

Statisztikus multiplexelés, sávszélesség becslés

Bíró József

Csomag alapú hálózatok

- Forgalom típusok
 - Elasztikus
 - Stream
- Stream
 - Real time
 - PI VoIP, élő közvetítés
 - Non-real time

Statisztikus multiplexelés

- Multiplexelés (nyalábolás)
 - Csomag (IP) alapú hálózatokban
 - TDM rendszerekben
- VoIP folyamatok, kódolt (real-time) videó folyamatok
 - Késletetés
 - Csomagvesztés

Sebesség alapú multiplexelés

- A forgalmi folyamatok (változó) sebességeinek összege (az összenyalábolt/aggregált folyamat sávszélesség igénye) $\leftrightarrow$ átviteli kapacitás ?
- Csúcssebességek összegére méretezünk $\rightarrow$ pazarló megoldás
- Megengedjük a csomagvesztést $\rightarrow$ minőségromlás
- Tehát csomag alapú rendszerekben az aggregált (multiplexált) folyamat számára biztosítani kell azt a sebességet (átviteli kapacitást), amely
 - nem túlságosan pazarló (kisebb mint az aggregált folyamat csúcssebessége),
 - de biztosítja a megfelelően kicsi csomagvesztési arányt (nagyobb mint az átlagsebesség)
 - ez a kapacitás a folyamat átlagsebessége és csúcssebessége között helyezkedik el valahol

Példa Voice over IP folyamokra

- Legyen 100 darab VoIP folyamunk, egyenként 64 kbit/s sebességgel (ilyen a kodekünk, mai modern kodekekben lényegesen alacsonyabb sebességek is előfordulhatnak, pl 5.7 kbit/s)
- Modern kodekekben van voice activity detection funkció, azaz ha a beszélő nem beszél, akkor a kodek nem bocsájt ki magából csomagokat. Ha a beszélő beszél, akkor a kodek fix időközönként fix méretű csomagokat bocsájt ki magából, ennek a kibocsátásnak a sebessége a kodek sebessége (pl. 5.7 kbit/s)
- Az aggregált folyam csúcssebessége 6.4 Mbit/s

Példa Voice over IP folyamokra - 2

- Az aggregált folyam csúcssebessége 6.4 Mbit/s
 - Ez a csúcssebesség ritkán fordul elő, csak akkor, ha mind a száz beszélő egyszerre beszél
 - A minimális 0 sebesség is ritkán fordul elő, csak akkor, ha a száz felhasználó közül senki nem beszél
 - A folyam sebessége az átlagsebesség körül fog ingadozni, attól függően, hogy éppen a 100 felhasználó közül hányan beszélnek
 - Az aggregált folyam átlagsebességét nem tudjuk előre, de tudjuk mérni a hálózatban

A probléma formalizálása

- Adjunk lehetőleg felső becslést a következő eseményre:
{a forgalmi folyamatok sebességeinek összege meghaladja a rendelkezésre álló kapacitást}
 – Tegyük fel, hogy a forgalmi folyamatok azonos típusú (audio, vagy videó) kodekekből származnak
- Amit ismerünk
 - A forgalmi folyamatok száma
 - A folyamatok sebességeinek (azonos) felső határa
 - Voice over IP (VoIP) esetén pl. 64 kbit/s
 - Az aggregált folyamat átlagos intenzitása (átlagsebessége)

A valszám nyelvére lefordítva

- Tehát X_i jelentse az i . folyamat által szállított forgalom sebességét. Legyen a kodek (audio vagy videó) sebessége az egység, ekkor $0 \leq X_i \leq 1$
- Legyen n darab folyamatunk, amit összemultiplexálunk, azaz $X = \sum_{i=1}^n X_i$ ahol X az aggregált folyamat sebessége
- Amit még (pl. mérés segítségével) ismerünk, az aggregált folyamat átlagsebessége, ami az X várható értéke $M = E[X]$

A kérdés:

