

ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ – ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

Α) Καταγραφή – Παρακολούθηση Συστήματος

Να σχεδιασθεί και να υλοποιηθεί κώδικας (επέκταση έτοιμου κώδικα MATLAB συστήματος μετάδοσης video μέσω δικτύου) για την καταγραφή των χρόνων αφίξεων κάθε πακέτου της ροής video στα ακόλουθα σημεία συστήματος:

Παραμετροποιούμε τον playback buffer, αλλά και τον leaky bucket, με τις τιμές που περιγράφονται στο: Scenario B1 του πίνακα 2 και λαμβάνουμε τα εξής ενδεικτικά αποτελέσματα.

Σημείωση: τα πακέτα φτάνουν με τη σειρά - διαδοχικά το ένα μετά το άλλο με σειριακά αναγνωριστικά (IDs) των οποίων η αρίθμηση ξεκινά από το 1. Δηλαδή το κάθε πακέτο που φτάνει στο προς μελέτη σημείο του συστήματός μας, έχει αναγνωριστικό ID κατά μία μονάδα μεγαλύτερη από το αμέσως προηγούμενό του κι έχει φτάσει σε επόμενη χρονική στιγμή (χρονικό slot ή χρονοσχισμή), σε σχέση με το προηγούμενό του/ τα προηγούμενά του.

Ενδεικτικά, παρατίθενται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για το Scenario B1. Τα συνολικά αποτελέσματα για όλα τα πιθανά σενάρια παραμετροποίησης του συστήματος, τόσο για τον leaky bucket όσο και για τον playback buffer, επισυνάπτονται ως αρχεία του Microsoft Excel στο αρχείο zip της εργασίας. Ακόμη, τα συνολικά αποτελέσματα, για όλα τα ερωτήματα και για όλα τα πιθανά σενάρια, επισυνάπτονται ως αρχεία pdf επίσης στο σχετικό φάκελο “Καταγραφές” του zip της εργασίας.

Στο σκελετό του δοσμένου κώδικα της εκφώνησης έγιναν οι παρακάτω προσθήκες, για το Ερώτημα Α’:

-Πριν και μετά το leaky bucket:

```
%-----MEASUREMENT-----
% ID of Packet vs Time of Arival
if (NEW_PACKET==1)
    % account the new packet
    Arrival_B_LB=[Arrival_B_LB;[time]];
    VP_ID_holder=[VP_ID_holder;[VP_ID]];
    Arrival_B_LB_VS_VP_ID=[Arrival_B_LB_VS_VP_ID;[VP_ID,time]];
    number_of_packets_out_of_generator=number_of_packets_out_of_generator+1; %VP_ID
end

%-----MEASUREMENT-----
% ID of Packet vs Time of Arival
if (pop_LB==1)
    % account the new packet
    Arrival_A_LB=[Arrival_A_LB;[time]];
    LB_ID_holder=[LB_ID_holder;[LB_ID]];
    Arrival_A_LB_VS_LB_ID=[Arrival_A_LB_VS_LB_ID;[LB_ID,time]];
    number_of_packets_out_of_leaky_bucket=number_of_packets_out_of_leaky_bucket+1;
end
```

-Πριν και μετά τον playback buffer:

```
%-----MEASUREMENT-----
% ID of Packet vs Time of Arival
if (link_3_Trans==1)
    % account for the new packet
    Arrival_B_PB_VS_link_3_ID=[Arrival_B_PB_VS_link_3_ID;[link_3_ID,time]];
    Arrival_B_PB=[Arrival_B_PB;[time]];
    Before_PB_ID_holder=[Before_PB_ID_holder;[link_3_ID]];
    number_of_packets_before_playback=number_of_packets_before_playback+1;
end

%-----MEASUREMENT-----
% ID of Packet vs Time of Arival
if (pop_PB==1)
    % account for the new packet
    Arrival_A_PB=[Arrival_A_PB;[time]];
    Arrival_A_PB_VS_PB_ID=[Arrival_A_PB_VS_PB_ID;[PB_ID,time]];
    After_PB_ID_holder=[After_PB_ID_holder;[PB_ID]];
    number_of_packets_after_playback=number_of_packets_after_playback+1;
    %reset the flag - do not change
    pop_PB=0;
end
```

1) Σ1 :: Στην είσοδο του Διαρρέοντος Κάδου

- Scenario B1

VP_ID	time	VP_ID	time	VP_ID	time	VP_ID	time	VP_ID	time
1	1	2	12	3	26	4	30	5	51
6	65	7	69	8	84	9	102	10	115
11	135	12	150	13	155	14	167	15	181
16	192	17	204	18	211	19	219	20	221

21	233	22	243	23	260	24	264	25	273
26	280	27	301	28	319	29	327	30	330
31	336	32	353	33	355	34	375	35	384
36	404	37	417	38	421	39	440	40	442
41	447	42	463	43	473	44	482	45	485
46	500	47	511	48	529	49	544	50	552
51	555	52	558	53	576	54	597	55	604
56	624	57	640	58	653	59	663	60	677
61	694	62	705	63	715	64	727	65	729
66	743	67	762	68	777	69	797	70	811
71	821	72	824	73	841	74	845	75	864
76	875	77	888	78	903	79	919	80	928
81	935	82	942	83	956	84	962	85	981
86	988	87	1005	88	1019	89	1040	90	1053
91	1059	92	1080	93	1096	94	1106	95	1111
96	1121	97	1129	98	1141	99	1145	100	1154
101	1173	102	1189	103	1201	104	1207	105	1217
106	1219	107	1234	108	1252	109	1271	110	1280
111	1285	112	1295	113	1297	114	1315	115	1332
116	1336	117	1353	118	1356	119	1359	120	1363
121	1382	122	1395	123	1403	124	1406	125	1410
126	1427	127	1434	128	1454	129	1463	130	1484
131	1499	132	1505	133	1509	134	1526	135	1539
136	1559	137	1560	138	1580	139	1596	140	1605
141	1607	142	1623	143	1636	144	1638	145	1645
146	1647	147	1651	148	1655	149	1660	150	1667
151	1686	152	1698	153	1707	154	1710	155	1730
156	1732	157	1743	158	1758	159	1761	160	1768
161	1774	162	1789	163	1796	164	1813	165	1816
166	1823	167	1843	168	1846	169	1857	170	1877
171	1894	172	1909	173	1913	174	1928	175	1947
176	1965	177	1968	178	1977	179	1988	180	1992
181	2009	182	2028	183	2046	184	2058	185	2061
186	2067	187	2079	188	2100	189	2115	190	2130
191	2145	192	2157	193	2165	194	2167	195	2168
196	2181	197	2183	198	2185	199	2194	200	2215

201	2227	202	2241	203	2245	204	2259	205	2279
206	2286	207	2287	208	2304	209	2309	210	2325
211	2338	212	2356	213	2370	214	2374	215	2377
216	2397	217	2405	218	2408	219	2417	220	2431
221	2448	222	2461	223	2471	224	2484	225	2490
226	2496	227	2498	228	2511	229	2530	230	2544
231	2558	232	2563	233	2572	234	2592	235	2601
236	2613	237	2634	238	2644	239	2647	240	2654
241	2659	242	2668	243	2688	244	2707	245	2719
246	2722	247	2741	248	2748	249	2751	250	2765
251	2783	252	2800	253	2805	254	2809	255	2830
256	2851	257	2871	258	2876	259	2881	260	2896
261	2906	262	2915	263	2925	264	2946	265	2966
266	2976	267	2989	268	3010	269	3011	270	3029
271	3041	272	3055	273	3071	274	3084	275	3093
276	3101	277	3118	278	3139	279	3143	280	3145
281	3158	282	3172	283	3191	284	3205	285	3225
286	3235	287	3241	288	3252	289	3261	290	3266
291	3286	292	3292	293	3301	294	3310	295	3312
296	3325	297	3327	298	3341	299	3360	300	3362
301	3375	302	3377	303	3396	304	3414	305	3430
306	3437	307	3445	308	3460	309	3479	310	3488
311	3492	312	3504	313	3513	314	3525	315	3530
316	3544	317	3553	318	3561	319	3563	320	3572
321	3583	322	3599	323	3602	324	3622	325	3640
326	3656	327	3671	328	3676	329	3678	330	3684
331	3692	332	3710	333	3711	334	3725	335	3737
336	3745	337	3751	338	3767	339	3772	340	3790
341	3806	342	3819	343	3823	344	3824	345	3833
346	3849	347	3866	348	3883	349	3886	350	3897
351	3908	352	3916	353	3921	354	3938	355	3952
356	3971	357	3989	358	4007	359	4028	360	4041
361	4051	362	4063	363	4071	364	4082	365	4093
366	4111	367	4119	368	4123	369	4134	370	4145
371	4147	372	4165	373	4169	374	4187	375	4201
376	4214	377	4225	378	4237	379	4250	380	4260

381	4269	382	4273	383	4284	384	4287	385	4305
386	4311	387	4326	388	4333	389	4342	390	4355
391	4373	392	4378	393	4393	394	4401	395	4404
396	4412	397	4432	398	4452	399	4456	400	4458
401	4467	402	4487	403	4508	404	4511	405	4531
406	4551	407	4562	408	4582	409	4596	410	4610
411	4617	412	4636	413	4642	414	4658	415	4673
416	4688	417	4702	418	4709	419	4725	420	4734
421	4737	422	4742	423	4751	424	4771	425	4775
426	4780	427	4799	428	4803	429	4817	430	4834
431	4846	432	4866	433	4883	434	4885	435	4897
436	4905	437	4916	438	4920	439	4933	440	4939
441	4947	442	4954	443	4971	444	4980	445	4992
446	4995	447	5000	448	5006	449	5016	450	5025
451	5041	452	5043	453	5056	454	5060	455	5076
456	5095	457	5102	458	5103	459	5117	460	5133
461	5141	462	5150	463	5166	464	5172	465	5190
466	5194	467	5201	468	5204	469	5207	470	5214
471	5222	472	5238	473	5254	474	5271	475	5289
476	5305	477	5311	478	5328	479	5345	480	5354
481	5368	482	5374	483	5380	484	5400	485	5403
486	5422	487	5427	488	5430	489	5442	490	5458
491	5460	492	5465	493	5470	494	5482	495	5491
496	5492	497	5501	498	5518	499	5525	500	5531
501	5541	502	5557	503	5564	504	5567	505	5575
506	5594	507	5606	508	5619	509	5627	510	5633
511	5644	512	5650	513	5660	514	5678	515	5684
516	5691	517	5694	518	5698	519	5708	520	5721
521	5741	522	5745	523	5763	524	5783	525	5802
526	5810	527	5827	528	5836	529	5842	530	5862
531	5866	532	5881	533	5902	534	5905	535	5920
536	5926	537	5944	538	5961	539	5973	540	5977
541	5989	542	5994	543	6001	544	6006	545	6018
546	6038	547	6042	548	6051	549	6070	550	6074
551	6080	552	6092	553	6101	554	6118	555	6138
556	6154	557	6156	558	6176	559	6197	560	6210

561	6220	562	6226	563	6231	564	6252	565	6273
566	6284	567	6297	568	6300	569	6318	570	6324
571	6337	572	6357	573	6374	574	6395	575	6415
576	6424	577	6433	578	6450	579	6461	580	6476
581	6481	582	6492	583	6508	584	6519	585	6532
586	6544	587	6549	588	6557	589	6560	590	6570
591	6578	592	6585	593	6595	594	6615	595	6634
596	6651	597	6669	598	6677	599	6679	600	6692
601	6695	602	6700	603	6708	604	6713	605	6727
606	6736	607	6750	608	6753	609	6772	610	6778
611	6786	612	6799	613	6801	614	6805	615	6825
616	6846	617	6854	618	6863	619	6865	620	6874
621	6890	622	6894	623	6901	624	6905	625	6908
626	6909	627	6919	628	6923	629	6939	630	6951
631	6969	632	6984	633	6997	634	7014	635	7029
636	7033	637	7054	638	7061	639	7082	640	7103
641	7122	642	7132	643	7149	644	7159	645	7175
646	7184	647	7192	648	7208	649	7227	650	7240
651	7253	652	7262	653	7273	654	7290	655	7302
656	7309	657	7324	658	7331	659	7351	660	7370
661	7374	662	7377	663	7392	664	7406	665	7414
666	7416	667	7430	668	7451	669	7470	670	7478
671	7482	672	7502	673	7522	674	7529	675	7538
676	7540	677	7543	678	7556	679	7575	680	7581
681	7585	682	7589	683	7600	684	7616	685	7619
686	7624	687	7633	688	7635	689	7645	690	7651
691	7667	692	7684	693	7705	694	7723	695	7727
696	7741	697	7760	698	7768	699	7778	700	7790
701	7806	702	7823	703	7839	704	7855	705	7869
706	7876	707	7882	708	7890	709	7900	710	7904
711	7911	712	7918	713	7930	714	7935	715	7945
716	7946	717	7964	718	7979	719	7996	720	8002
721	8021	722	8023	723	8038	724	8039	725	8053
726	8070	727	8089	728	8091	729	8111	730	8116
731	8131	732	8141	733	8147	734	8149	735	8152
736	8153	737	8167	738	8187	739	8204	740	8216

741	8234	742	8247	743	8254	744	8269	745	8270
746	8277	747	8292	748	8307	749	8316	750	8332
751	8347	752	8356	753	8364	754	8368	755	8383
756	8385	757	8400	758	8404	759	8413	760	8431
761	8441	762	8452	763	8461	764	8463	765	8483
766	8492	767	8506	768	8511	769	8527	770	8547
771	8561	772	8577	773	8587	774	8603	775	8622
776	8638	777	8656	778	8658	779	8663	780	8674
781	8688	782	8699	783	8715	784	8735	785	8744
786	8753	787	8769	788	8788	789	8792	790	8804
791	8822	792	8839	793	8840	794	8859	795	8880
796	8898	797	8908	798	8920	799	8932	800	8942
801	8947	802	8967	803	8975	804	8984	805	8996
806	9013	807	9022	808	9026	809	9041	810	9060
811	9068	812	9080	813	9097	814	9103	815	9116
816	9136	817	9142	818	9145	819	9151	820	9157
821	9162	822	9163	823	9165	824	9176	825	9179
826	9194	827	9205	828	9218	829	9220	830	9235
831	9249	832	9268	833	9274	834	9286	835	9303
836	9306	837	9309	838	9327	839	9332	840	9347
841	9350	842	9369	843	9390	844	9405	845	9409
846	9413	847	9426	848	9436	849	9455	850	9472
851	9476	852	9490	853	9503	854	9523	855	9537
856	9548	857	9562	858	9567	859	9571	860	9584
861	9586	862	9599	863	9605	864	9615	865	9634
866	9640	867	9658	868	9668	869	9674	870	9691
871	9710	872	9711	873	9723	874	9724	875	9735
876	9749	877	9766	878	9774	879	9781	880	9795
881	9800	882	9813	883	9818	884	9831	885	9849
886	9855	887	9862	888	9863	889	9865	890	9871
891	9873	892	9888	893	9898	894	9916	895	9932
896	9935	897	9950	898	9970	899	9971	900	9978
901	9987	902	9998						

