

Βαθμός εξυπηρέτησης (συνέχεια)

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Παράδειγμα 3.6

Σε κυψελωτό σύστημα, το οποίο εξυπηρετεί μια αστική περιοχή με έκταση 2000km^2 , διατίθεται φάσμα εύρους ζώνης 28MHz . Οι ραδιοδιάυλοι του συστήματος είναι αμφίδρομοι, έχουν εύρος ζώνης 200KHz ανά κατεύθυνση και κάθε ραδιοδιάυλος υποστηρίζει, με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου, 8 διαύλους χρήστη. Ο συντελεστής επαναχρησιμοποίησης είναι $K=7$, κάθε κυψέλη έχει ακτίνα 3km και ο επιθυμητός $GOS = 0.02$ για σύστημα Erlang B. Αν η προσφερόμενη κίνηση είναι 0.1 erlang ανά χρήστη, υπολογίστε, (α) τον αριθμό των κυψελών του συστήματος, (β) τον αριθμό των διαύλων ανά κυψέλη, (γ) την προσφερόμενη κίνηση κάθε κυψέλης, (δ) τη μέγιστη προσφερόμενη κίνηση, (ε) τον ολικό αριθμό χρηστών που μπορεί να εξυπηρετηθούν για $GOS = 0.02$, (στ) τον μέγιστο αριθμό χρηστών που μπορεί να εξυπηρετηθεί από το σύστημα κάποια στιγμή.

