacchetti nel primo caso sia di 334 bytes, questo conferma che, come conseguenza del percorso selezionato fra il client-server in fase di connessione, a seconda della modalità d'avvio scelta la lunghezza dei pacchetti venga influenzata.

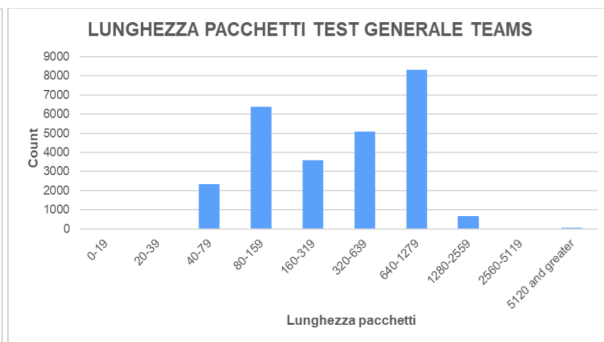
Un ulteriore dato interessante da notare riguarda i pacchetti con lunghezza maggiore alla media. Anche quando, con una percentuale minore del 5% nel caso peggiore, questi presentano dimensioni maggiori di 1279 bytes, non superano quasi mai la MTU (Maximum Transmission Unit) tipica di 1500 bytes di un pacchetto IP trasmesso su Ethernet, come si può vedere dalla colonna che riporta la dimensione media e quella massima dei vari pacchetti trasmessi.

In generale entrambe le applicazioni presentano dati simili fra loro, con qualche piccola differenza: la media dei pacchetti su Teams risulta essere più bassa, con un valore di 530 bytes contro i 654 di Zoom, mentre in entrambi i casi la moda è nel range dei 640-1279 bytes, ma è circa del 31% su Teams contro il 50% su Zoom.

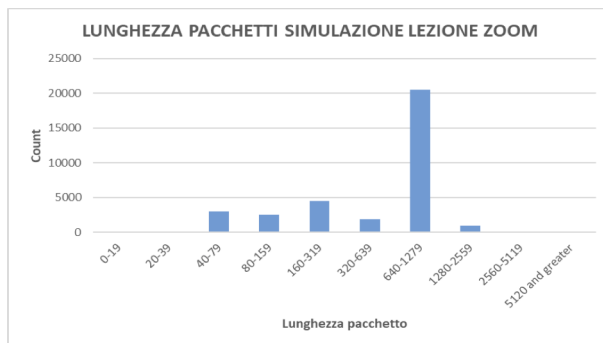
Per maggiore chiarezza, di seguito sono riportati anche gli istogrammi relativi ai dati precedentemente raccolti.



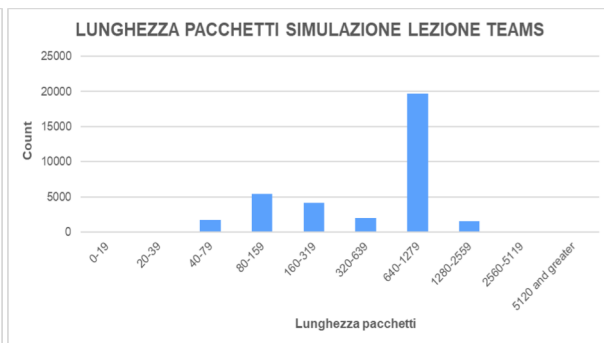
(a) lunghezza pacchetti nella prova generale su Zoom



(b) lunghezza pacchetti nella prova generale su Teams



(c) lunghezza pacchetti nella simulazione di lezione su Zoom



(d) lunghezza pacchetti nella simulazione di lezione su Teams

Figura 13: Confronto tra lunghezze dei pacchetti durante le 4 simulazioni

5 Qualità dell'esperienza

Per quanto concerne la qualità dell'esperienza percepita dagli utenti si è evidenziato che il download dell'applicazione e l'accesso alla riunione è stato molto più facile tramite Zoom rispetto alla controparte. Quest'ultimo inoltre, a differenza di Teams, permette di accedere ad una videoconferenza in corso tramite link senza la necessità di avere un account.