2) Σ2 :: Στην έξοδο του Διαρρέοντος Κάδου
- Scenario B1

LB_ID	time	LB_ID	time	LB_ID	time	LB_ID	time	LB_ID	time
1	5	2	15	3	30	4	35	5	55
6	65	7	70	8	85	9	105	10	115
11	135	12	150	13	155	14	170	15	185
16	195	17	205	18	215	19	220	20	225
21	235	22	245	23	260	24	265	25	275
26	280	27	305	28	320	29	330	30	335
31	340	32	355	33	360	34	375	35	385
36	405	37	420	38	425	39	440	40	445
41	450	42	465	43	475	44	485	45	490
46	500	47	515	48	530	49	545	50	555
51	560	52	565	53	580	54	600	55	605
56	625	57	640	58	655	59	665	60	680
61	695	62	705	63	715	64	730	65	735
66	745	67	765	68	780	69	800	70	815
71	825	72	830	73	845	74	850	75	865
76	875	77	890	78	905	79	920	80	930
81	935	82	945	83	960	84	965	85	985
86	990	87	1005	88	1020	89	1040	90	1055
91	1060	92	1080	93	1100	94	1110	95	1115
96	1125	97	1130	98	1145	99	1150	100	1155
101	1175	102	1190	103	1205	104	1210	105	1220
106	1225	107	1235	108	1255	109	1275	110	1280
111	1285	112	1295	113	1300	114	1315	115	1335
116	1340	117	1355	118	1360	119	1365	120	1370
121	1385	122	1395	123	1405	124	1410	125	1415
126	1430	127	1435	128	1455	129	1465	130	1485
131	1500	132	1505	133	1510	134	1530	135	1540
136	1560	137	1565	138	1580	139	1600	140	1605
141	1610	142	1625	143	1640	144	1645	145	1650
146	1655	147	1660	148	1665	149	1670	150	1675
151	1690	152	1700	153	1710	154	1715	155	1730
156	1735	157	1745	158	1760	159	1765	160	1770
161	1775	162	1790	163	1800	164	1815	165	1820
166	1825	167	1845	168	1850	169	1860	170	1880

171	1895	172	1910	173	1915	174	1930	175	1950
176	1965	177	1970	178	1980	179	1990	180	1995
181	2010	182	2030	183	2050	184	2060	185	2065
186	2070	187	2080	188	2100	189	2115	190	2130
191	2145	192	2160	193	2165	194	2170	195	2175
196	2185	197	2190	198	2195	199	2200	200	2215
201	2230	202	2245	203	2250	204	2260	205	2280
206	2290	207	2295	208	2305	209	2310	210	2325
211	2340	212	2360	213	2370	214	2375	215	2380
216	2400	217	2405	218	2410	219	2420	220	2435
221	2450	222	2465	223	2475	224	2485	225	2490
226	2500	227	2505	228	2515	229	2530	230	2545
231	2560	232	2565	233	2575	234	2595	235	2605
236	2615	237	2635	238	2645	239	2650	240	2655
241	2660	242	2670	243	2690	244	2710	245	2720
246	2725	247	2745	248	2750	249	2755	250	2765
251	2785	252	2800	253	2805	254	2810	255	2830
256	2855	257	2875	258	2880	259	2885	260	2900
261	2910	262	2915	263	2925	264	2950	265	2970
266	2980	267	2990	268	3010	269	3015	270	3030
271	3045	272	3055	273	3075	274	3085	275	3095
276	3105	277	3120	278	3140	279	3145	280	3150
281	3160	282	3175	283	3195	284	3205	285	3225
286	3235	287	3245	288	3255	289	3265	290	3270
291	3290	292	3295	293	3305	294	3310	295	3315
296	3325	297	3330	298	3345	299	3360	300	3365
301	3375	302	3380	303	3400	304	3415	305	3430
306	3440	307	3445	308	3460	309	3480	310	3490
311	3495	312	3505	313	3515	314	3525	315	3530
316	3545	317	3555	318	3565	319	3570	320	3575
321	3585	322	3600	323	3605	324	3625	325	3640
326	3660	327	3675	328	3680	329	3685	330	3690
331	3695	332	3710	333	3715	334	3725	335	3740
336	3745	337	3755	338	3770	339	3775	340	3790
341	3810	342	3820	343	3825	344	3830	345	3835
346	3850	347	3870	348	3885	349	3890	350	3900

351	3910	352	3920	353	3925	354	3940	355	3955
356	3975	357	3990	358	4010	359	4030	360	4045
361	4055	362	4065	363	4075	364	4085	365	4095
366	4115	367	4120	368	4125	369	4135	370	4145
371	4150	372	4165	373	4170	374	4190	375	4205
376	4215	377	4225	378	4240	379	4250	380	4260
381	4270	382	4275	383	4285	384	4290	385	4305
386	4315	387	4330	388	4335	389	4345	390	4355
391	4375	392	4380	393	4395	394	4405	395	4410
396	4415	397	4435	398	4455	399	4460	400	4465
401	4470	402	4490	403	4510	404	4515	405	4535
406	4555	407	4565	408	4585	409	4600	410	4610
411	4620	412	4640	413	4645	414	4660	415	4675
416	4690	417	4705	418	4710	419	4725	420	4735
421	4740	422	4745	423	4755	424	4775	425	4780
426	4785	427	4800	428	4805	429	4820	430	4835
431	4850	432	4870	433	4885	434	4890	435	4900
436	4905	437	4920	438	4925	439	4935	440	4940
441	4950	442	4955	443	4975	444	4980	445	4995
446	5000	447	5005	448	5010	449	5020	450	5025
451	5045	452	5050	453	5060	454	5065	455	5080
456	5095	457	5105	458	5110	459	5120	460	5135
461	5145	462	5150	463	5170	464	5175	465	5190
466	5195	467	5205	468	5210	469	5215	470	5220
471	5225	472	5240	473	5255	474	5275	475	5290
476	5305	477	5315	478	5330	479	5345	480	5355
481	5370	482	5375	483	5380	484	5400	485	5405
486	5425	487	5430	488	5435	489	5445	490	5460
491	5465	492	5470	493	5475	494	5485	495	5495
496	5500	497	5505	498	5520	499	5525	500	5535
501	5545	502	5560	503	5565	504	5570	505	5575
506	5595	507	5610	508	5620	509	5630	510	5635
511	5645	512	5650	513	5660	514	5680	515	5685
516	5695	517	5700	518	5705	519	5710	520	5725
521	5745	522	5750	523	5765	524	5785	525	5805
526	5810	527	5830	528	5840	529	5845	530	5865

531	5870	532	5885	533	5905	534	5910	535	5920
536	5930	537	5945	538	5965	539	5975	540	5980
541	5990	542	5995	543	6005	544	6010	545	6020
546	6040	547	6045	548	6055	549	6070	550	6075
551	6080	552	6095	553	6105	554	6120	555	6140
556	6155	557	6160	558	6180	559	6200	560	6210
561	6220	562	6230	563	6235	564	6255	565	6275
566	6285	567	6300	568	6305	569	6320	570	6325
571	6340	572	6360	573	6375	574	6395	575	6415
576	6425	577	6435	578	6450	579	6465	580	6480
581	6485	582	6495	583	6510	584	6520	585	6535
586	6545	587	6550	588	6560	589	6565	590	6570
591	6580	592	6585	593	6595	594	6615	595	6635
596	6655	597	6670	598	6680	599	6685	600	6695
601	6700	602	6705	603	6710	604	6715	605	6730
606	6740	607	6750	608	6755	609	6775	610	6780
611	6790	612	6800	613	6805	614	6810	615	6825
616	6850	617	6855	618	6865	619	6870	620	6875
621	6890	622	6895	623	6905	624	6910	625	6915
626	6920	627	6925	628	6930	629	6940	630	6955
631	6970	632	6985	633	7000	634	7015	635	7030
636	7035	637	7055	638	7065	639	7085	640	7105
641	7125	642	7135	643	7150	644	7160	645	7175
646	7185	647	7195	648	7210	649	7230	650	7240
651	7255	652	7265	653	7275	654	7290	655	7305
656	7310	657	7325	658	7335	659	7355	660	7370
661	7375	662	7380	663	7395	664	7410	665	7415
666	7420	667	7430	668	7455	669	7470	670	7480
671	7485	672	7505	673	7525	674	7530	675	7540
676	7545	677	7550	678	7560	679	7575	680	7585
681	7590	682	7595	683	7600	684	7620	685	7625
686	7630	687	7635	688	7640	689	7645	690	7655
691	7670	692	7685	693	7705	694	7725	695	7730
696	7745	697	7760	698	7770	699	7780	700	7790
701	7810	702	7825	703	7840	704	7855	705	7870
706	7880	707	7885	708	7890	709	7900	710	7905

711	7915	712	7920	713	7930	714	7935	715	7945
716	7950	717	7965	718	7980	719	8000	720	8005
721	8025	722	8030	723	8040	724	8045	725	8055
726	8070	727	8090	728	8095	729	8115	730	8120
731	8135	732	8145	733	8150	734	8155	735	8160
736	8165	737	8170	738	8190	739	8205	740	8220
741	8235	742	8250	743	8255	744	8270	745	8275
746	8280	747	8295	748	8310	749	8320	750	8335
751	8350	752	8360	753	8365	754	8370	755	8385
756	8390	757	8400	758	8405	759	8415	760	8435
761	8445	762	8455	763	8465	764	8470	765	8485
766	8495	767	8510	768	8515	769	8530	770	8550
771	8565	772	8580	773	8590	774	8605	775	8625
776	8640	777	8660	778	8665	779	8670	780	8675
781	8690	782	8700	783	8715	784	8735	785	8745
786	8755	787	8770	788	8790	789	8795	790	8805
791	8825	792	8840	793	8845	794	8860	795	8880
796	8900	797	8910	798	8920	799	8935	800	8945
801	8950	802	8970	803	8975	804	8985	805	9000
806	9015	807	9025	808	9030	809	9045	810	9060
811	9070	812	9080	813	9100	814	9105	815	9120
816	9140	817	9145	818	9150	819	9155	820	9160
821	9165	822	9170	823	9175	824	9180	825	9185
826	9195	827	9205	828	9220	829	9225	830	9235
831	9250	832	9270	833	9275	834	9290	835	9305
836	9310	837	9315	838	9330	839	9335	840	9350
841	9355	842	9370	843	9390	844	9405	845	9410
846	9415	847	9430	848	9440	849	9455	850	9475
851	9480	852	9490	853	9505	854	9525	855	9540
856	9550	857	9565	858	9570	859	9575	860	9585
861	9590	862	9600	863	9605	864	9615	865	9635
866	9640	867	9660	868	9670	869	9675	870	9695
871	9710	872	9715	873	9725	874	9730	875	9735
876	9750	877	9770	878	9775	879	9785	880	9795
881	9800	882	9815	883	9820	884	9835	885	9850
886	9855	887	9865	888	9870	889	9875	890	9880

891	9885	892	9890	893	9900	894	9920	895	9935
896	9940	897	9950	898	9970	899	9975	900	9980
901	9990	902	10000						

3) Σ3 :: Στην είσοδο του Συσσωρευτή Αναπαραγωγής

- Scenario B1

link_3_ID	time	link_3_ID	time	link_3_ID	time	link_3_ID	time 2	link_3_ID	time
1	6	2	16	3	30	4	36	5	56
6	66	7	70	8	86	9	106	10	116
11	136	12	150	13	156	14	170	15	186
16	196	17	206	18	216	19	220	20	226
21	236	22	246	23	260	24	266	25	276
26	280	27	306	28	320	29	330	30	336
31	340	32	356	33	360	34	376	35	386
36	406	37	420	38	426	39	440	40	446
41	450	42	466	43	476	44	486	45	490
46	500	47	516	48	530	49	546	50	556
51	560	52	566	53	580	54	600	55	606
56	626	57	640	58	656	59	666	60	680
61	696	62	706	63	716	64	730	65	736
66	746	67	766	68	780	69	800	70	816
71	826	72	830	73	846	74	850	75	866
76	876	77	890	78	906	79	920	80	930
81	936	82	946	83	960	84	966	85	986
86	990	87	1006	88	1020	89	1040	90	1056
91	1060	92	1080	93	1100	94	1110	95	1116
96	1126	97	1130	98	1146	99	1150	100	1156
101	1176	102	1190	103	1206	104	1210	105	1220
106	1226	107	1236	108	1256	109	1276	110	1280
111	1286	112	1296	113	1300	114	1316	115	1336
116	1340	117	1356	118	1360	119	1366	120	1370
121	1386	122	1396	123	1406	124	1410	125	1416
126	1430	127	1436	128	1456	129	1466	130	1486
131	1500	132	1506	133	1510	134	1530	135	1540

136	1560	137	1566	138	1580	139	1600	140	1606
141	1610	142	1626	143	1640	144	1646	145	1650
146	1656	147	1660	148	1666	149	1670	150	1676
151	1690	152	1700	153	1710	154	1716	155	1730
156	1736	157	1746	158	1760	159	1766	160	1770
161	1776	162	1790	163	1800	164	1816	165	1820
166	1826	167	1846	168	1850	169	1860	170	1880
171	1896	172	1910	173	1916	174	1930	175	1950
176	1966	177	1970	178	1980	179	1990	180	1996
181	2010	182	2030	183	2050	184	2060	185	2066
186	2070	187	2080	188	2100	189	2116	190	2130
191	2146	192	2160	193	2166	194	2170	195	2176
196	2186	197	2190	198	2196	199	2200	200	2216
201	2230	202	2246	203	2250	204	2260	205	2280
206	2290	207	2296	208	2306	209	2310	210	2326
211	2340	212	2360	213	2370	214	2376	215	2380
216	2400	217	2406	218	2410	219	2420	220	2436
221	2450	222	2466	223	2476	224	2486	225	2490
226	2500	227	2506	228	2516	229	2530	230	2546
231	2560	232	2566	233	2576	234	2596	235	2606
236	2616	237	2636	238	2646	239	2650	240	2656
241	2660	242	2670	243	2690	244	2710	245	2720
246	2726	247	2746	248	2750	249	2756	250	2766
251	2786	252	2800	253	2806	254	2810	255	2830
256	2856	257	2876	258	2880	259	2886	260	2900
261	2910	262	2916	263	2926	264	2950	265	2970
266	2980	267	2990	268	3010	269	3016	270	3030
271	3046	272	3056	273	3076	274	3086	275	3096
276	3106	277	3120	278	3140	279	3146	280	3150
281	3160	282	3176	283	3196	284	3206	285	3226
286	3236	287	3246	288	3256	289	3266	290	3270
291	3290	292	3296	293	3306	294	3310	295	3316
296	3326	297	3330	298	3346	299	3360	300	3366
301	3376	302	3380	303	3400	304	3416	305	3430
306	3440	307	3446	308	3460	309	3480	310	3490
311	3496	312	3506	313	3516	314	3526	315	3530