Erlang B table

No. of Trunks (N)	Traffic (A) in erlangs for P =																
	0,1%	0,2%	0,5%	1%	1,2%	1,3%	1,5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%
1	0,001	0,002	0,005	0,010	0,012	0,013	0,02	0,020	0,031	0,053	0,075	0,111	0,176	0,250	0,429	0,667	1,00
2	0,046	0,065	0,105	0,153	0,168	0,176	0,19	0,223	0,282	0,381	0,470	0,595	0,796	1,00	1,45	2,00	2,73
3	0,194	0,249	0,349	0,455	0,489	0,505	0,53	0,602	0,715	0,899	1,06	1,27	1,60	1,93	2,63	3,48	4,59
4	0,439	0,535	0,701	0,869	0,922	0,946	0,99	1,09	1,26	1,52	1,75	2,05	2,50	2,95	3,89	5,02	6,50
5	0,762	0,900	1,13	1,36	1,43	1,46	1,52	1,66	1,88	2,22	2,50	2,88	3,45	4,01	5,19	6,60	8,44
6	1,15	1,33	1,62	1,91	2,00	2,04	2,11	2,28	2,54	2,96	3,30	3,76	4,44	5,11	6,51	8,19	10,4
7	1,58	1,80	2,16	2,50	2,60	2,65	2,73	2,94	3,25	3,74	4,14	4,67	5,46	6,23	7,86	9,80	12,4
8	2,05	2,31	2,73	3,13	3,25	3,30	3,40	3,63	3,99	4,54	5,00	5,60	6,50	7,37	9,21	11,4	14,3
9	2,56	2,85	3,33	3,78	3,92	3,98	4,08	4,34	4,75	5,37	5,88	6,55	7,55	8,52	10,6	13,0	16,3
10	3,09	3,43	3,96	4,46	4,61	4,68	4,80	5,08	5,53	6,22	6,78	7,51	8,62	9,68	12,0	14,7	18,3
11	3,65	4,02	4,61	5,16	5,32	5,40	5,53	5,84	6,33	7,08	7,69	8,49	9,69	10,9	13,3	16,3	20,3
12	4,23	4,64	5,28	5,88	6,05	6,14	6,27	6,61	7,14	7,95	8,61	9,47	10,8	12,0	14,7	18,0	22,2
13	4,83	5,27	5,96	6,61	6,80	6,89	7,03	7,40	7,97	8,83	9,54	10,5	11,9	13,2	16,1	19,6	24,2
14	5,45	5,92	6,66	7,35	7,56	7,65	7,81	8,20	8,80	9,73	10,5	11,5	13,0	14,4	17,5	21,2	26,2
15	6,08	6,58	7,38	8,11	8,33	8,43	8,59	9,01	9,65	10,6	11,4	12,5	14,1	15,6	18,9	22,9	28,2
16	6,72	7,26	8,10	8,88	9,11	9,21	9,39	9,83	10,5	11,5	12,4	13,5	15,2	16,8	20,3	24,5	30,2
17	7,38	7,95	8,83	9,65	9,89	10,0	10,19	10,7	11,4	12,5	13,4	14,5	16,3	18,0	21,7	26,2	32,2
18	8,05	8,64	9,58	10,4	10,7	10,8	11,00	11,5	12,2	13,4	14,3	15,5	17,4	19,2	23,1	27,8	34,2
19	8,72	9,35	10,3	11,2	11,5	11,6	11,82	12,3	13,1	14,3	15,3	16,6	18,5	20,4	24,5	29,5	36,2
20	9,41	10,1	11,1	12,0	12,3	12,4	12,65	13,2	14,0	15,2	16,3	17,6	19,6	21,6	25,9	31,2	38,2
							...										
70	49,2	51,0	53,7	56,1	56,8	57,2	57,73	59,1	61,3	64,7	67,5	71,3	77,3	83,3	96,9	114,3	138,1
71	50,1	51,8	54,6	57,0	57,8	58,1	58,67	60,1	62,3	65,7	68,5	72,4	78,4	84,6	98,4	115,9	140,1
72	50,9	52,7	55,5	58,0	58,7	59,0	59,61	61,0	63,2	66,7	69,6	73,5	79,6	85,8	99,8	117,6	142,1
73	51,8	53,6	56,4	58,9	59,6	60,0	60,55	62,0	64,2	67,7	70,6	74,6	80,8	87,0	101,2	119,3	144,1
74	52,7	54,5	57,3	59,8	60,6	60,9	61,49	62,9	65,2	68,7	71,7	75,6	81,9	88,3	102,7	120,9	146,1
75	53,5	55,3	58,2	60,7	61,5	61,8	62,43	63,9	66,2	69,7	72,7	76,7	83,1	89,5	104,1	122,6	148,0
76	54,4	56,2	59,1	61,7	62,4	62,8	63,37	64,9	67,2	70,8	73,8	77,8	84,2	90,8	105,5	124,3	150,0
77	55,2	57,1	60,0	62,6	63,4	63,7	64,32	65,8	68,1	71,8	74,8	78,9	85,4	92,0	106,9	125,9	152,0
78	56,1	58,0	60,9	63,5	64,3	64,7	65,26	66,8	69,1	72,8	75,9	80,0	86,6	93,3	108,4	127,6	154,0
79	56,9	58,8	61,8	64,4	65,2	65,6	66,20	67,7	70,1	73,8	76,9	81,1	87,7	94,5	109,8	129,3	156,0
80	57,8	59,7	62,7	65,4	66,2	66,5	67,15	68,7	71,1	74,8	78,0	82,2	88,9	95,7	111,2	130,9	158,0
81	58,7	60,6	63,6	66,3	67,1	67,5	68,09	69,6	72,1	75,8	79,0	83,3	90,1	97,0	112,6	132,6	160,0
82	59,5	61,5	64,5	67,2	68,0	68,4	69,04	70,6	73,0	76,9	80,1	84,4	91,2	98,2	114,1	134,3	162,0
83	60,4	62,4	65,4	68,2	69,0	69,4	69,99	71,6	74,0	77,9	81,1	85,5	92,4	99,5	115,5	135,9	164,0
84	61,3	63,2	66,3	69,1	69,9	70,3	70,93	72,5	75,0	78,9	82,2	86,6	93,6	100,7	116,9	137,6	166,0
85	62,1	64,1	67,2	70,0	70,9	71,2	71,88	73,5	76,0	79,9	83,2	87,7	94,7	102,0	118,3	139,3	168,0
86	63,0	65,0	68,1	70,9	71,8	72,2	72,83	74,5	77,0	80,9	84,3	88,8	95,9	103,2	119,8	140,9	170,0
87	63,9	65,9	69,0	71,9	72,7	73,1	73,78	75,4	78,0	82,0	85,3	89,9	97,1	104,5	121,2	142,6	172,0
88	64,7	66,8	69,9	72,8	73,7	74,1	74,73	76,4	78,9	83,0	86,4	91,0	98,2	105,7	122,6	144,3	174,0
89	65,6	67,7	70,8	73,7	74,6	75,0	75,68	77,3	79,9	84,0	87,4	92,1	99,4	106,9	124,0	145,9	176,0
90	66,5	68,6	71,8	74,7	75,6	76,0	76,63	78,3	80,9	85,0	88,5	93,1	100,6	108,2	125,5	147,6	178,0

