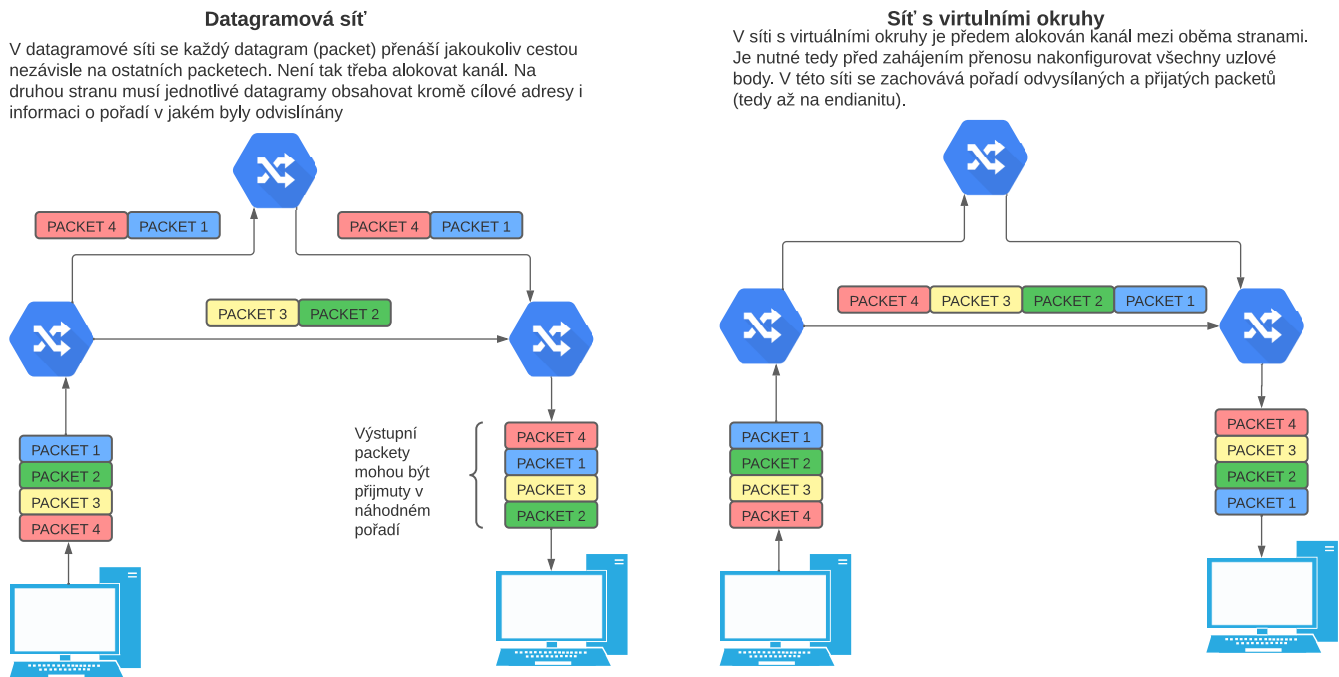


1. Porovnejte vlastnosti paketových sítí s virtuálními okruhy a sítí s datagramovou službou.



2. Předpokládejte, že $N = 18$ uživatelů je připojeno v síti s přepínáním paketů k lince 1Mb/s. Každý uživatel generuje tok 100kb/s po dobu 20% celkového času, tj. např. v intervalu 1 hodiny je v průměru aktivní po dobu 12 minut a po dobu 48 minut nevysílá. Určete pravděpodobnost zahlcení odchozí linky, tj. pravděpodobnost, že současně vysílá 11 až 18 uživatelů

$$P_z = \sum_{k=N_z}^N \binom{N}{k} p_c^k (1 - p_c)^{N-k}$$

$$P_z = \sum_{k=11}^{18} \binom{18}{k} 0.2^k (1 - 0.2)^{18-k} = 6.161956191398731e - 05 \doteq 0.0062 \%$$

Výsledek byl vypočten pomocí následujícího python scriptu:

```
1 from math import comb
2 sum = 0
3 N_total_users = 18
4 N_overflow = 11
5 for k in range(N_overflow, N_total_users):
6     sum += comb(18, k) * pow(0.2, k) * pow(1 - 0.2, 18 - k)
7 output = f"{{(sum*100):.4f}}%"
8 print(output)
9
10 print(1e3*15000*1e3/(0.2*3*pow(10, 8)))
```