316	3546	317	3556	318	3566	319	3570	320	3576
321	3586	322	3600	323	3606	324	3626	325	3640
326	3660	327	3676	328	3680	329	3686	330	3690
331	3696	332	3710	333	3716	334	3726	335	3740
336	3746	337	3756	338	3770	339	3776	340	3790
341	3810	342	3820	343	3826	344	3830	345	3836
346	3850	347	3870	348	3886	349	3890	350	3900
351	3910	352	3920	353	3926	354	3940	355	3956
356	3976	357	3990	358	4010	359	4030	360	4046
361	4056	362	4066	363	4076	364	4086	365	4096
366	4116	367	4120	368	4126	369	4136	370	4146
371	4150	372	4166	373	4170	374	4190	375	4206
376	4216	377	4226	378	4240	379	4250	380	4260
381	4270	382	4276	383	4286	384	4290	385	4306
386	4316	387	4330	388	4336	389	4346	390	4356
391	4376	392	4380	393	4396	394	4406	395	4410
396	4416	397	4436	398	4456	399	4460	400	4466
401	4470	402	4490	403	4510	404	4516	405	4536
406	4556	407	4566	408	4586	409	4600	410	4610
411	4620	412	4640	413	4646	414	4660	415	4676
416	4690	417	4706	418	4710	419	4726	420	4736
421	4740	422	4746	423	4756	424	4776	425	4780
426	4786	427	4800	428	4806	429	4820	430	4836
431	4850	432	4870	433	4886	434	4890	435	4900
436	4906	437	4920	438	4926	439	4936	440	4940
441	4950	442	4956	443	4976	444	4980	445	4996
446	5000	447	5006	448	5010	449	5020	450	5026
451	5046	452	5050	453	5060	454	5066	455	5080
456	5096	457	5106	458	5110	459	5120	460	5136
461	5146	462	5150	463	5170	464	5176	465	5190
466	5196	467	5206	468	5210	469	5216	470	5220
471	5226	472	5240	473	5256	474	5276	475	5290
476	5306	477	5316	478	5330	479	5346	480	5356
481	5370	482	5376	483	5380	484	5400	485	5406
486	5426	487	5430	488	5436	489	5446	490	5460
491	5466	492	5470	493	5476	494	5486	495	5496

496	5500	497	5506	498	5520	499	5526	500	5536
501	5546	502	5560	503	5566	504	5570	505	5576
506	5596	507	5610	508	5620	509	5630	510	5636
511	5646	512	5650	513	5660	514	5680	515	5686
516	5696	517	5700	518	5706	519	5710	520	5726
521	5746	522	5750	523	5766	524	5786	525	5806
526	5810	527	5830	528	5840	529	5846	530	5866
531	5870	532	5886	533	5906	534	5910	535	5920
536	5930	537	5946	538	5966	539	5976	540	5980
541	5990	542	5996	543	6006	544	6010	545	6020
546	6040	547	6046	548	6056	549	6070	550	6076
551	6080	552	6096	553	6106	554	6120	555	6140
556	6156	557	6160	558	6180	559	6200	560	6210
561	6220	562	6230	563	6236	564	6256	565	6276
566	6286	567	6300	568	6306	569	6320	570	6326
571	6340	572	6360	573	6376	574	6396	575	6416
576	6426	577	6436	578	6450	579	6466	580	6480
581	6486	582	6496	583	6510	584	6520	585	6536
586	6546	587	6550	588	6560	589	6566	590	6570
591	6580	592	6586	593	6596	594	6616	595	6636
596	6656	597	6670	598	6680	599	6686	600	6696
601	6700	602	6706	603	6710	604	6716	605	6730
606	6740	607	6750	608	6756	609	6776	610	6780
611	6790	612	6800	613	6806	614	6810	615	6826
616	6850	617	6856	618	6866	619	6870	620	6876
621	6890	622	6896	623	6906	624	6910	625	6916
626	6920	627	6926	628	6930	629	6940	630	6956
631	6970	632	6986	633	7000	634	7016	635	7030
636	7036	637	7056	638	7066	639	7086	640	7106
641	7126	642	7136	643	7150	644	7160	645	7176
646	7186	647	7196	648	7210	649	7230	650	7240
651	7256	652	7266	653	7276	654	7290	655	7306
656	7310	657	7326	658	7336	659	7356	660	7370
661	7376	662	7380	663	7396	664	7410	665	7416
666	7420	667	7430	668	7456	669	7470	670	7480
671	7486	672	7506	673	7526	674	7530	675	7540

676	7546	677	7550	678	7560	679	7576	680	7586
681	7590	682	7596	683	7600	684	7620	685	7626
686	7630	687	7636	688	7640	689	7646	690	7656
691	7670	692	7686	693	7706	694	7726	695	7730
696	7746	697	7760	698	7770	699	7780	700	7790
701	7810	702	7826	703	7840	704	7856	705	7870
706	7880	707	7886	708	7890	709	7900	710	7906
711	7916	712	7920	713	7930	714	7936	715	7946
716	7950	717	7966	718	7980	719	8000	720	8006
721	8026	722	8030	723	8040	724	8046	725	8056
726	8070	727	8090	728	8096	729	8116	730	8120
731	8136	732	8146	733	8150	734	8156	735	8160
736	8166	737	8170	738	8190	739	8206	740	8220
741	8236	742	8250	743	8256	744	8270	745	8276
746	8280	747	8296	748	8310	749	8320	750	8336
751	8350	752	8360	753	8366	754	8370	755	8386
756	8390	757	8400	758	8406	759	8416	760	8436
761	8446	762	8456	763	8466	764	8470	765	8486
766	8496	767	8510	768	8516	769	8530	770	8550
771	8566	772	8580	773	8590	774	8606	775	8626
776	8640	777	8660	778	8666	779	8670	780	8676
781	8690	782	8700	783	8716	784	8736	785	8746
786	8756	787	8770	788	8790	789	8796	790	8806
791	8826	792	8840	793	8846	794	8860	795	8880
796	8900	797	8910	798	8920	799	8936	800	8946
801	8950	802	8970	803	8976	804	8986	805	9000
806	9016	807	9026	808	9030	809	9046	810	9060
811	9070	812	9080	813	9100	814	9106	815	9120
816	9140	817	9146	818	9150	819	9156	820	9160
821	9166	822	9170	823	9176	824	9180	825	9186
826	9196	827	9206	828	9220	829	9226	830	9236
831	9250	832	9270	833	9276	834	9290	835	9306
836	9310	837	9316	838	9330	839	9336	840	9350
841	9356	842	9370	843	9390	844	9406	845	9410
846	9416	847	9430	848	9440	849	9456	850	9476
851	9480	852	9490	853	9506	854	9526	855	9540

856	9550	857	9566	858	9570	859	9576	860	9586
861	9590	862	9600	863	9606	864	9616	865	9636
866	9640	867	9660	868	9670	869	9676	870	9696
871	9710	872	9716	873	9726	874	9730	875	9736
876	9750	877	9770	878	9776	879	9786	880	9796
881	9800	882	9816	883	9820	884	9836	885	9850
886	9856	887	9866	888	9870	889	9876	890	9880
891	9886	892	9890	893	9900	894	9920	895	9936
896	9940	897	9950	898	9970	899	9976	900	9980
901	9990	902	10000						

4) Σ4 :: Στην έξοδο του Συσσωρευτή Αναπαραγωγής

- Scenario B1

PB_ID	time	PB_ID	time	PB_ID	time	PB_ID	time	PB_ID	time
1	1610	2	1615	3	1620	4	1625	5	1630
6	1635	7	1640	8	1645	9	1650	10	1655
11	1660	12	1665	13	1670	14	1675	15	1680
16	1685	17	1690	18	1695	19	1700	20	1705
21	1710	22	1715	23	1720	24	1725	25	1730
26	1735	27	1740	28	1745	29	1750	30	1755
31	1760	32	1765	33	1770	34	1775	35	1780
36	1785	37	1790	38	1795	39	1800	40	1805
41	1810	42	1815	43	1820	44	1825	45	1830
46	1835	47	1840	48	1845	49	1850	50	1855
51	1860	52	1865	53	1870	54	1875	55	1880
56	1885	57	1890	58	1895	59	1900	60	1905
61	1910	62	1915	63	1920	64	1925	65	1930
66	1935	67	1940	68	1945	69	1950	70	1955
71	1960	72	1965	73	1970	74	1975	75	1980
76	1985	77	1990	78	1995	79	2000	80	2005
81	2010	82	2015	83	2020	84	2025	85	2030
86	2035	87	2040	88	2045	89	2050	90	2055
91	2060	92	2065	93	2070	94	2075	95	2080
96	2085	97	2090	98	2095	99	2100	100	2105

101	2110	102	2115	103	2120	104	2125	105	2130
106	2135	107	2140	108	2145	109	2150	110	2155
111	2160	112	2165	113	2170	114	2175	115	2180
116	2185	117	2190	118	2195	119	2200	120	2205
121	2210	122	2215	123	2220	124	2225	125	2230
126	2235	127	2240	128	2245	129	2250	130	2255
131	2260	132	2265	133	2270	134	2275	135	2280
136	2285	137	2290	138	2295	139	2300	140	2305
141	2310	142	2315	143	2320	144	2325	145	2330
146	2335	147	2340	148	2345	149	2350	150	2355
151	2360	152	2365	153	2370	154	2375	155	2380
156	2385	157	2390	158	2395	159	2400	160	2405
161	2410	162	2415	163	2420	164	2425	165	2430
166	2435	167	2440	168	2445	169	2450	170	2455
171	2460	172	2465	173	2470	174	2475	175	2480
176	2485	177	2490	178	2495	179	2500	180	2505
181	2510	182	2515	183	2520	184	2525	185	2530
186	2535	187	2540	188	2545	189	2550	190	2555
191	2560	192	2565	193	2570	194	2575	195	2580
196	2585	197	2590	198	2595	199	2600	200	2605
201	2610	202	2615	203	2620	204	2625	205	2630
206	2635	207	2640	208	2645	209	2650	210	2655
211	2660	212	2665	213	2670	214	2675	215	2680
216	2685	217	2690	218	2695	219	2700	220	2705
221	2710	222	2715	223	2720	224	2725	225	2730
226	2735	227	2740	228	2745	229	2750	230	2755
231	2760	232	2765	233	2770	234	2775	235	2780
236	2785	237	2790	238	2795	239	2800	240	2805
241	2810	242	2815	243	2820	244	2825	245	2830
246	2835	247	2840	248	2845	249	2850	250	2855
251	2860	252	2865	253	2870	254	2875	255	2880
256	2885	257	2890	258	2895	259	2900	260	2905
261	4470	262	4475	263	4480	264	4485	265	4490
266	4495	267	4500	268	4505	269	4510	270	4515
271	4520	272	4525	273	4530	274	4535	275	4540
276	4545	277	4550	278	4555	279	4560	280	4565

281	4570	282	4575	283	4580	284	4585	285	4590
286	4595	287	4600	288	4605	289	4610	290	4615
291	4620	292	4625	293	4630	294	4635	295	4640
296	4645	297	4650	298	4655	299	4660	300	4665
301	4670	302	4675	303	4680	304	4685	305	4690
306	4695	307	4700	308	4705	309	4710	310	4715
311	4720	312	4725	313	4730	314	4735	315	4740
316	4745	317	4750	318	4755	319	4760	320	4765
321	4770	322	4775	323	4780	324	4785	325	4790
326	4795	327	4800	328	4805	329	4810	330	4815
331	4820	332	4825	333	4830	334	4835	335	4840
336	4845	337	4850	338	4855	339	4860	340	4865
341	4870	342	4875	343	4880	344	4885	345	4890
346	4895	347	4900	348	4905	349	4910	350	4915
351	4920	352	4925	353	4930	354	4935	355	4940
356	4945	357	4950	358	4955	359	4960	360	4965
361	4970	362	4975	363	4980	364	4985	365	4990
366	4995	367	5000	368	5005	369	5010	370	5015
371	5020	372	5025	373	5030	374	5035	375	5040
376	5045	377	5050	378	5055	379	5060	380	5065
381	5070	382	5075	383	5080	384	5085	385	5090
386	5095	387	5100	388	5105	389	5110	390	5115
391	5120	392	5125	393	5130	394	5135	395	5140
396	5145	397	5150	398	5155	399	5160	400	5165
401	5170	402	5175	403	5180	404	5185	405	5190
406	5195	407	5200	408	5205	409	5210	410	5215
411	5220	412	5225	413	5230	414	5235	415	5240
416	5245	417	5250	418	5255	419	5260	420	5265
421	5270	422	5275	423	5280	424	5285	425	5290
426	5295	427	5300	428	5305	429	5310	430	5315
431	5320	432	5325	433	5330	434	5335	435	5340
436	5345	437	5350	438	5355	439	5360	440	5365
441	5370	442	5375	443	5380	444	5385	445	5390
446	5395	447	5400	448	5405	449	5410	450	5415
451	5420	452	5425	453	5430	454	5435	455	5440
456	5445	457	5450	458	5455	459	5460	460	5465

461	5470	462	5475	463	5480	464	5485	465	5490
466	5495	467	5500	468	5505	469	5510	470	5515
471	5520	472	5525	473	5530	474	5535	475	5540
476	5545	477	5550	478	5555	479	5560	480	5565
481	5570	482	5575	483	5580	484	5585	485	5590
486	5595	487	5600	488	5605	489	5610	490	5615
491	5620	492	5625	493	5630	494	5635	495	5640
496	5645	497	5650	498	5655	499	5660	500	5665
501	5670	502	5675	503	5680	504	5685	505	5690
506	5695	507	5700	508	5705	509	5710	510	5715
511	5720	512	5725	513	5730	514	5735	515	5740
516	5745	517	5750	518	5755	519	5760	520	5765
521	5770	522	5775	523	5780	524	7400	525	7405
526	7410	527	7415	528	7420	529	7425	530	7430
531	7435	532	7440	533	7445	534	7450	535	7455
536	7460	537	7465	538	7470	539	7475	540	7480
541	7485	542	7490	543	7495	544	7500	545	7505
546	7510	547	7515	548	7520	549	7525	550	7530
551	7535	552	7540	553	7545	554	7550	555	7555
556	7560	557	7565	558	7570	559	7575	560	7580
561	7585	562	7590	563	7595	564	7600	565	7605
566	7610	567	7615	568	7620	569	7625	570	7630
571	7635	572	7640	573	7645	574	7650	575	7655
576	7660	577	7665	578	7670	579	7675	580	7680
581	7685	582	7690	583	7695	584	7700	585	7705
586	7710	587	7715	588	7720	589	7725	590	7730
591	7735	592	7740	593	7745	594	7750	595	7755
596	7760	597	7765	598	7770	599	7775	600	7780
601	7785	602	7790	603	7795	604	7800	605	7805
606	7810	607	7815	608	7820	609	7825	610	7830
611	7835	612	7840	613	7845	614	7850	615	7855
616	7860	617	7865	618	7870	619	7875	620	7880
621	7885	622	7890	623	7895	624	7900	625	7905
626	7910	627	7915	628	7920	629	7925	630	7930
631	7935	632	7940	633	7945	634	7950	635	7955
636	7960	637	7965	638	7970	639	7975	640	7980

641	7985	642	7990	643	7995	644	8000	645	8005
646	8010	647	8015	648	8020	649	8025	650	8030
651	8035	652	8040	653	8045	654	8050	655	8055
656	8060	657	8065	658	8070	659	8075	660	8080
661	8085	662	8090	663	8095	664	8100	665	8105
666	8110	667	8115	668	8120	669	8125	670	8130
671	8135	672	8140	673	8145	674	8150	675	8155
676	8160	677	8165	678	8170	679	8175	680	8180
681	8185	682	8190	683	8195	684	8200	685	8205
686	8210	687	8215	688	8220	689	8225	690	8230
691	8235	692	8240	693	8245	694	8250	695	8255
696	8260	697	8265	698	8270	699	8275	700	8280
701	8285	702	8290	703	8295	704	8300	705	8305
706	8310	707	8315	708	8320	709	8325	710	8330
711	8335	712	8340	713	8345	714	8350	715	8355
716	8360	717	8365	718	8370	719	8375	720	8380
721	8385	722	8390	723	8395	724	8400	725	8405
726	8410	727	8415	728	8420	729	8425	730	8430
731	8435	732	8440	733	8445	734	8450	735	8455
736	8460	737	8465	738	8470	739	8475	740	8480
741	8485	742	8490	743	8495	744	8500	745	8505
746	8510	747	8515	748	8520	749	8525	750	8530
751	8535	752	8540	753	8545	754	8550	755	8555
756	8560	757	8565	758	8570	759	8575	760	8580
761	8585	762	8590	763	8595	764	8600	765	8605
766	8610	767	8615	768	8620	769	8625	770	8630
771	8635	772	8640	773	8645	774	8650	775	8655
776	8660	777	8665	778	8670	779	8675	780	8680

B) Βασικές Μετρικές Δικτύου

Να σχεδιασθεί και να υλοποιηθεί κώδικας (επέκταση έτοιμου κώδικα συστήματος MATLAB μετάδοσης video μέσω δικτύου) με σκοπό τη λήψη μετρήσεων για τα μεγέθη:

♠ Ποσοστό απώλειας πακέτων (packet loss)

Μεταξύ των σημείων {Σ1-Σ2, Σ2-Σ3, Σ2-Σ4, Σ3-Σ4, Σ1-Σ4}.