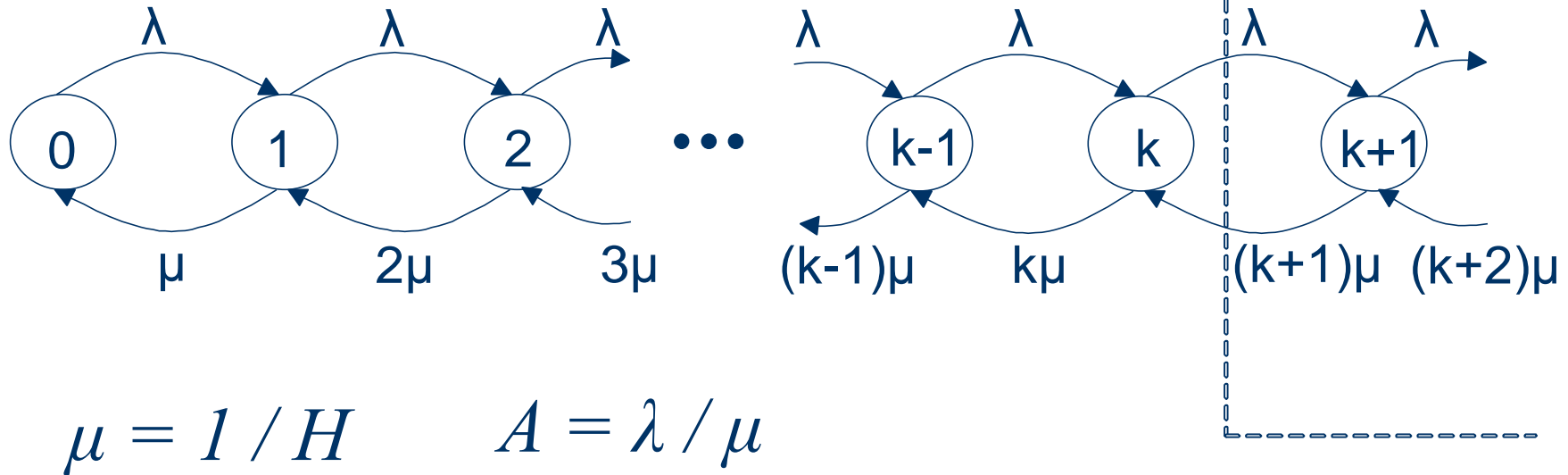
Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang C

- Παρόμοιες υποθέσεις με Erlang B.
- Είναι διαθέσιμοι C δίαυλοι.
- Η κατανομή άφιξης των κλήσεων είναι Poisson με ρυθμό λ .
- Αν μια εισερχόμενη κλήση δεν βρίσκει ελεύθερο δίαυλο, τοποθετείται σε ουρά αναμονής με άπειρο μήκος.
- Κάθε κλήση εξυπηρετείται με τη σειρά άφιξής της.