Si noti che Zoom presenta varie versioni sia gratuite che a pagamento e sebbene la qualità della videoconferenza non dipenda dal piano di cui si dispone, le funzionalità cambiano; durante questi test sono stati usati degli account a cui è collegata una versione di Zoom a pagamento e questo potrebbe essere un fattore influenzante.

Anche Teams offre diversi piani che permettono di collegare altri servizi Microsoft allo stesso account ma non hanno particolare influenza sulla videoconferenza in sé se non per il numero massimo di partecipanti possibili.

Se lo scopo principale è quello di tenere una lezione probabilmente sarebbe vantaggioso l'utilizzo di Zoom in quanto generalmente gli aspetti più importanti sono la condivisione dello schermo del docente, azione che risulta qualitativamente migliore e più facile da operare rispetto che su Teams, dove per massimizzare la qualità bisognerebbe caricare i file da condividere in anticipo, ma non sarebbe possibile compiere azioni in real-time sulle diapositive.

6 Conclusione

I due software, in linea di massima, hanno un comportamento e una qualità del servizio molto simile, le uniche vere differenze sono quelle dovute alle diverse scelte strutturali presentate fra le nozioni generali e confermate successivamente nelle analisi inerenti ad ogni aspetto rilevante.

Da quello che si è potuto desumere da questi dati e dalla passata esperienza è che l'uso di Teams è consigliato quando è importante che molti utenti abbiano la loro videocamera attiva e risulta utile nel caso si debba accedere in un unico posto a file, chat e registrazioni passate. D'altro canto conviene usare Zoom se è rilevante la condivisione di slides e nel caso in cui la robustezza sia più importante della qualità di immagine, come ad esempio durante una sessione di esame online.

Quest'ultimo, però, può inoltre risultare pesante in apertura del meeting, specialmente se il numero di partecipanti è elevato, pesantezza che può essere facilmente alleviata se gli ingressi non sono simultanei.

7 Referenze

1. <https://www.wireshark.org/>
2. https://docs.microsoft.com/en-us/openspecs/office_protocols/ms-ice2/77938347-2b20-4b51-864e-69389a2cc244
3. <https://techcommunity.microsoft.com/t5/skype-for-business-blog/troubleshoot-stun-with-turn-in-office-communications-server-2007/ba-p/619199>
4. <https://portal.office.com/account/?ref=MeControl>
5. <https://www.microsoft.com/it-it/microsoft-teams/compare-microsoft-teams-options?market=it&activetab=pivot:subheadfeatureregion>
6. <https://zoom.us/pricing/education#:~:text=Education%20plan%20allows%20you%20to,same%20features%20as%20Business%20with%20>
7. <https://zoom.us/account>
8. <https://zoom.us/pricing>
9. <https://it.wikipedia.org/wiki/RTCP>
10. <https://it.wikipedia.org/wiki/STUN>
11. <https://www.dls.net/voip-best-practices-stun-implementation-in-voip-environment/>
12. <https://explore.zoom.us/docs/doc/Zoom%20Connection%20Process%20Whitepaper.pdf>
13. <https://docs.microsoft.com/it-it/microsoftteams/microsoft-teams-online-call-flows>

8 Appendice

- ⁽¹⁾ <https://www.wireshark.org/>
- ⁽²⁾ Prima di immergersi nel processo, è importante capire i componenti chiave coinvolti nel flusso di connessione e il loro ruolo nell'architettura di Zoom.

Client Zoom: è il metodo principale di un individuo per accedere alla rete di Zoom. E' disponibile per diversi sistemi operativi (macOS, Windows, Linux, Android, iOS, Chrome OS) e in una gamma di applicazioni sensibili al contesto (Mobile, Desktop, Zoom Rooms)⁽³⁾, il suo modello di interazione con il cloud rimane lo stesso in tutte le configurazioni, per questa analisi è stata adottata l'applicazione per Desktop, in linea con la premessa di rendere la simulazione più simile possibile ad una lezione generica.