♠ Μεταβλητότητα Τρέμουλου (jitter variance)

Στα σημεία {Σ3, Σ4}.

Η προσθήκη που κάναμε στο σκελετό του κώδικα της εκφώνησης για το Ερώτημα Β', με σκοπό τη λήψη μετρήσεων για τα ποσοστά απωλειών μεταξύ των παραπάνω σημείων των ζεύξεων, είναι η ακόλουθη:

```
disp('TASK B');
disp('-----');
lossS1S2=abs(((number_of_packets_out_of_leaky_bucket-number_of_packets_out_of_generator)/number_of_packets_out_of_generator))*100;
lossS1S2=round(lossS1S2,2);
fprintf('The video packet loss between S1 and S2 is %f%%. ',lossS1S2);
fprintf('\n') ;

lossS2S3=abs(((number_of_packets_before_playback-number_of_packets_out_of_leaky_bucket)/number_of_packets_out_of_leaky_bucket))*100;
lossS2S3=round(lossS2S3,2);
fprintf('The video packet loss between S2 and S3 is %f%%. ',lossS2S3);
fprintf('\n') ;

lossS2S4=abs(((number_of_packets_after_playback-number_of_packets_out_of_leaky_bucket)/number_of_packets_out_of_leaky_bucket))*100;
lossS2S4=round(lossS2S4,2);
fprintf('The video packet loss between S2 and S4 is %f%%. ',lossS2S4);
fprintf('\n') ;

lossS3S4=abs(((number_of_packets_after_playback-number_of_packets_before_playback)/number_of_packets_before_playback))*100;
lossS3S4=round(lossS3S4,2);
fprintf('The video packet loss between S3 and S4 is %f%%. ',lossS3S4);
fprintf('\n') ;

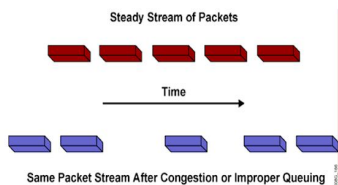
lossS1S4=abs(((number_of_packets_after_playback-number_of_packets_out_of_generator)/number_of_packets_out_of_generator))*100;
lossS1S4=round(lossS1S4,2);
fprintf('The video packet loss between S1 and S4 is %f%%. ',lossS1S4);
fprintf('\n') ;
disp('-----');
```

Η φόρμουλα που εφαρμόζουμε στις παραπάνω μετρήσεις είναι η εξής :

(| (πλήθος πακέτων σε ένα τελικό σημείο - πλήθος πακέτων σε ένα αρχικό σημείο) / πλήθος πακέτων σε ένα αρχικό σημείο |) * 100 , ώστε να λάβουμε αποτέλεσμα επί τοις εκατό (%) .

Επίσης, στις παραπάνω μετρήσεις μας, κρατήσαμε ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων.

Για να υπολογίσουμε τη μεταβλητότητα τρέμουλου (jitter variance) στα σημεία {Σ3, Σ4}, για το Ερώτημα Β', εργαστήκαμε ως εξής:



Jitter

Το jitter καθορίζεται ως η διακύμανση της καθυστερήσης των λαμβανομένων πακέτων.

Περαισσότερες λεπτομέρειες δίνονται για το jitter, εκτενώς, στην αρχή του μέρους αυτής της εργασίας.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι υπολογισμού του jitter σύμφωνα με τα διάφορα πρότυπα(<https://www.xenanetworks.com/wp-content/uploads/xenadocuments/Latency-Jitter-WP.pdf>, <https://www.lightwaveonline.com/home/article/16663492/measuring-jitter-accurately>). Στην εργασία, θα παρουσιάσουμε τον υπολογισμό του jitter ως στατιστική συνάρτηση του latency και συγκεκριμένα ως το variance του latency ή ως την τυπική απόκλιση - standard deviation- του latency. Παρατίθενται τα αποτελέσματα υπολογίζοντας το jitter ως την τυπική απόκλιση του latency, που βιβλιογραφικά μπορεί να διατυπωθεί κι ως variance των καταγραφέντων delays.

Στην κατασκευή του κώδικα εργαστήκαμε ως εξής:

Μετρήσαμε αρχικά το jitter στα σημεία Σ3, Σ4 με αναφορά το σημείο Σ1, δλδ., τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες τα πακέτα εξήλθαν από τον packet generator (πηγή), ακριβώς πριν μπουν στο leaky bucket. Επειδή το πλήθος των πακέτων δεν είναι το ίδιο στα διάφορα σημεία, κάποια πακέτα δεν καταφέρνουν να φτάσουν μέχρι τα ζητούμενα σημεία Σ3, Σ4, για να μπορέσουμε να αφαιρέσουμε τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες τα πακέτα φτάνουν στα υπό μελέτη σημεία, μετατρέπουμε τους πίνακες που κρατάνε αυτούς τους χρόνους (συγκεκριμένα τα slots), ώστε να έχουν το ίδιο μέγεθος, και συγκεκριμένα το μέγεθος που έχουν οι πίνακες που περιγράφουν τις χρονικές αφίξεις στα (τελικά) σημεία Σ3 και Σ4. Για να είμαστε, πιο τυπικοί, αν κι αυτό δεν απαιτείται για τη συγκεκριμένη προσομοίωση, στον υπολογισμό του variance, δε λαμβάνουμε υπόψη μηδενικά latency, καθώς αυτά δε δημιουργούν jitter. Τα πακέτα σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου που μελετάμε φτάνουν πάντα όλα με τη σειρά, όσα βέβαια δε χάνονται (packet loss). Χρησιμοποιούμε

ακόμα, έτοιμη τη συνάρτηση var του matlab για να υπολογίσουμε το variance και στη συνέχεια την τυπική απόκλιση.

Βιβλιογραφικά links:

1. <http://customers.watchguard.com/articles/Article/How-is-jitter-calculated>
2. <https://www.mathsisfun.com/data/standard-deviation.html>
3. <https://uk.mathworks.com/help/matlab/ref/var.html>

Παρατίθεται ο κώδικας:

```
len=min(length(Arrival_B_LB),length(Arrival_B_PB));
jitter_at_S3=Arrival_B_PB;
jitter_at_S3(1:len)=Arrival_B_PB(1:len)-Arrival_B_LB(1:len);

len2=min(length(Arrival_B_LB),length(Arrival_A_PB));
jitter_at_S4=Arrival_A_PB;
jitter_at_S4(1:len2)=Arrival_A_PB(1:len2)-Arrival_B_LB(1:len2);

fprintf('The jitter variance measured in slots at S3 is');
fprintf('\n') ;
jitter_at_S3_excluding_zero_jitter_packets = jitter_at_S3(find(jitter_at_S3~=0));
%number_of_packets_with_non_zero_jitter_at_S3=numel(jitter_at_S3_excluding_zero_jitter_packets);
jitter_variance_at_S3=var(jitter_at_S3_excluding_zero_jitter_packets); %variance
jitterS3=sqrt(jitter_variance_at_S3);%standard deviation=sqrt(variance)
jitterS3=jitterS3;
disp(jitterS3);

fprintf('The jitter variance measured in slots at S4 is');
fprintf('\n') ;
jitter_at_S4_excluding_zero_jitter_packets = jitter_at_S4(find(jitter_at_S4~=0));
%number_of_packets_with_non_zero_jitter_at_S3=numel(jitter_at_S3_excluding_zero_jitter_packets);
jitter_variance_at_S4=var(jitter_at_S4_excluding_zero_jitter_packets); %variance
jitterS4=sqrt(jitter_variance_at_S4);%standard deviation=sqrt(variance)
jitterS4=jitterS4;
disp(jitterS4);
fprintf('\n') ;
disp('-----');
```

*Αν είχαμε περισσότερες πληροφορίες , π.χ. όπως ο ρυθμός μετάδοσης κ.α., θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε την τιμή του jitter και σε msec.

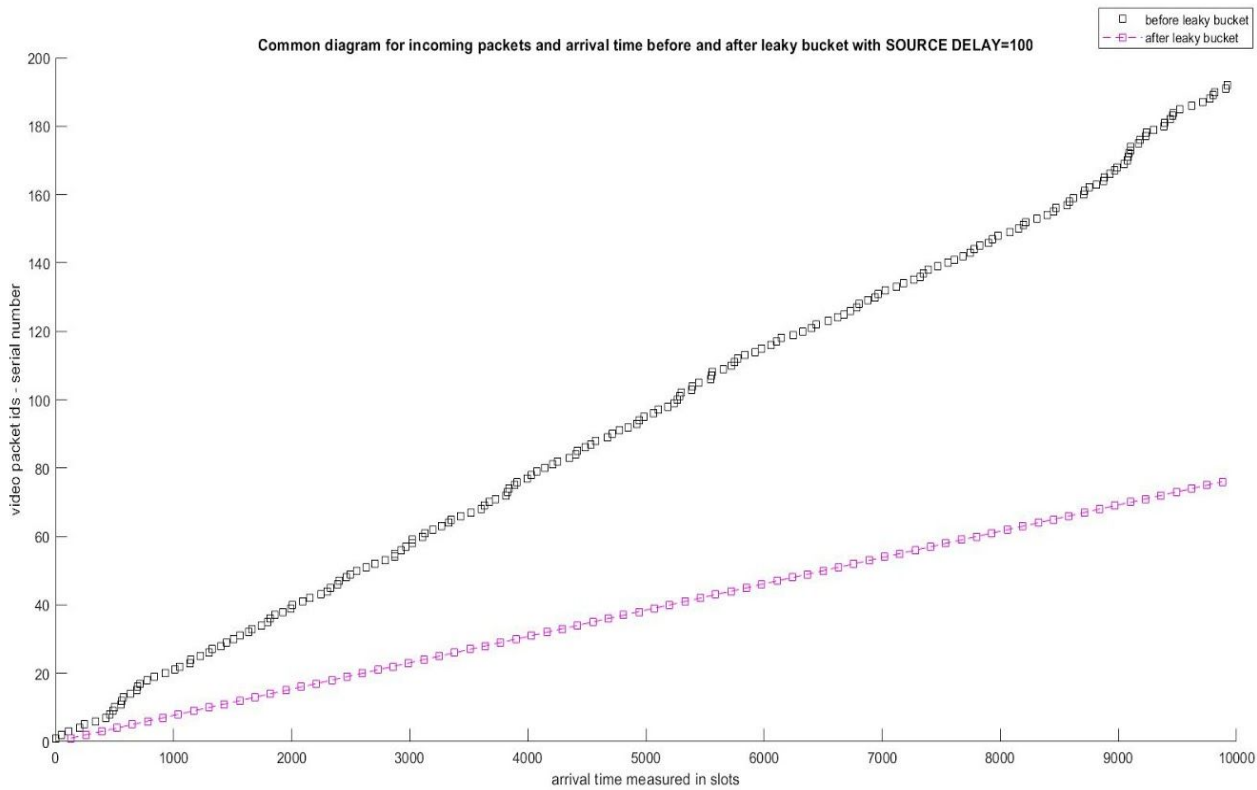
Γ) Διαγράμματα Λειτουργίας Συστήματος

Να παραχθούν και να σχολιασθούν τα ακόλουθα διαγράμματα που αφορούν στη λειτουργία του συστήματος:

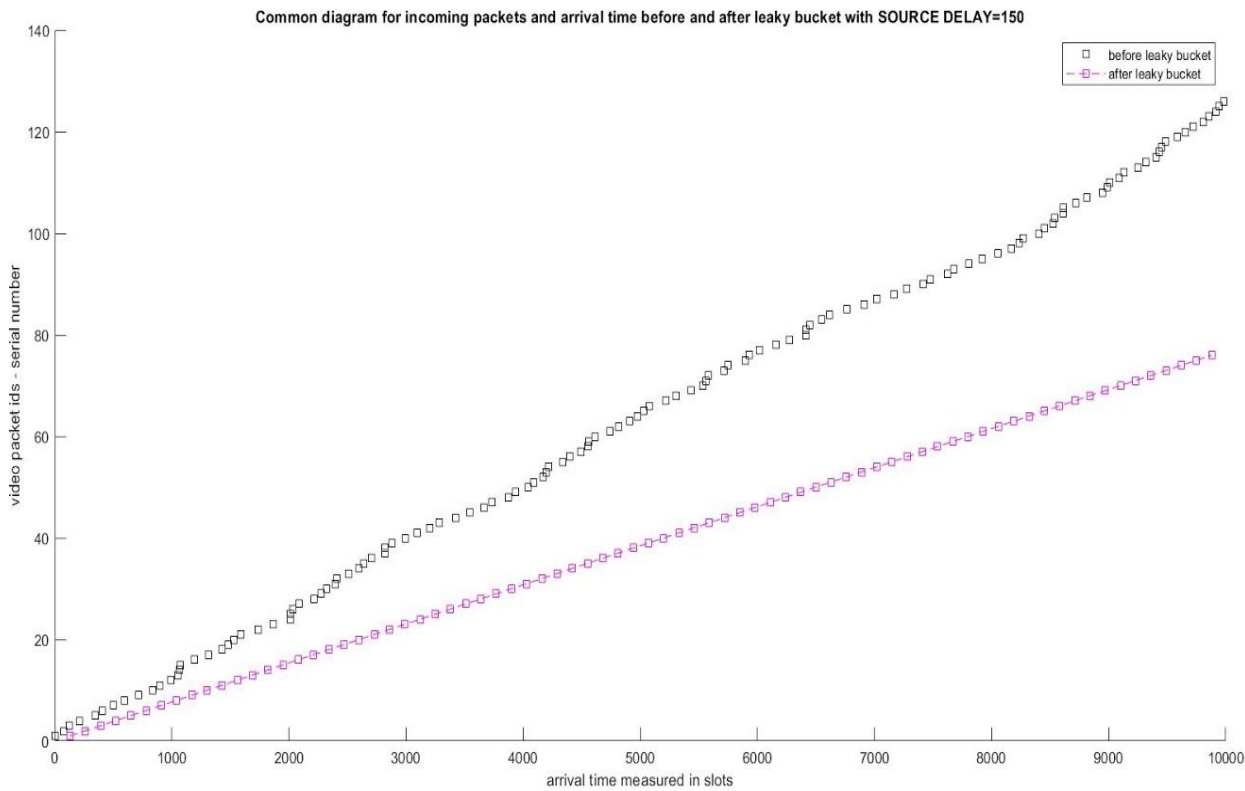
Μελέτη Μορφοποίησης Κίνησης

Κοινό διάγραμμα χρόνου άφιξης-πακέτου για τα σημεία Σ1, Σ2. Να δοθούν διαφορετικά διαγράμματα για διαφορετική παράμετρο μεγίστης καθυστέρησης πακέτων πηγής (SOURCE_DELAY). Οι τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων του συστήματος δίνονται στον Πίνακα 1.