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang B

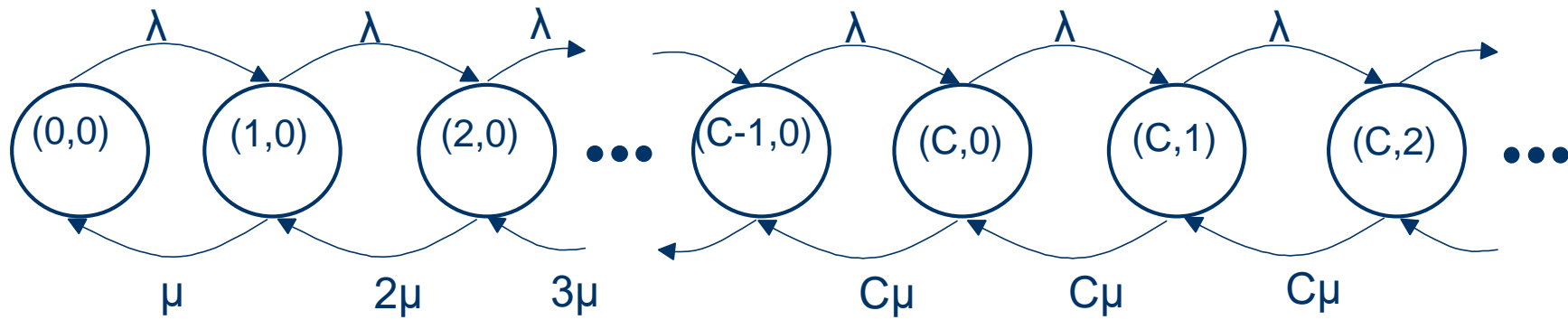


$$\lambda P_k = (k + 1) \mu P_{k+1}, \quad \text{για } 0 \leq k \leq C - 1 \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow P_{k+1} = \frac{A}{k + 1} P_k \quad \rightarrow \quad P_{k+1} = \frac{A^{k+1}}{(k + 1)!} P_0$$

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang C



$$\lambda P_k = (k+1)\mu P_{k+1}, \quad \text{για } 0 \leq k \leq C-1$$

$$\lambda P_k = C\mu P_{k+1}, \quad \text{για } k \geq C$$

$$P_k = \frac{A^k}{k!} P_0, \quad \text{για } 0 \leq k \leq C$$

$$P_k = \left(\frac{\lambda}{\mu C} \right)^{k-C} \times P_C = \frac{A^k}{C^{k-C} C!} P_0 \quad \text{για } k \geq C$$

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang C

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k = 1,$$

$$\sum_{k=0}^{C-1} \frac{A^k}{k!} P_0 + \sum_{k=C}^{\infty} \frac{A^k}{C^{k-C} C!} P_0 = 1$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{C-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^C}{C!(1 - \frac{A}{C})}}$$

$$\Pr[\text{delay} > 0] = \sum_{k=C}^{\infty} P_k$$

GOS \nearrow

$$\Pr[\text{delay} > 0] = \frac{A^C}{A^C + C! \left(1 - \frac{A}{C}\right) \sum_{k=0}^{C-1} \frac{A^k}{k!}}$$

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang C

Πίνακας Erlang C

C	Προσφερόμενη κίνηση A (erlang)											
	Πιθανότητα καθυστέρησης B (%)											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0100	.0200	.0500	.1000	.1500	.2000	.3000	.4000
2	.0142	.0319	.0452	.1025	.1465	.2103	.3422	.5000	.6278	.7403	.9390	1.117
3	.0860	.1490	.1894	.3339	.4291	.5545	.7876	1.040	1.231	1.393	1.667	1.903
4	.2310	.3533	.4257	.6641	.8100	.9939	1.319	1.653	1.899	2.102	2.440	2.725
5	.4428	.6289	.7342	1.065	1.259	1.497	1.905	2.313	2.607	2.847	3.241	3.569
6	.7110	.9616	1.099	1.519	1.758	2.047	2.532	3.007	3.344	3.617	4.062	4.428
7	1.026	1.341	1.510	2.014	2.297	2.633	3.188	3.725	4.103	4.406	4.897	5.298
8	1.382	1.758	1.958	2.543	2.866	3.246	3.869	4.463	4.878	5.210	5.744	6.178
9	1.771	2.208	2.436	3.100	3.460	3.883	4.569	5.218	5.668	6.027	6.600	7.065
10	2.189	2.685	2.942	3.679	4.077	4.540	5.285	5.986	6.469	6.853	7.465	7.959
11	2.634	3.186	3.470	4.279	4.712	5.213	6.015	6.765	7.280	7.688	8.336	8.857
12	3.100	3.708	4.018	4.896	5.363	5.901	6.758	7.554	8.099	8.530	9.212	9.761
13	3.587	4.248	4.584	5.529	6.028	6.602	7.511	8.352	8.926	9.379	10.09	10.67
14	4.092	4.805	5.166	6.175	6.705	7.313	8.273	9.158	9.760	10.23	10.98	11.58
15	4.614	5.377	5.762	6.833	7.394	8.035	9.044	9.970	10.60	11.09	11.87	12.49
16	5.150	5.962	6.371	7.502	8.093	8.766	9.822	10.79	11.44	11.96	12.77	13.41
17	5.699	6.560	6.991	8.182	8.801	9.505	10.61	11.61	12.29	12.83	13.66	14.33
18	6.261	7.169	7.622	8.871	9.518	10.25	11.40	12.44	13.15	13.70	14.56	15.25
19	6.835	7.788	8.263	9.568	10.24	11.01	12.20	13.28	14.01	14.58	15.47	16.18
20	7.419	8.417	8.914	10.27	10.97	11.77	13.00	14.12	14.87	15.45	16.37	17.10
21	8.013	9.055	9.572	10.99	11.71	12.53	13.81	14.96	15.73	16.34	17.28	18.03
22	8.616	9.702	10.24	11.70	12.46	13.30	14.62	15.81	16.60	17.22	18.19	18.96
23	9.228	10.36	10.91	12.43	13.21	14.08	15.43	16.65	17.47	18.11	19.10	19.89
24	9.848	11.02	11.59	13.16	13.96	14.86	16.25	17.51	18.35	19.00	20.02	20.82
25	10.48	11.69	12.28	13.90	14.72	15.65	17.08	18.36	19.22	19.89	20.93	21.76
26	11.11	12.36	12.97	14.64	15.49	16.44	17.91	19.22	20.10	20.79	21.85	22.69
27	11.75	13.04	13.67	15.38	16.26	17.23	18.74	20.08	20.98	21.68	22.77	23.63
28	12.40	13.73	14.38	16.14	17.03	18.03	19.57	20.95	21.87	22.58	23.69	24.57
29	13.05	14.42	15.09	16.89	17.81	18.83	20.41	21.82	22.75	23.48	24.61	25.50
30	13.71	15.12	15.80	17.65	18.59	19.64	21.25	22.68	23.64	24.38	25.54	26.44