Infrastruttura Web di Zoom: è un'applicazione web altamente disponibile che in primo luogo aiuta ad ospitare il sito zoom.us nel quale accedono molte persone ogni giorno, inoltre è utilizzata anche per servire le richieste delle applicazioni attraverso le sue ampie risorse API che sono sfruttate dagli sviluppatori esterni e dai vari componenti dell'infrastruttura di Zoom.

Zoom Meeting Zone: è un'associazione logica di server che sono generalmente fisicamente co-localizzati e possono ospitare una sessione di Zoom. Una Zoom Meeting Zone e i suoi server associati possono trovarsi all'interno di uno dei centri dati globali di Zoom o possono essere situati all'interno della rete di un'organizzazione esterna se dotati degli eventuali permessi. I componenti principali di una Meeting Zone sono Multimedia Router e Zone Controller.

Zoom Zone Controller: è responsabile della gestione e dell'orchestrazione di tutte le attività che si verificano all'interno di una data Zoom Meeting Zone. Essendo distribuiti in una configurazione altamente disponibile, questi sistemi permettono di tenere traccia del carico su tutti i server e aiutano a mediare le richieste di nuove connessioni con la zona di riferimento.

Zoom Multimedia Router (MMR): è responsabile dell'hosting delle riunioni. La funzione principale di questi server è di assicurare che la ricca offerta di voce, video e contenuti sia correttamente distribuita tra tutti i partecipanti in una determinata sessione.

Tunnel HTTP di Zoom (HT): è parte integrante della strategia di integrazione della rete di Zoom. Questi server, ospitati in varie reti pubbliche e centri di Zoom, offrono un punto di connessione ai clienti impossibilitati a connettersi alla piattaforma Zoom attraverso altri canali di rete. Una volta stabilito un tunnel tra lo Zoom Client e il Zoom HTTP Tunnel, il cliente è in grado di accedere alla Zoom Meeting Zone attraverso i vari data center.

- ⁽³⁾ <https://zoom.us/download>

- ⁽⁴⁾ Il processo di connessione alla sessione di Zoom è diviso nelle quattro fasi in seguito descritte.

Ricerca della riunione. Quando si riceve una richiesta di unirsi ad una determinata sessione, la prima azione intrapresa dallo Zoom Client è quella di contattare l'infrastruttura Web di Zoom per ottenere i metadati applicabili necessari per accedere alla riunione. Dall'altro lato della connessione, invece, l'Infrastruttura Web di Zoom prepara un pacchetto dati ottimizzato per quel Client. Grazie all'uso dei vari servizi Zoom, fra i quali il Geo-IP, tale pacchetto è provvisto di un elenco di Zoom Meeting Zones ottimali disponibili insieme ai relativi Zoom Zone Controllers; tali dati vanno poi aggiunti ai dettagli inerenti alla riunione desiderata. Una volta inviato tale pacchetto si può procedere con la prossima fase.

Selezione della Meeting Zone. Per scegliere la migliore connessione da utilizzare sfruttando le varie Zoom Meeting Zones disponibili, lo Zoom Client tenta di connettersi a ciascuno degli Zoom Controllers forniti nella fase precedente per poi eseguire un test inerente alle prestazioni di rete. Confrontando questi risultati, il Client è in grado di confermare l'esistenza di un percorso di connettività verso ogni Zoom Meeting Zone e selezionare quello che dimostra le migliori prestazioni. Questo protocollo di Zoom sfrutta HTTPS e tale connessione viene tentata su SSL (porta 443).

Selezione MMR. Avendo selezionato la migliore Zoom Meeting Zone, il Client invia la richiesta di dettagli al rispettivo Zoom Zone Controller inerente al miglior Zoom Multimedia Router. Una volta identificato al Client non rimane che raggiungerlo direttamente per stabilire un canale di controllo per la sessione. Tale connessione sfrutta un protocollo proprio di Zoom che comunica attraverso SSL sulla porta 443.