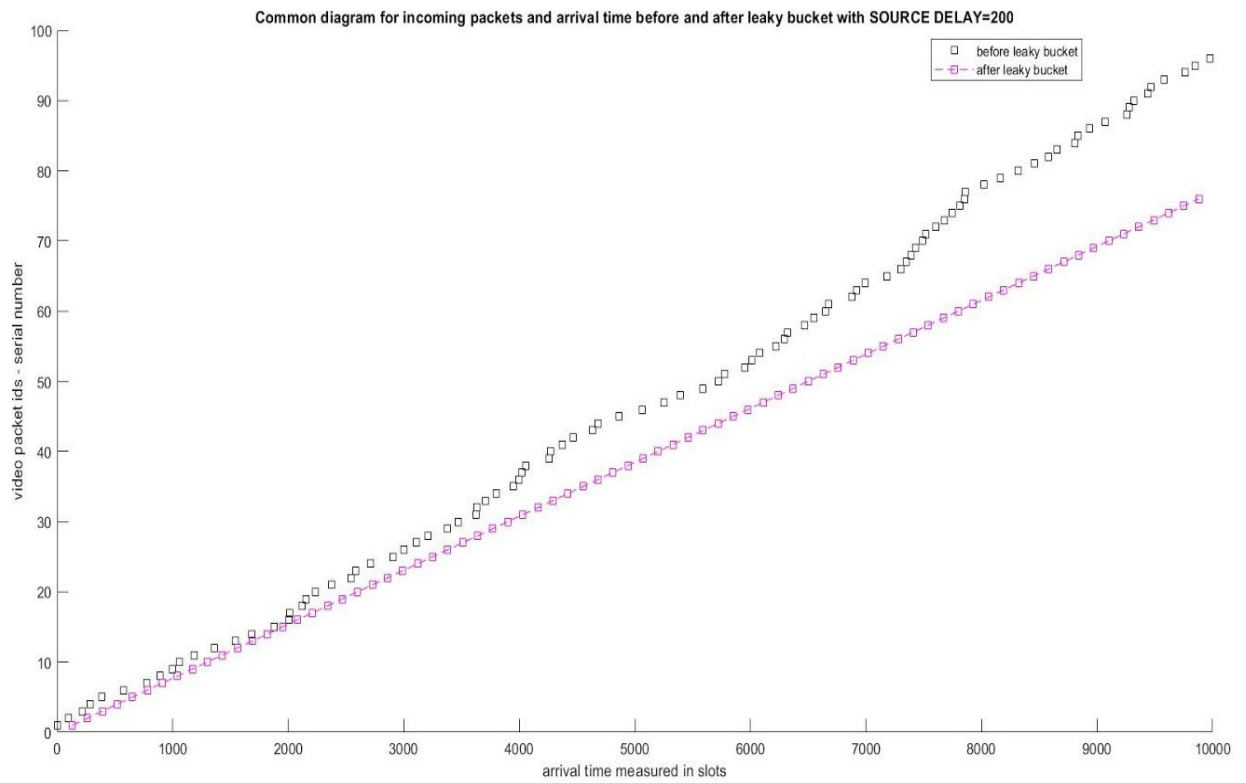
-Για Scenario A1 και SOURCE_DELAY=100 λαμβάνουμε:



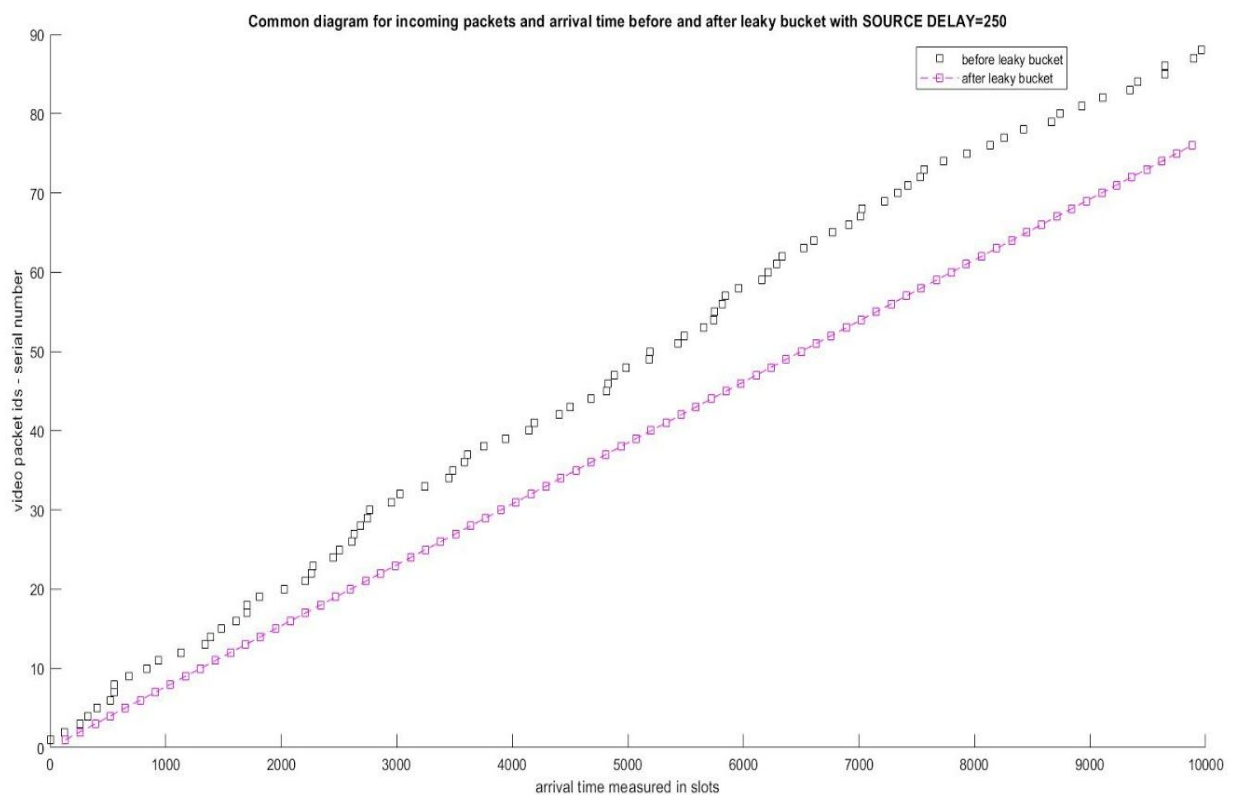
-Για Scenario A2 και SOURCE_DELAY=150 λαμβάνουμε:



- Για Scenario A3 και SOURCE_DELAY=200, λαμβάνουμε:



- Για Scenario A4 και SOURCE_DELAY=250 λαμβάνουμε:



Αρχικά, παρατηρούμε ότι το πλήθος των εξερχομένων πακέτων από το leaky bucket παραμένει για όλα τα Scenarios A (διαφορετικές τιμές του SOURCE_DELAY) σταθερό και ίσο αριθμητικά με 76, και

η εικόνα της κίνησης που παίρνουμε στην έξοδο του leaky bucket για όλα τα σενάρια είναι η ίδια. Αυτό συμβαίνει διότι η συνθήκη που πρέπει να ικανοποιείται για την έξοδο τους από το leaky bucket, $\text{if } (\text{mod}(\text{time}, (1/\text{LB_Rate})) == 0)$ -ο leaky bucket μεταδίδει τα πακέτα μόνο στις ακέραιες χρονικές στιγμές-, εξαρτάται από το προκαθορισμένο LB_RATE, δλδ., το ρυθμό (την ταχύτητα) εξόδου των πακέτων από τον κάδο που είναι σταθερός και ίδιος για όλα τα σενάρια. Ένα πακέτο που φτάνει στο leaky bucket προστίθεται στην ουρά αν υπάρχει χώρος, αλλιώς απορρίπτεται (ο Διαρρέων Κάδος είναι ένα σύστημα αναμονής με ένα εξυπηρετητή σταθερού χρόνου εξυπηρέτησης και ουράς πεπερασμένου μεγέθους). Ο κάδος αρχικά είναι άδειος κι έχουμε μηδενική ροή εξόδου, ενώ μετέπειτα που η ροή εισόδου είναι διαρκώς μεγαλύτερη από τη ροή εξόδου, το περιεχόμενο στον κάδο αυξάνει συσσωρευτικά μέχρι του σημείου όπου ο κάδος θα υπερχειλίσει. Ο leaky bucket επιβάλλει έναν αυστηρό ρυθμό εξόδου με καθορισμένο μέσο ρυθμό εκπομπής, ανεξάρτητα από το πόσο εκρηκτική είναι η κίνηση εισόδου, υπό την προϋπόθεση ότι η ουρά του κάδου δεν αδειάζει ποτέ, όπως συμβαίνει στην προσομοίωσή μας. Όπως εξάλλου αναφέραμε και στην εισαγωγή του μέρους αυτού της εργασίας, με τη χρήση του leaky bucket η μετάδοση των πακέτων γίνεται με πιο προβλέψιμο ρυθμό, ενώ η κίνηση των πακέτων που εξέρχονται από αυτόν είναι ομοιόμορφη, όπως φαίνεται και παραπάνω. Έτσι ρυθμίζουμε κατάλληλα το ρυθμό με τον οποίο εισάγονται τα πακέτα της πολυμεσικής ροής στο δίκτυο και η ανομοιογενής κίνηση του χρήστη εξομαλύνεται κατάλληλα.

Επομένως, παρά το οποιοδήποτε πλήθος πακέτων στην είσοδο του leaky bucket (καταιγιστικότητα κίνησης), έχουμε το ίδιο πλήθος πακέτων (76) στην έξοδό του και ομοιομορφία στην κίνηση, αφού για όλα τα σενάρια έχουμε τον ίδιο σταθερό ρυθμό μετάδοσης πακέτων ($\text{LB_Rate} = 1/130$, μικρό).

Το SOURCE_DELAY που μεταβάλλουμε, αφορά τον video server, που πρακτικά είναι ένας packet generator (πηγή) που δημιουργεί πακέτα ροής video με SOURCE_DELAY, δλδ., με κάποια μέγιστη επιτρεπόμενη καθυστέρηση μεταξύ τους (μεταξύ των διαδοχικών πακέτων).

Αυξάνοντας το SOURCE_DELAY, παρατηρήσαμε επίσης να μειώνεται το πλήθος των εισερχομένων πακέτων από τον packet generator στο leaky bucket. Αυτό είναι λογικό, καθώς αυξάνουμε το χρόνο μέχρι την παραγωγή του επόμενου διαδοχικού πακέτου από τον packet generator / video server (source), όποτε όλο και λιγότερα σε πλήθος πακέτα θα καταφέρνουν να παραχθούν στον καθορισμένο χρόνο της προσομοίωσης (slots). Οπότε, αυξάνοντας το SOURCE_DELAY, δεν αξιοποιούμε όλα τα διαθέσιμα slots για να παράξουμε περισσότερα πακέτα ροής video.

SOURCE_DELAY=100	SOURCE_DELAY=150	SOURCE_DELAY=200	SOURCE_DELAY=250
192	126	96	88

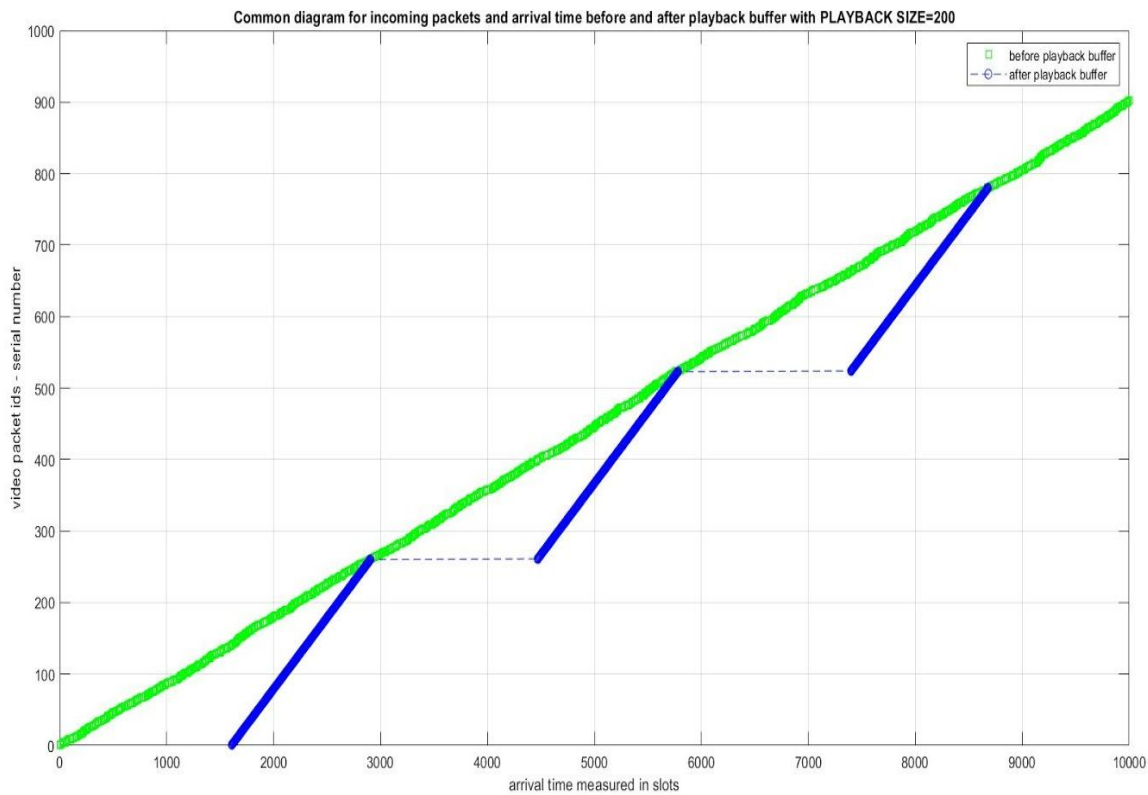
Πλήθος εισερχομένων πακέτων στο leaky bucket προερχομένων από τον packet generator.

Για τα πακέτα που εξέρχονται από το leaky bucket, παρατηρούμε μια ομαλοποιημένη κίνηση με μηδενικές διακυμάνσεις. Δλδ., οι χρονικές αποστάσεις σε slots μεταξύ δύο διαδοχικών πακέτων, στο σύνολο των video packets, παραμένουν ίδιες σε διάρκεια. Πριν από το leaky bucket, όμως, παρατηρούμε να υπάρχει (jitter) χρονική διακύμανση στην άφιξη μεταξύ δύο διαδοχικών πακέτων, ενώ ταυτόχρονα η κίνηση που παρατηρούμε είναι καταιγιστική (bursty traffic), κι ειδικότερα το φαινόμενο αυτό εντείνεται όσο μικρότερο είναι το SOURCE_DELAY, αφού όσο μικρότερη είναι η τιμή του τόσο περισσότερα πακέτα φτάνουν στην είσοδο του leaky bucket από τον packet generator. Πριν το leaky bucket, η παρατηρούμενη εκρηκτικότητα είναι ενδεικτική της ανομοιομορφίας και των μεταβολών που μπορεί να παρουσιάζει εν γένει μια ροή δεδομένων. Επιπρόσθετα, αν ο ρυθμός άφιξης ήταν χαμηλότερος από το ρυθμό εξυπηρέτησης της ουράς ή αν η είσοδος είναι τόσο εκρηκτική ώστε οι απώλειες να κατεβάζουν τον εναπομείναντα ρυθμό χαμηλότερα από το χρόνο εξυπηρέτησης της ουράς (παρατεταμένα κενά στην ουρά εισόδου και ουρά μικρής χωρητικότητας που αδειάζει γρήγορα), τότε θα είχαμε και κενά στην έξοδο. Ωστόσο κάτι τέτοιο δε συμβαίνει στην προσομοίωσή μας.