3. Pomocí programu traceroute (tracert) určete zpoždění z vašeho počítače na server ms.urel.feec.vutbr.cz (do vypracování dejte kopii okna) Proč zpoždění neroste monotónně, jak postupně přibývá počet směrovačů, kterými projde testovací paket?

```
Tracing route to ms.urel.feec.vutbr.cz [2001:67c:1220:9890::93e5:9076]
over a maximum of 30 hops:

  1      2 ms      1 ms      1 ms  2a02:8308:a088:4400:3a43:7dff:fe6a:d4ad
  2      *          *          *    Request timed out.
  3     11 ms      9 ms      9 ms  cz-brn-pop40-ra1-bvi141.v6.aorta.net [2a02:8300:8::1]
  4     11 ms     20 ms     20 ms  cz-prg01a-ra4-lo0-0.v6.aorta.net [2001:730:3100::5474:800c]
  5      *          *          *    Request timed out.
  6     13 ms     11 ms     11 ms  2a00:11b0:2:101::1
  7     17 ms     13 ms     13 ms  nix2-20ge.ipv6.cesnet.cz [2001:7f8:14::1:2]
  8     14 ms     15 ms     17 ms  2001:718:0:600:1:122:142:11
  9     14 ms     15 ms     15 ms  2a02:570:0:2::4:1
 10     15 ms     15 ms     16 ms  pe-ant.ipv6.net.vutbr.cz [2001:67c:1220:f639::7101]
 11     14 ms     15 ms     23 ms  2001:67c:1220:f712::7202
 12     14 ms     15 ms     14 ms  hp-pal.ipv6.net.vutbr.cz [2001:67c:1220:f567::aff:c01]
 13     24 ms     16 ms     13 ms  ms.urel.feec.vutbr.cz [2001:67c:1220:9890::93e5:9076]

Trace complete.
```

Z výstupu programu tracert lze pozorovat, že například latence v řádku 7 a 8 (v prvním testovacím packetu) klesla. Nicméně nejsou zde patrné nějaké margantní změny. A latence roste s pořadím uzlu. Pokud by byla síť zahlcena. Zpoždění by pak záleželo převážně na zaplněnosti bufferů. Zajímavosí je, že pro uzel 2 a 5 program tracert zahlásil timeout a i přesto se dokázal spojit s cílovou adresou. Nejsem si úplně jistý proč se toto děje. Tipnul bych si, že je to kvůli tomu, že některé servery při TTL = 0 packet packet pouze zahodí a nepošlou zpět žádnou zprávu ??

Pro ukázkou, kde záleží na přeplněnosti bufferů je na dalším obrázku zobrazen tracert pro náhodnou IP adresu v Indii, kde se sice nepodařilo spojit až s cílovou adresou nicméně je zde patrné přepnutí bufferů.

```
Tracing route to 101.33.12.0 over a maximum of 30 hops

  1      1 ms      1 ms      1 ms  192.168.0.1
  2     19 ms     12 ms     12 ms  cz-prg01a-rt1.net.vodafone.cz [84.116.220.17]
  3     13 ms     15 ms     20 ms  cz-prg01a-ra4-ae23.net.vodafone.cz [84.116.223.26]
  4      *          *          *    Request timed out.
  5      *          *          *    Request timed out.
  6     12 ms     13 ms     15 ms  ae8-100-ucr1.czs.cw.net [195.2.12.41]
  7     171 ms    185 ms    175 ms  ae40-pcr1.fnt.cw.net [195.2.10.234]
  8     41 ms     35 ms     38 ms  ae9-xcr1.mrx.cw.net [195.2.25.189]
  9     171 ms    172 ms    172 ms  ae33-xcr1.sng.cw.net [195.2.2.58]
 10     258 ms    254 ms    254 ms  ae-8.a01.sngpsi07.sg.bb.gin.ntt.net [116.51.27.21]
 11     250 ms    249 ms    318 ms  ae-12.r22.sngpsi07.sg.bb.gin.ntt.net [129.250.2.123]
 12     251 ms    252 ms    253 ms  ae-0.a02.sngpsi07.sg.bb.gin.ntt.net [129.250.5.62]
 13     179 ms    172 ms    172 ms  ae-1.bharti.sngpsi07.sg.bb.gin.ntt.net [168.143.191.229]
 14     254 ms    260 ms    257 ms  116.119.55.164
 15     232 ms    232 ms    229 ms  182.79.223.99
 16     258 ms    256 ms    256 ms  2.2.2.2
 17     220 ms    214 ms    215 ms  11.184.115.97
 18      *          *          *    Request timed out.
 19      *          *          *    Request timed out.
 20      *          *          *    Request timed out.
 21      *          *          *    Request timed out.
 22      *          *          *    Request timed out.
 23      *          *          *    Request timed out.
 24      *          *          *    Request timed out.
 25      *          *          *    Request timed out.
 26      *          *          *    Request timed out.
 27      *          *          *    Request timed out.
 28      *          *          *    Request timed out.
 29      *          *          *    Request timed out.
 30      *          *          *    Request timed out.
```

4. Předpokládejte, že www prohlížeč natahuje stránku ze serveru vzdáleného 15 tis. km, která obsahuje 10 obrázků po 120kB. Kapacita linky je 1Mb/s
 Vypočtete čas natažení celé stránky pro tyto druhy spojení:
- neperzistentní
 - perzistentní
 - perzistentní + pipelining

Předpokládejte nulový čas potřebný k odvysílání vlastní html stránky a příkazů, avšak uvažujte skutečnou dobu nutnou k odvysílání vložených obrázků. Počítejte s rychlostí šíření signálu v přenosovém médiu $2 \cdot 10^8 m/s$ a zanedbejte případná zpoždění ve směrovačích.