Media Routing. Avendo stabilito una connessione allo Zoom Multimedia Router ottimale per la sessione, lo Zoom Client dà la priorità alla creazione di una connessione per ogni tipo di media da scambiare, fra i quali video, audio e contenuti. Ognuna di queste connessioni multimediali tenta di utilizzare il protocollo proprio di Zoom e di connettersi tramite UDP sulla porta 8801. Se questa connessione non può essere stabilita, Zoom proverà anche a connettersi usando TCP sulla porta 8801, seguita da SSL (porta 443). Sfruttando connessioni diverse per ogni tipo di media. Questa particolare fase sarà soggetta ad un'analisi più approfondita in seguito con lo scopo di mostrare le principali caratteristiche dei protocolli TCP e UDP e i rispettivi pacchetti trasmessi.

- ⁽⁵⁾ Essendo Microsoft un'azienda leader nel settore con un molteplice numero di servizi erogati, la sua architettura risulta essere molto più complessa rispetto alla controparte, per semplificare tale spiegazione sono riportate solamente le componenti generali per garantire un'idea base relativa al funzionamento di tale software.

Client Teams: è lo strumento principale che permette ad un utente di accedere al software Teams. E' inteso anche come l'insieme di tutte le connessioni all'interno di uffici ed edifici, sia cablate che wireless, tra i data center locali e/o i provider Internet, Express Router o qualsiasi altro peering privato.

Microsoft 365 o Office 365: comprendono tutti i vari servizi offerti da Microsoft e tra questi è basato anche il funzionamento di Teams. I vari data center sono distribuiti in tutto il mondo garantendo una copertura totale del traffico. Tra le varie funzioni

sono presenti Transport Relay, Conferencing Server e Media Processor.

- ⁽⁶⁾ Prima di descrivere il caso di una riunione generale è necessario introdurre brevemente il funzionamento delle chiamate uno-a-uno di Teams. Esse sfruttano un modello comune nel quale il chiamante ottiene un set di candidati costituiti da indirizzi IP/porte, compresi i candidati locali, di inoltro e quelli riflessivi (indirizzo IP pubblico del Client), da inviare alla parte chiamata. Anche quest'ultima ottiene un set simile di candidati e li invia al chiamante. Viene quindi introdotto l'utilizzo del protocollo STUN (descritto più ampiamente in seguito nell'analisi specifica riguardante i vari protocolli) per identificare i percorsi multimediali delle due parti e selezionare fra questi il migliore per il trasporto dati.

I server dedicati alle conferenze audio/video/condivisione schermo fanno parte di Microsoft 365 e Office 365 e sono dotati di un indirizzo IP pubblico per permettere ad ogni Client di connettersi allo specifico server della conferenza. I Client interni ottengono i candidati locali, riflessivi e di inoltro nello stesso modo delle chiamate uno-a-uno. I Client inviano successivamente questi dati, mediante un invito, al server in questione. Infine, quest'ultimo, avendo un indirizzo IP accessibile pubblicamente, non usa un inoltro, ma risponde con il candidato dell'indirizzo IP locale.

Un interessante aspetto relativo all'architettura software di Teams è la modalità di invio di elementi multimediali in tempo reale, come sarà evidente nei capitoli successivi. I dati incapsulati da Teams sfruttano il protocollo RTP (Real-time Transport Protocol) per supportare carichi di lavoro audio, video e condivisione schermo. In generale però, essendo la latenza un aspetto non trascurabile per questo servizio, i protocolli a livello di trasporto più usati sono UDP e TCP, con lo scopo di incanalare il traffico in un percorso più diretto possibile. Anche Teams prevede, come ultime risorse per l'invio di supporti multimediali, il protocollo TCP o la possibilità di sfruttare un tunneling all'interno del protocollo HTTP, ma ciò comporta un calo della qualità.

- ⁽⁷⁾ STUN è un protocollo client-server e un insieme di funzioni che permette alle applicazioni in esecuzione su un computer di scoprire la presenza ed i tipi di NAT che si interpongono tra il computer e la rete pubblica. STUN permette a queste applicazioni di conoscere gli indirizzi IP e le porte con cui il dispositivo NAT li sta rendendo visibili sulla rete pubblica. Il server riporterà al client STUN l'indirizzo IP pubblico e la porta UDP che il dispositivo NAT (es. router) sta associando al client per il traffico entrante nella rete. Il server STUN è contattato sulla porta UDP, che effettivamente è risultata essere attiva durante il meeting Teams, numero 3478.