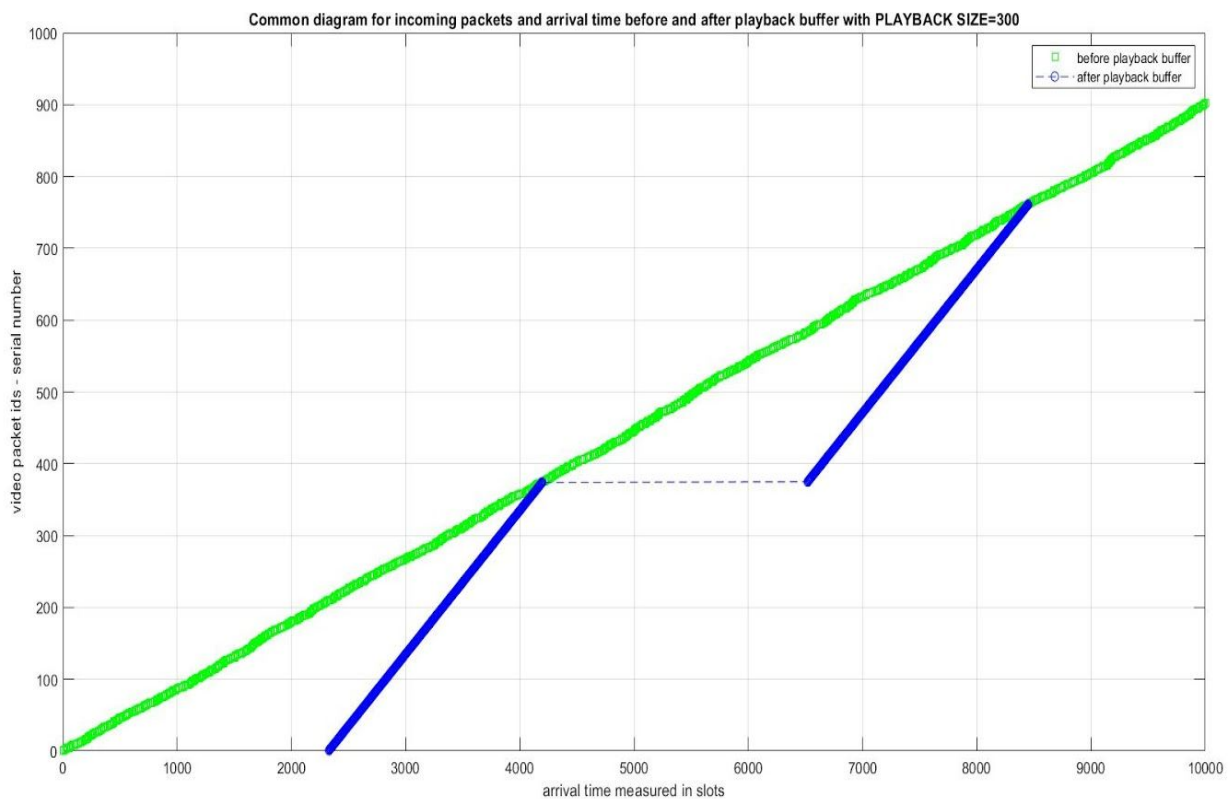
Μελέτη Μεγέθους Συσσωρευτή Αναπαραγωγής

♠ Κοινό διάγραμμα πακέτου-χρόνου άφιξης για τα σημεία Σ3, Σ4. Να δοθούν διαφορετικά διαγράμματα για διαφορετική παράμετρο *PLAYBACK_size*.

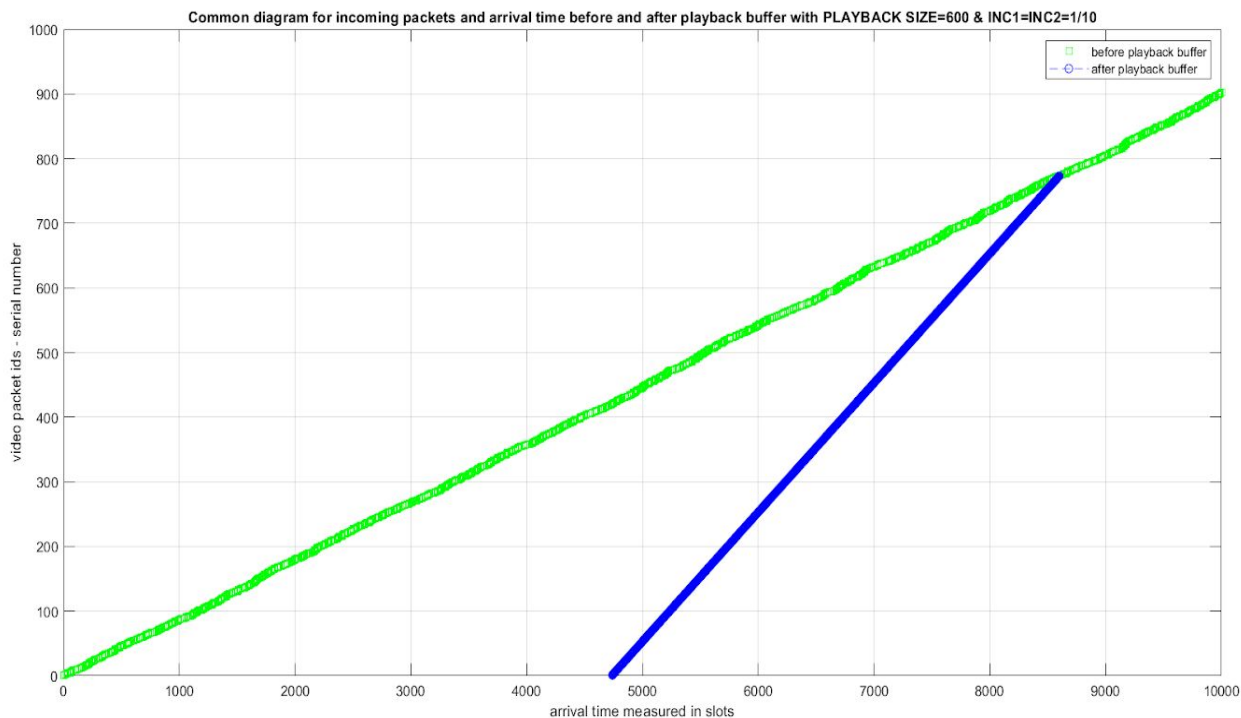
-Scenario B1 (Playback Size =200)



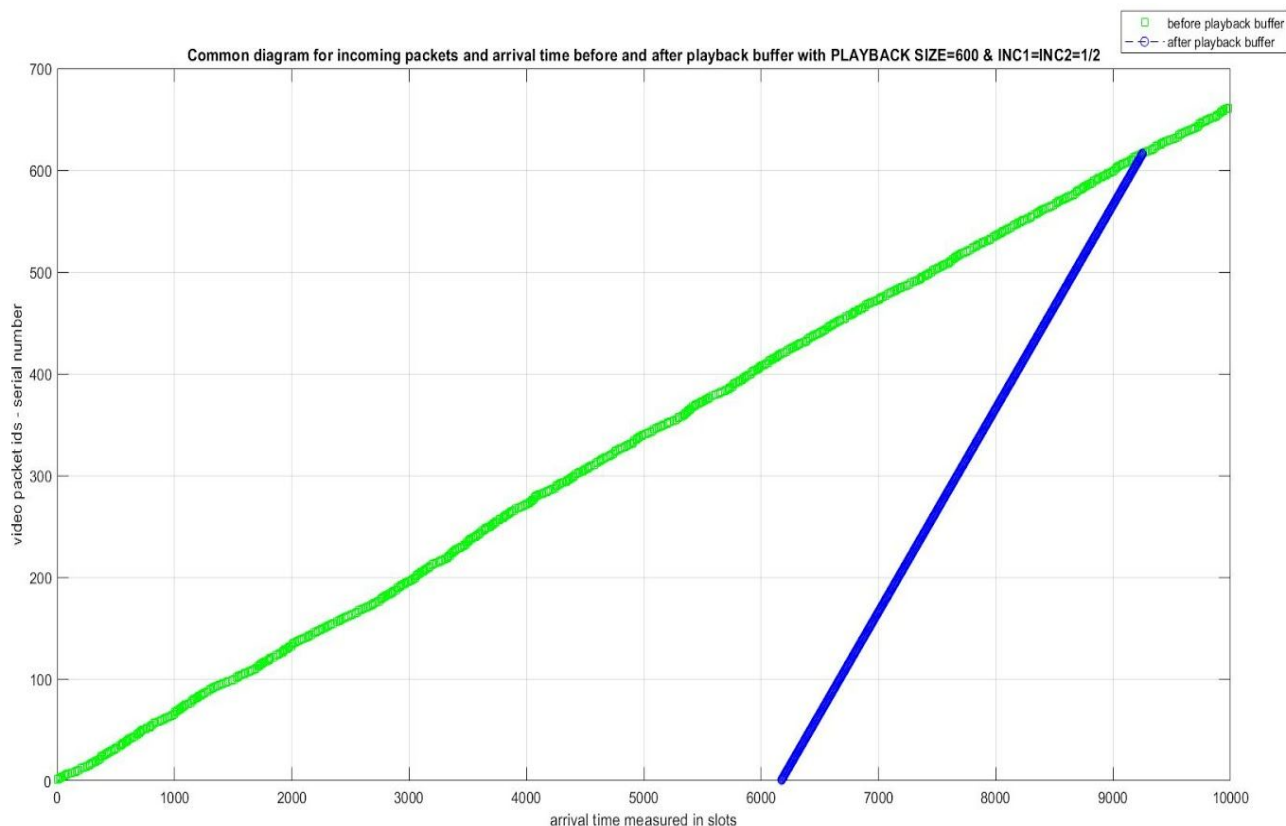
-Scenario B2 (Playback Size=300)



-Scenario B3 (Playback Size =600)



-Scenario B4(Playback Size =600, INC1=INC2=1/2)



Ο συσσωρευτής αναπαραγωγής (playback buffer) λειτουργεί παρόμοια με το διαρρέοντα κάδο, μόνο που βρίσκεται στη μεριά της συσκευής χρήστη, δλδ. στο άκρο του καταναλωτή πολυμεσικού περιεχομένου.

Διαθέτει ένα συγκεκριμένο μέγεθος αποθήκευσης συσσωρευτή, το οποίο και θα μεταβάλλουμε σε αυτό το ερώτημα, ένα συγκεκριμένο ρυθμό εξυπηρέτησης(ταχύτητα εξόδου δεδομένων από τον κάδο) PB_Rate, και μια συγκεκριμένη τιμή κατωφλίου PLOUT_PERC, που αντιστοιχεί στο ποσοστό του συσσωρευτή που πρέπει να έχει πληρωθεί προκειμένου να ξεκινήσει η εξυπηρέτηση των δεδομένων, δλδ. η αναπαραγωγή του βίντεο. Δηλαδή, όταν ικανοποιηθεί η συνθήκη if

$((PB_CS/PLAYBACK_size) \geq PLAYOUT_PERC$, δηλαδή όταν ξεπεραστεί το κατώφλι : $PLAYOUT_PERC$ (ποσοστό εισερχόμενων πακέτων επί της συνολικής χωρητικότητας του πέρα από την οποία αρχίζει την εξυπηρέτηση), θα αρχίσει η αναπαραγωγή του βίντεο, και τα πακέτα θα εξέρχονται από τον playback buffer με συγκεκριμένο σταθερό ρυθμό. Θα πρέπει, μάλιστα να ικανοποιούν και τη συνθήκη $if (mod(time,(1/PB_Rate))=0)$, ώστε τελικά να εξέλθουν.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η κύρια χρήση τους είναι εν γένει η εξομάλυνση κυρίως πολυμεσικών ροών με τρόπο ώστε παρά την (ακανόνιστη και) καθυστερημένη, εν γένει, άφιξη των δεδομένων, στην έξοδο να εξασφαλίζεται η ομαλή αναπαραγωγή τους με σταθερό ρυθμό, ώστε να ικανοποιούνται τα QoS και το quality of experience, για την αναπαραγωγή του πολυμεσικού περιεχομένου στο χρήστη. Έτσι, έχοντας επιλέξει κατάλληλα την τιμή κατωφλίου συσσωρευτή, το ρυθμό αναπαραγωγής και τη ροή δεδομένων στην είσοδο, μπορούμε να πετύχουμε συνεχή και σταθερή αναπαραγωγή στην έξοδό τους, παρά τις όποιες δυσμενείς συνθήκες είχαμε να αντιμετωπίσουμε στην είσοδό του (καθυστερήσεις, ακανόνιστη σειρά αφίξεως των πακέτων -έχουμε κι εξωτερική κίνηση-).