- Mekkora a valószínűsége, hogy X meghaladja C -t, ahol C jelenti az aggregált forgalom átvitelére rendelkezésre álló kapacitást (sávszélességet)
- Ezt a valószínűséget nem tudjuk pontosan, hiszen csak n , M , C paraméterek ismertek
 X_i eloszlását nem ismerjük, csak azt tudjuk, hogy $0 \leq X_i \leq 1$
- A rendelkezésre álló információk alapján adjunk felső becslést erre a valószínűsége

$$P\{X > C\} \leq ??$$

A módszer: egyenlőtlenségek

- Markov egyenlőtlenség $P\{X > C\} \leq \frac{M}{C}$
 - Közvetlenül nem használható, nagyon pontatlan
 - Ha az X valószínűségi változót és a C -t is az $\text{Exp}[s x]$ ($s > 0$, egyelőre szabad paraméter) függvényre transzformáljuk, és a transzformált mennyiségekre alkalmazzuk a Markov egyenlőtlenséget, így kapjuk meg a Csernov korlátot, ami már hasznosabb
- Csernov (Chernoff) korlát

$$P\{X > C\} = P\{e^{sX} > e^{sC}\} \leq \min_{s, s > 0} \frac{E[e^{sX}]}{e^{sC}}$$

Csernov korlát

- Ez a korlát sem használható még közvetlenül, mert az $E[e^{sX}]$ függvény meghatározásához az X eloszlását kellene pontosan ismerni.
- Tehát a következő részfeladat: adjunk a rendelkezésre álló információk alapján felső becslést az $E[e^{sX}]$ függvényre. Az órán levezettük, hogy a felső becslés az alábbi

$$E[e^{sX}] \leq \left(1 - \frac{M}{n} + \frac{M}{n}e^s\right)^n$$

Csernov korlát - 2

- Az $E[e^{sX}]$ becslése alapján a Csernov korlát felső becslése már kiszámolható, ehhez csak az s szerinti minimumot kell meghatározni, amely egyszerű deriválással megkapható, azaz

$$P\{X > C\} = P\{e^{sX} > e^{sC}\} \leq \min_{s, s>0} \frac{E[e^{sX}]}{e^{sC}} \leq \left(\frac{M}{C}\right)^C \left(\frac{n-M}{n-C}\right)^{n-C}$$

- Tehát megvan a felső becslésünk a csomagvesztés valószínűségére, amely csak a rendelkezésre álló információkat használja

Hoeffding korlát

- Ezt a felső becslést Hoeffding vezette, ezért Hoeffding korlátnak szokás nevezni

$$P\{X > C\} \leq \left(\frac{M}{C}\right)^C \left(\frac{n-M}{n-C}\right)^{n-C}$$

- A fenti formulában tehát M az aggregált folyam átlagsebessége, C az átviteli kapacitás (mindkettőt a kodeksebségben, mint egységben mérve), n pedig a folyamatok száma az aggregátumban

Szám példa

- Legyen 1000 felhasználóhoz tartozó 1000 darab VoIP folyamunk, egyenként 5.7 kbit/s sebességgel
- Tegyük fel, hogy átlagosan a felhasználók 60%-a aktív (beszél)
- Az átviteli kapacitás legyen $C = 650$ [x 5.7 kbit/s]
- Kérdések:
 - Mekkora M , az aggregált folyam átlagsebessége ?
 - Mekkora a Hoeffding korlát által számítható felső becslés a csomagvesztés valószínűségére ?

Szám példa

- Megoldás:

- $M = 0.6 \times 1000 = 600$ [x 5.7 kbit/s]

- Behelyettesítve Hoeffding képletébe:

$$\left(\frac{600}{650}\right)^{650} \left(\frac{1000 - 600}{1000 - 650}\right)^{1000 - 650} = 0.00503$$

Megjegyzés: 0.005 csomagvesztési arány VoIP forgalom számára elfogadható