Παρ'όλα αυτά δεν είναι πάντοτε εφικτό να εξασφαλίζουμε μια απόλυτα συνεχή και στρωτή αναπαραγωγή δεδομένων. Ωστόσο, μόλις τα πακέτα γεμίσουν τον συσσωρευτή κατά το καθορισμένο ποσοστό κατωφλίου κι αρχίσει η αναπαραγωγή, η ροή της κίνησης θα είναι στρωτή για όσο το δυνατό περισσότερο χρονικό διάστημα μέχρι να αδειάσει ο συσσωρευτής. Μετά η αναπαραγωγή θα παύσει προσωρινά, μέχρι να πληρωθεί ο συσσωρευτής ξανά στο καθορισμένο ποσοστό κατωφλίου, προκειμένου να ξεκινήσει νέος κύκλος αναπαραγωγής. Έτσι, ακόμα κι αν μην μπορέσουμε να έχουμε μία μοναδική, συνεχή και ομαλή αναπαραγωγή, εξασφαλίζουμε διαδοχικές, στρωτές και συνεχείς επιμέρους ροές. Το τελικό αποτέλεσμα στο χρήστη θα είναι ότι ο χρήστης παρακολουθεί το βίντεο με κανονική ποιότητα, κάποια στιγμή αυτό σταματά, όσο δηλ. ο συσσωρευτής μαζεύει δεδομένα – buffering), κι ακολούθως ξεκινά η αναπαραγωγή με τον ίδιο ρυθμό/ποιότητα όπως πριν. Τέτοια παραδείγματα του γεγονότος που μόλις περιγράψαμε έχουμε στα Σενάρια B1 και B2. Για playback size=200, η 1η αναπαραγωγή ξεκινά κάπου ανάμεσα στα 1000 με 2000 slots, ενώ για playback size=300 η αναπαραγωγή ξεκινά κάπου ανάμεσα στα 2000 και 3000 slots. Αυτό είναι λογικό, καθώς όσο μεγαλώνει το playback size, σύμφωνα μάλιστα με τη συνθήκη που πρέπει να ικανοποιείται, τόσο πιο αργά χρονικά θα ικανοποιηθεί η συνθήκη, ώστε τελικά να έχουμε αναπαραγωγή. Κι άρα, λιγότερα πακέτα θα ικανοποιήσουν τη συνθήκη εξόδου, αφού θα έχει παρέλθει κάποιος χρόνος. Για το Σενάριο B1 έχουμε 780 πακέτα στην έξοδο, ενώ για το Σενάριο B2, 761 πακέτα στην έξοδο του playback buffer. Για το σενάριο B1 (playback size=200), παρατηρούμε τρεις συνεχές, στρωτές και διαδοχικές ροές, ενώ για playback size=300, παρατηρούμε δύο. Στα 2 τελευταία σενάρια B3 και B4, παρατηρούμε ότι ο συσσωρευτής αναπαραγωγής δεν αδειάζει ποτέ και παράγει μια σταθερή, συνεχή έξοδο με σταθερό ρυθμό. Για playback size=600 και ταχύτητα δημιουργίας νέων πακέτων εξωτερικής κίνησης $INC1=INC2=1/10$ (Σενάριο B3), παρατηρούμε ακόμη ότι η αναπαραγωγή αρχίζει κάπου ανάμεσα στα 4000 και 5000 slots, ενώ για το Σενάριο B4, playback size=600, $INC1=INC2=1/2$ (μεγαλύτερη ταχύτητα δημιουργίας νέων πακέτων εξωτερικής κίνησης), η αναπαραγωγή αρχίζει πιο μετά, κάπου ανάμεσα στα 6000 και 7000 slots, και λαμβάνονται λιγότερα πακέτα στην έξοδο (616 πακέτα Σενάριο B4, 773 πακέτα σενάριο B3). Δηλαδή, με το γεγονός ότι θα παραχθούν σε κάποια slots κι άλλα πακέτα εξωτερικής κίνησης, λιγότερα πακέτα φαίνεται ότι θα εισέλθουν στον playback buffer και λιγότερα πακέτα θα εξέλθουν από αυτόν σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια.

Το ιδανικότερο σενάριο θα ήταν ο χρήστης να μπορεί να βλέπει το βίντεο σε μια συνεχή μετάδοση χωρίς διακοπή και με τη ζητούμενη ποιότητα (αυτό θα συνέβαινε αν ο συσσωρευτής αναπαραγωγής εξασφάλιζε μια συνεχή ομαλή ροή βίντεο χωρίς διακοπές). Ωστόσο, κι αυτό το λιγότερο ιδανικό σενάριο είναι αποδεκτό από την περίπτωση ανεπεξέργαστης ροής (πάγωμα εικόνας, αλλοιωμένος ήχος, ασυνεχής κίνηση κ.λ.π. Επομένως, σκοπός του συσσωρευτή αναπαραγωγής είναι η ομαλοποίηση τέτοιων ροών και η εξασφάλιση καλύτερης ποιότητας αναπαραγωγής στο χρήστη, καταπιέζοντας κατά μία έννοια την καθυστέρηση που εισάγεται στη ροή δεδομένων στο δίκτυο (πλήρης εξομάλυνση της εισερχόμενης ροής). Τέλος, στην

εργασία μας θα παρατηρήσουμε ότι στο δίκτυο που εξετάζουμε, όπου δεν έχουμε απώλειες στα links, παρά μόνο μεταβλητές καθυστερήσεις ενώ ταυτόχρονα έχουμε εξασφαλίσει ένα σταθερό ρυθμό μετάδοσης.

Το σενάριο B2 υπερτερεί του B1. Δηλαδή αποδεχόμαστε να ξεκινήσει η αναπαραγωγή λίγο αργότερα για να έχουμε μία μόνο διακοπή στον προβολή του βίντεο από το χρήστη (κι όχι δύο διακοπές - Σενάριο B1). Ακόμη, το Σενάριο B3 υπερτερεί (ως προς τις συνθήκες που περιγράφει) από το Σενάριο B4, καθώς θέλουμε να μειώσουμε την εξωτερική κίνηση, ώστε αυτή να μην επιβαρύνει το δίκτυό μας, στο οποίο ενδιαφερόμαστε κυρίως για τη διανομή του πολυμεσικού περιεχομένου (βίντεο). (Δε θέλουμε να χάσουμε τα πακέτα της ροής βίντεο και να αποθηκεύουμε μεγάλη εξωτερική ροή.)

Για τα σενάρια παραμετροποίησης συστήματος (playback buffer), B1, B2, B3, B4, με source delay = 20, λαμβάνουμε τα εξής αποτελέσματα:

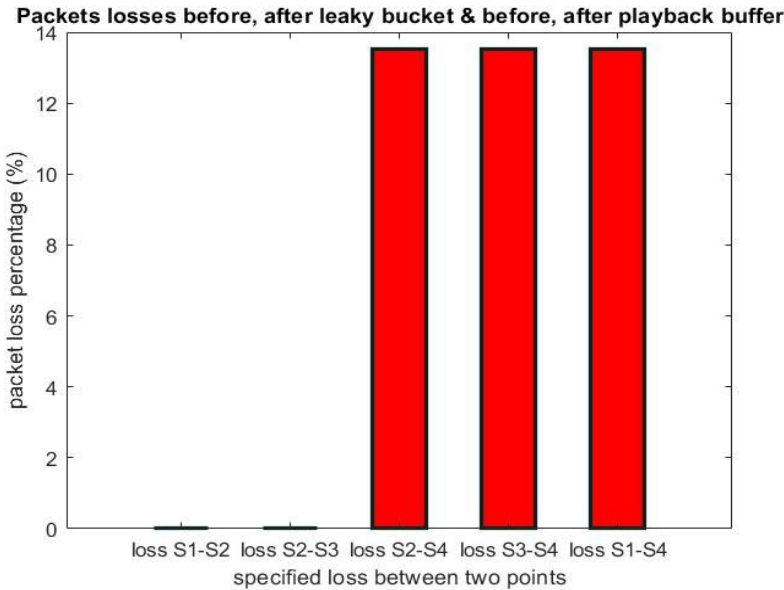
	SCENARIO B1 playback size=200 INC1=INC2=1/10	SCENARIO B2 playback size=300 INC1=INC2=1/10	SCENARIO B3 playback size=600 INC1=INC2=1/10	SCENARIO B4 playback size=600 INC1=INC2=1/12
πλήθος πακέτων πριν το leaky bucket	902	902	902	903
πλήθος πακέτων μετά το leaky bucket	902	902	902	903
πλήθος πακέτων πριν τον playback buffer	902	902	902	661
πλήθος πακέτων μετά τον playback buffer	780	761	773	616

Αναφορά αξίζει να γίνει στο εξής κομμάτι. Τόσο ο leaky bucket όσο και ο playback buffer εξυπηρετούν με σταθερό ρυθμό, κι επομένως η συνάρτηση εξόδου θα έχει την “ίδια” μορφή για δεδομένη συνάρτηση εισόδου. Στην έξοδο λαμβάνουμε μια συγκεκριμένη χρονοσειρά εξυπηρέτησης πακέτων (traffic shaping).

Με το συσσωρευτή αναπαραγωγής στη μεριά του χρήστη, στο τέλος, ανακτάται η σταθερότητα αναπαραγωγής των δεδομένων.

♠ *Ραβδόγραμμα ποσοστού απωλειών πακέτου για τα σημεία του ερωτήματος (B).*

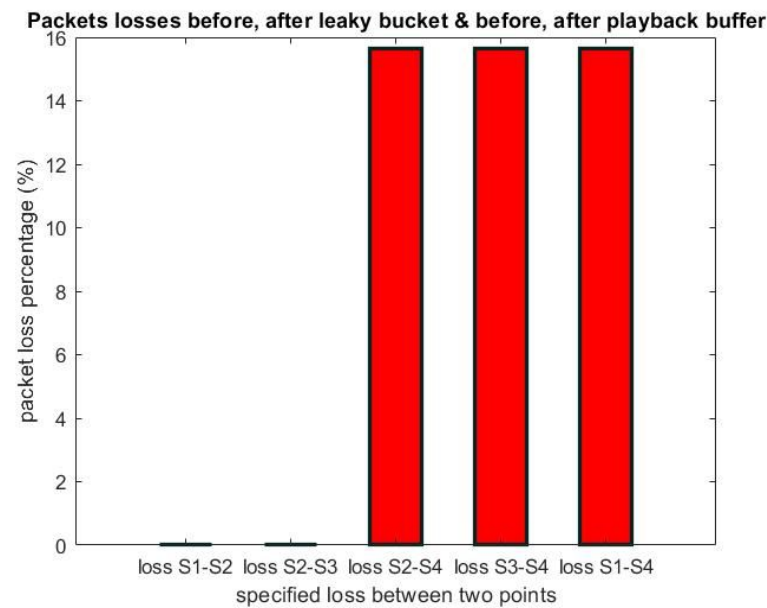
-Scenario B1



The video packet loss between Σ1 and Σ2 is 0.000000%.
The video packet loss between Σ2 and Σ3 is 0.000000%.

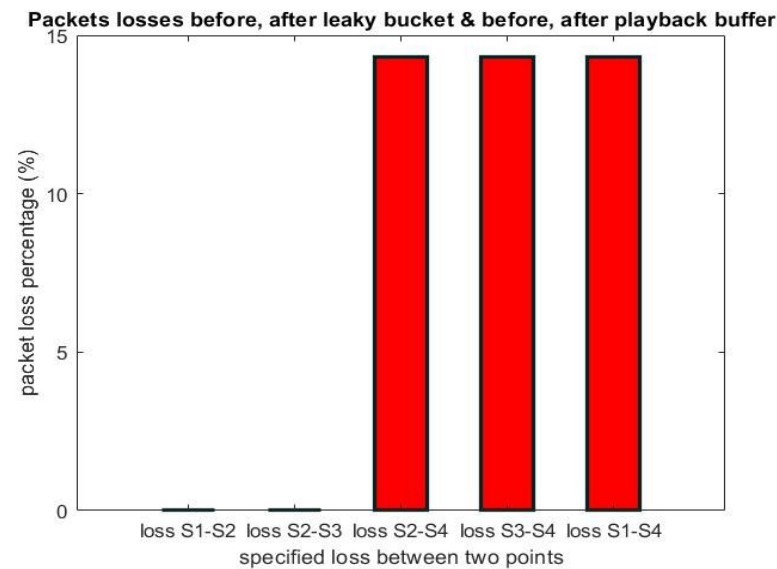
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 13.530000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 13.530000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 13.530000%.

-Scenario B2



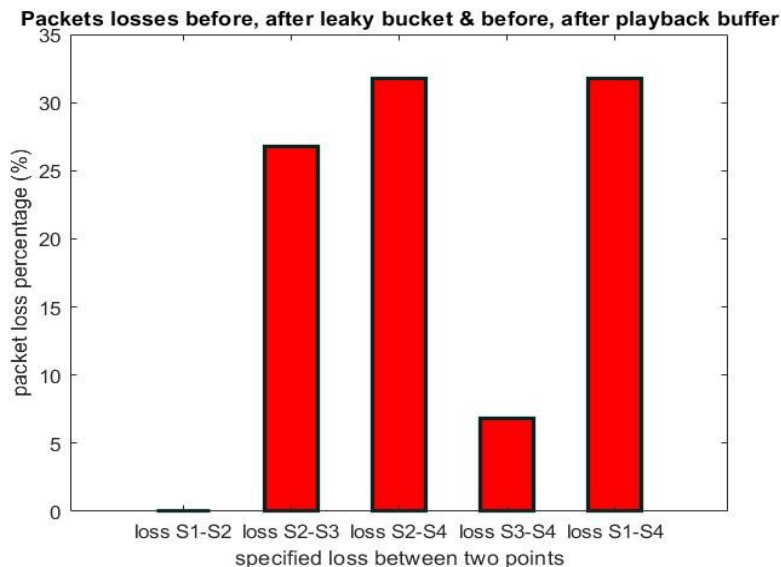
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 2$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 15.630000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 15.630000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 15.630000%.

-Scenario B3



The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 2$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 14.300000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 14.300000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 14.300000%.

-Scenario B4



The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 2$ is 0.000000%.

The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 26.800000%.

The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 31.780000%.

The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 6.810000%.

The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 31.780000%.

Για τα σενάρια B1, B2, B3, παρατηρούμε, αρχικά, πως αυξάνοντας το μέγεθος του playback buffer αυξάνονται και τα ποσοστά απωλειών μεταξύ των ζητούμενων σημείων των ζεύξεων. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, αυξάνοντας το μέγεθός του λιγότερα πακέτα θα εξέλθουν στο σημείο $\Sigma 4$ (αφού η αναπαραγωγή του βίντεο θα μετατοπιστεί σε επόμενα χρονικά slots, οπότε και κάποια πακέτα δε θα τα καταφέρουν να βγουν από τον playback buffer μέχρι το τέλος του συνολικά καθορισμένου χρόνου της προσομοίωσης). Εδώ, ο leaky bucket απλά μορφοποιεί/ομαλοποιεί την κίνηση των πακέτων της ροής video στο δίκτυο, δε χάνονται πακέτα στη $\Sigma 1\Sigma 2$ ζεύξη. Επιπλέον, δε χάνονται ούτε πακέτα στη $\Sigma 2\Sigma 3$ ζεύξη, αφού η ταχύτητα παραγωγής εξωτερικών πακέτων δεν είναι αρκετά επαρκής ώστε να οδηγήσει σε απώλεια των σημαντικών πακέτων της ροής βίντεο (αποθήκευσή τους στους buffers). Επομένως, εφόσον δε χάνονται πακέτα ούτε στο $\Sigma 1\Sigma 2$ ούτε στο $\Sigma 2\Sigma 3$, είναι λογικό να παρατηρούμενα τα ίδια ποσοστά απωλειών για τα $\Sigma 2\Sigma 4$, $\Sigma 3\Sigma 4$, $\Sigma 1\Sigma 4$, αφού απώλεια πακέτων θα παρατηρηθεί μόνο μετά τον playback buffer. Όπου, ως απώλεια, αναφέρουμε το γεγονός ότι δεν εξέρχονται από τον playback buffer (με $\text{PLAYOUT_PERC} = 0.002$ π.χ. θα εξέρχονταν όλα).

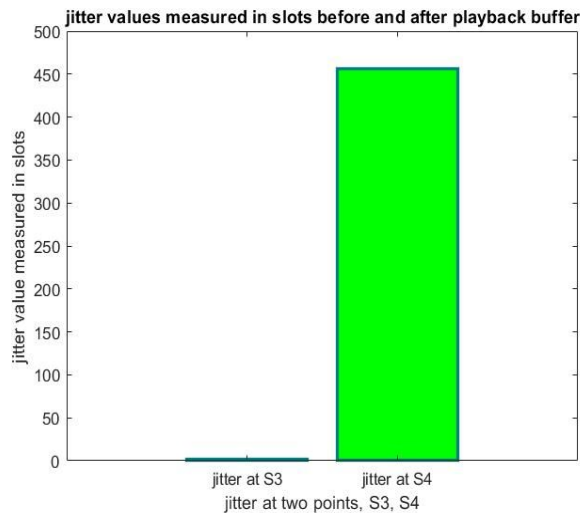
Παρατηρούμε ότι αυξάνοντας την ταχύτητα δημιουργίας νέων πακέτων εξωτερικής κίνησης στους δρομολογητές (και κρατώντας το $\text{PLAYBACK_SIZE} = 600$ - σταθερό, Σενάριο B4), παρουσιάζεται απώλεια πακέτων της ροής video στη ζεύξη $\Sigma 2\Sigma 3$, δηλ., πριν και μετά τους δρομολογητές (ή μετά το leaky bucket - πριν τον playback buffer). Άρα, λόγω της ύπαρξης πακέτων εξωτερικής κίνησης στους δρομολογητές (και προσωρινής αποθήκευσής τους στον buffer των routers αυτών), χάνονται τα σημαντικά πακέτα της ροής video που μας ενδιαφέρει. Ο leaky bucket μορφοποιεί την κίνηση των πακέτων της ροής video και δε "δυσχεραίνει" τα ποσοστά απωλειών πακέτων video, οπότε δεν έχω απώλειες για $\Sigma 1\Sigma 2$. Στη ζεύξη $\Sigma 3\Sigma 4$, παρατηρούμε μικρότερο ποσοστό απωλειών video packet, καθώς τα περισσότερα πακέτα έχουν χαθεί στην

προηγούμενη ζεύξη Σ2Σ3.(Προσεγγιστικά, χωρίς τις στρογγυλοποιήσεις, το ποσοστό απωλειών Σ2Σ3 + ποσοστό απωλειών Σ3Σ4, “ισούται” με το ποσοστό απωλειών Σ1Σ4.)

Συνεπώς, αξίζει να αναφερθεί ότι δεδομένου του γεγονότος ότι θέλουμε τα πακέτα να φτάνουν ταχύτατα στον προορισμό έχουμε αυξημένες τιμές των παραμέτρων της απώλειας πακέτων, της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο και τρέμουλου της διαφοράς μεταξύ χρόνων αφίξεων διαδοχικών πακέτων για τις ροές δεδομένων.

♠ *Ραβδόγραμμα μεταβλητότητας τρέμουλου για τα σημεία του ερωτήματος (B).*

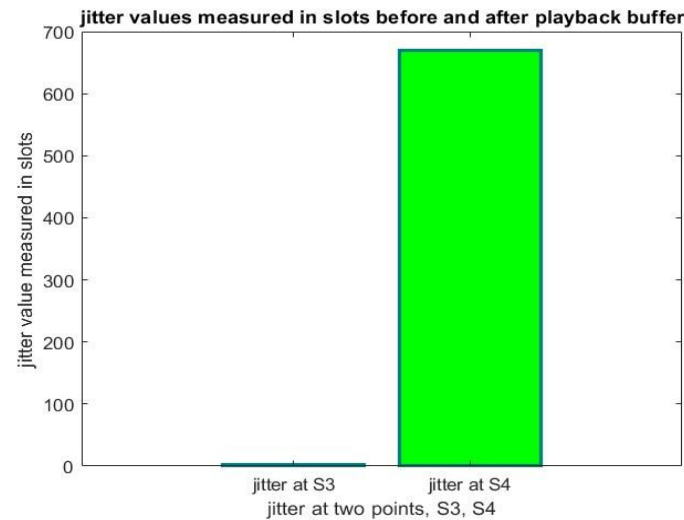
-Scenario B1



The jitter variance measured in slots at Σ3 is 1.8903

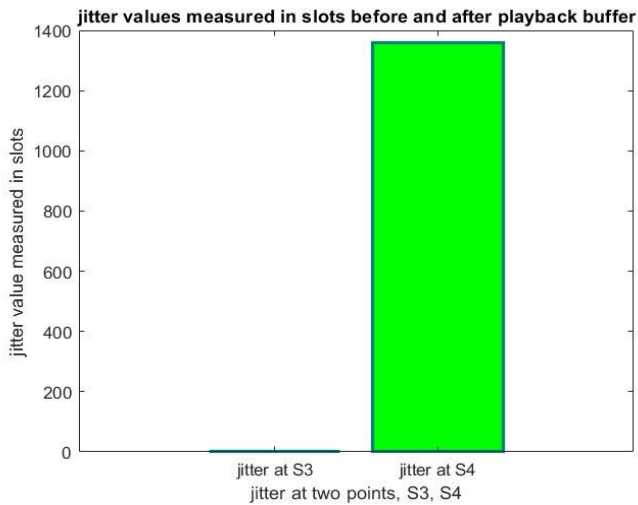
The jitter variance measured in slots at Σ4 is 455.7064

-Scenario B2



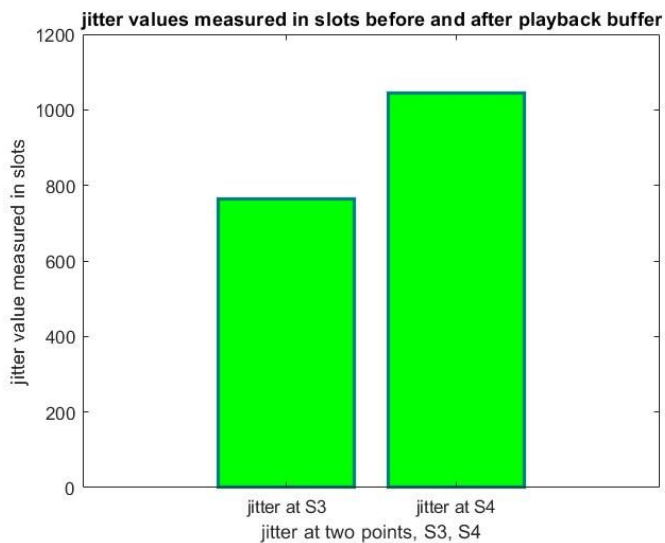
The jitter variance measured in slots at Σ3 is 1.8903

The jitter variance measured in slots at Σ4 is

-Scenario B3

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 3$ is
1.8903

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 4$ is
1.3586e+03 (1359)

-Scenario B4

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 3$ is
763.8492

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 4$ is
1.0458e+03 (1046)

**Το αποδεκτό jitter καθορίζεται από τις παραμέτρους QoS της κάθε εφαρμογής. Π.χ. μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτό jitter ένα αριθμητικό αποτέλεσμα που να ισούται με το 10% του συνολικού χρόνου. Δηλ., π.χ. για 10000 slots να ανεχόμαστε μια διακύμανση καθυστέρησης της τάξης των 1000 slots.*

Το τρέμουλο χαρακτηρίζει τη μεταβλητότητα της παρατηρούμενης καθυστέρησης μεταξύ διαδοχικών αφίξεων πακέτων μιας συγκεκριμένης ροής και είναι ενδεικτικό της συμφόρησης στην οποία υπόκεινται τα πακέτα μιας ροής πολυμέσων/δεδομένων μέσα στο δίκτυο κατά μήκος ενός μονοπατιού. Στις επικοινωνίες πολυμέσων και ειδικά στις εφαρμογές ήχου/εικόνας (ιδίως πραγματικού χρόνου) το τρέμουλο πρέπει να

είναι όσο το δυνατό μικρότερο. Μικρότερο τρέμουλο αντιστοιχεί σε μικρότερες διακυμάνσεις καθυστέρησης άφιξης των πακέτων μιας ροής, κι επομένως σε πιο προβλεπόμενο (στρωτό) ρυθμό άφιξης δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός αναπαραγωγής μπορεί να ρυθμιστεί καλύτερα στον τελικό χρήστη, ώστε το τελικό αποτέλεσμα αναπαραγωγής να προσεγγίζει καλύτερα καλύτερα στις επιθυμητές προδιαγραφές του χρήστη.

Για τα Σενάρια B1, B2 και B3, παρατηρούμε ότι η ένδειξη του jitter για το σημείο Σ3 είναι η ίδια, καθώς ο leaky bucket έχει καταφέρει να ομαλοποιήσει την κίνηση, ανεξάρτητα της ροής κίνησης που ήρθε στην είσοδό του. (Επιπλέον, επειδή κι ο ίδιος μεταδίδει πακέτα μόνο στις ακέραιες χρονικές στιγμές, εισάγει κι αυτός επιπλέον μια μεταβλητότητα καθυστέρησης. Ακόμα, τα πακέτα εξωτερικής κίνησης δεν είναι αρκετά ώστε να επηρεάσουν τις χρονικές αφίξεις των πακέτων στο σημείο Σ3 και να επηρεάσουν επομένως δραστικά το jitter.) Για το σενάριο B4 όμως, δεν παρατηρούμε μόνο διαφορετική τιμή για το jitter, αλλά και σημαντικά αυξημένη. Στο Σενάριο B4, αυξήσαμε την ταχύτητα παραγωγής εξωτερικής κίνησης, οπότε αυτά τα εξωτερικά πακέτα που εισάγονται στο δίκτυο καθυστερούν τη μετάδοση των πακέτων της ροής βίντεο στο σημείο Σ3, πριν τον playback buffer.

Στο σημείο Σ4 και για τα σενάρια B1, B2 και B3, παρατηρούμε ότι η καθυστέρηση στην αναπαραγωγή που είναι μεγαλύτερη για το Σενάριο B3 (μεγαλύτερο playback size), αυξάνει την ένδειξη του jitter στο σημείο Σ4. Για το σενάριο B4, παρατηρούμε ότι το jitter είναι μικρότερο από το αντίστοιχο jitter του Σεναρίου B3 στο σημείο Σ4, καθώς αρκετά πακέτα της ροής βίντεο έχουν χαθεί.

Δ) Παραμετροποίηση του Συστήματος

Για σενάρια στα οποία διαφέρει η τιμή της παραμέτρου μεγίστης καθυστέρησης πακέτων πηγής *SOURCE_DELAY* (στο διάστημα [10,70]), το οποίο αντιστοιχεί εν γένει σε διαφορετικές εφαρμογές, βρείτε διαφορετικούς συνδυασμούς των μεγεθών *LB_Rate*, *PLAYBACK_size*, *PB_Rate*, ώστε τελικά να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα.

Ορίζουμε ως επίτευξη του ίδιου αποτελέσματος το να έχουμε ίδια ποσοστά απωλειών μεταξύ των σημείων των ζεύξεων {Σ1-Σ2, Σ2-Σ3, Σ2-Σ4, Σ3-Σ4, Σ1-Σ4}, αλλά και ίδια τιμή του jitter στο σημείο Σ4, που σχετίζεται με την αναπαραγωγή του πολυμεσικού περιεχομένου βίντεο στο χρήστη. Η ποιότητα υπηρεσίας αν και πρέπει να διατηρείται από άκρο σε άκρο σε μια ροή δεδομένων, δεν υπάρχει αντίστοιχη αμοιβαία δέσμευση των ενδιάμεσων κόμβων κατά μήκος της ροής σε σχέση με την ποιότητα υπηρεσίας (τα πακέτα εν γένει διανύουν και διαφορετικά μονοπάτια μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους).

Παρατηρούμε ότι για :

-LB_Rate=1/10, PB_Rate=1/20, Playback Size=300, Source Delay=50

LB_Rate=1/20, PB_Rate=1/20, Playback Size=300, Source Delay=50

λαμβάνουμε ίδια τιμή τιμή του jitter στο σημείο Σ4 (έξοδος playback buffer) και ίδια ποσοστά απωλειών.

The jitter variance measured in slots at Σ4 is

448.0902

The video packet loss between Σ1 and Σ2 is 0.000000%.

The video packet loss between Σ2 and Σ3 is 0.000000%.

The video packet loss between Σ2 and Σ4 is 43.010000%.

The video packet loss between Σ3 and Σ4 is 43.010000%.

The video packet loss between Σ1 and Σ4 is 43.010000%.

-LB_Rate=1/5, PB_Rate=1/10, Playback Size=300, Source Delay=30

LB_Rate=1/10, PB_Rate=1/10, Playback Size=300, Source Delay=30

Ίδια αποτελέσματα με αυτά που θα παρουσιαστούν ακολούθως λαμβάνουμε για τιμές source delay [65, 35, 25, 45, 55, 50, 60,40, 70]

The jitter variance measured in slots at Σ4 is

984.8744

The video packet loss between Σ1 and Σ2 is 0.000000%.

The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 15.180000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 15.180000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 15.180000%.

-LB_Rate=1/5, PB_Rate=1/10, Playback Size=200, Source Delay=40
LB_Rate=1/10, PB_Rate=1/10, Playback Size=200, Source Delay=40

Ίδια αποτελέσματα με αυτά που θα παρουσιαστούν ακολούθως λαμβάνουμε για τιμές source delay [25,50,55,45,60,65,70]

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 4$ is
740.1185

The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 2$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 11.240000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 11.240000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 11.240000%.

-LB_Rate=1/10, PB_Rate=1/5, Playback Size=200, Source Delay=50
LB_Rate=1/5, PB_Rate=1/5, Playback Size=200, Source Delay=50

Ίδια αποτελέσματα με αυτά που θα παρουσιαστούν ακολούθως λαμβάνουμε για τιμές source delay [40,45,60,65,70]

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 4$ is
1.0702e+03

The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 2$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 8.440000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 8.440000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 8.440000%.

-LB_Rate=1/10, PB_Rate=1/5, Playback Size=200, Source Delay=25
LB_Rate=1/5, PB_Rate=1/5, Playback Size=200, Source Delay=25

Ίδια αποτελέσματα με αυτά που θα παρουσιαστούν ακολούθως λαμβάνουμε για τιμές source delay [35,50,40,45,55,65,70]

The jitter variance measured in slots at $\Sigma 4$ is
546.9922

The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 2$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 3$ is 0.000000%.
The video packet loss between $\Sigma 2$ and $\Sigma 4$ is 7.870000%.
The video packet loss between $\Sigma 3$ and $\Sigma 4$ is 7.870000%.
The video packet loss between $\Sigma 1$ and $\Sigma 4$ is 7.870000%.

if (mod(time,(1/LB_Rate))==0)

if (mod(time,(1/PB_Rate))==0)

Επιλέγοντας ίδιους ρυθμούς για το ένα από τα 2 μέλη κάθε ζεύγους και στο άλλο μέλος, εάν αναθέσουμε σε κάποιο από τους δύο ρυθμούς ίδια τιμή με τους ρυθμούς του 1ου μέλους, λαμβάνουμε τα ίδια αποτελέσματα, εφόσον βέβαια κρατήσουμε σταθερό το Playback Size και το Source Delay.

Ομοίως, ίδια αποτελέσματα θα λάβουμε και για τους παρακάτω συνδυασμούς:

-LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/3, Playback Size=600, Source Delay=20, 25
LB_Rate=1/6, PB_Rate=1/6, Playback Size=600, Source Delay=20, 25
-LB_Rate=1/3, PB_Rate=1/6, Playback Size=600, Source Delay=35, 40
LB_Rate=1/6, PB_Rate=1/6, Playback Size=600, Source Delay=35, 40
-LB_Rate=1/3, PB_Rate=1/3, Playback Size=600, Source Delay=35, 20
LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/3, Playback Size=600, Source Delay=35, 20
-LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/5, Playback Size=600, Source Delay=25, 20

LB_Rate=1/20, PB_Rate=1/20, Playback Size=600, Source Delay=25, 20
-LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/5, Playback Size=600, Source Delay=25, 20
LB_Rate=1/3, PB_Rate=1/3, Playback Size=600, Source Delay=25, 20
-LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/10, Playback Size=600, Source Delay=35,30, 40
LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/2, Playback Size=600, Source Delay=35, 30, 40
-LB_Rate=1/2, PB_Rate=1/8, Playback Size=600, Source Delay=35, 40
LB_Rate=1/8, PB_Rate=1/8, Playback Size=600, Source Delay=35, 40