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Παράδειγμα 3.7

$K = 7$ εξαγωνικές κυψέλες $R = 2.31$ km, $C_{o\lambda} = 84$.
Αν $A_u = 0.06$ erlang και $\lambda_u = 2$ κλήσεις / ώρα,
υπολογίστε τα παρακάτω για σύστημα Erlang C με
 $GOS = 0.05$.

- α) Πόσοι χρήστες ανά km^2 θα υποστηρίζονται από το σύστημα;
- β) Ποια είναι η πιθανότητα μια καθυστερημένη κλήση να περιμένει περισσότερο από 12 sec;
- γ) Ποια είναι η πιθανότητα να καθυστερήσει μια κλήση περισσότερο από 12 sec;

Φασματική απόδοση κυψελωτών συστημάτων

Ολικό αξιοποιούμενο εύρος ζώνης:

$$B_s = C_c \cdot K \cdot W$$

Δίαυλοι ανά κυψέλη

Αριθμός επαναχρησιμοποίησης

Εύρος ανά δίαυλο

Φασματική απόδοση κυψελωτών συστημάτων

Έστω ένα σύστημα S που περιέχει ένα σύνολο κυψελών οργανωμένες σε ομάδες επαναχρησιμοποίησης με K κυψέλες η κάθε μία.

Φασματική απόδοση συστήματος

$$\eta_s = \frac{A_c}{B_s \cdot S_c} = \frac{A_c}{C_c \cdot K \cdot W \cdot S_c}$$

A_c = μέση μεταφερόμενη κίνηση ανά κυψέλη

S_c = μέσο εμβαδό κυψέλης συστήματος

Η φασματική απόδοση εκφράζεται σε *erlang/MHz/km²* (όχι σε *erlang/Hz/m²*).

Φασματική απόδοση κυψελωτών συστημάτων

Παράδειγμα 3.8:

Κυψέλες ανά ομάδα **K=7**

Ολικός αριθμός διαύλων **C=395**

Κίνηση ανά χρήστη **Au=0,03 erlang**

Μέση διάρκεια κλήσεων **H=120 sec**

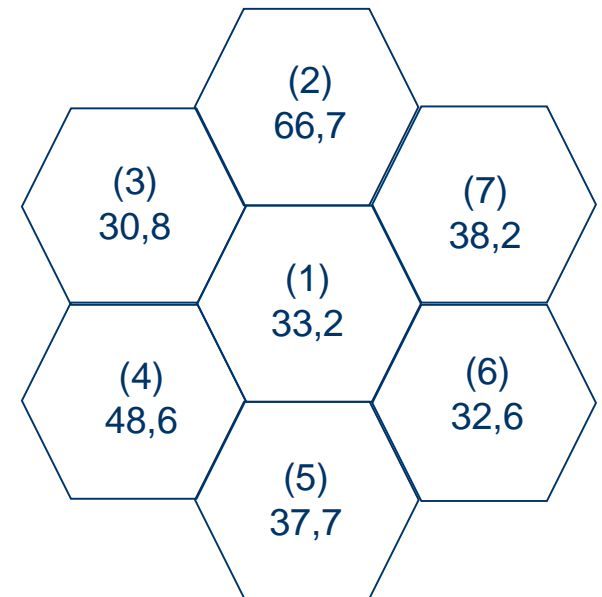
Έκταση εξυπηρέτησης **1200km²**

GOS = 0,02

Υπολογίστε:

- α) αριθμό απαιτούμενων διαύλων για κάθε κυψέλη
- β) αριθμό εξυπηρετούμενων συνδρομητών
- γ) μέσο αριθμό χρηστών ανά δίαυλο συστήματος
- δ) μέσο εξυπηρετούμενο αριθμό κλήσεων/ώρα
- ε) πυκνότητα χρηστών ανά km²
- στ) πυκνότητα κλήσεων ανά km²
- ζ) μέση ακτίνα κυψέλης σε km
- η) χρησιμοποίηση διαύλων σε κάθε κυψέλη

Κατανομή κίνησης ανά κυψέλη



Erlang B

Erlang B Table

<i>Ch</i>	1%	2%	5%	<i>Ch</i>	1%	2%	5%
7	2.50	2.94	3.74	29	19.49	21.04	23.83
8	3.12	3.63	4.54	30	20.34	21.93	24.80
9	3.78	4.34	5.37	31	21.19	22.83	25.77
10	4.46	5.08	6.21	32	22.04	23.73	26.75
11	5.16	5.84	7.07	33	22.90	24.63	27.72
12	5.87	6.61	7.95	34	23.77	25.53	28.70
13	6.60	7.40	8.83	35	24.63	26.44	29.68
14	7.35	8.20	9.72	36	25.51	27.34	30.66
15	8.10	9.00	10.63	37	26.38	28.25	31.64
16	8.87	9.82	11.54	38	27.25	29.16	32.62
17	9.65	10.65	12.46	39	28.13	30.08	33.61
18	10.43	11.49	13.39	40	29.01	31.00	34.60
19	11.23	12.33	14.31	41	29.89	31.92	35.58
20	12.03	13.18	15.25	42	30.77	32.83	36.57
21	12.83	14.03	16.19	43	31.66	33.76	37.56
22	13.65	14.90	17.13	44	32.54	34.68	38.56
23	14.47	15.76	18.08	45	33.43	35.60	39.55
24	15.29	16.63	19.03	46	34.32	36.53	40.55
25	16.12	17.50	19.99	47	35.21	37.46	41.54
26	16.95	18.38	20.94	48	36.11	38.39	42.54
27	17.97	19.26	21.90	49	37.00	39.32	43.53
28	18.64	20.15	22.86	50	37.90	40.25	44.53

Λύση:

α,β) Η προσφερόμενη κίνηση από κάθε χρήστη είναι $A_u = 0.03$ erlang και η μέση διάρκεια των κλήσεων $H = 120 \text{ sec} = 0.033 \text{ h}$. Θα έχουμε λοιπόν

$$\lambda = \frac{A_u}{H} = \frac{0.03}{0.033} = 0.9 \text{ κλήσεις / ώρα / χρήστη}$$

Για την κυψέλη (1), ο αριθμός των χρηστών N_u θα είναι

$$N_u = \left\lfloor \frac{A_1}{A_u} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{33.2}{0.03} \right\rfloor = 1106 \text{ χρήστες}$$

και ο αριθμός των κλήσεων ανά ώρα στην κυψέλη αυτή θα είναι

$$\lambda_1 = \lambda \times N_u = 0.9 \times 1106 = 995.4 \text{ κλήσεις / ώρα.}$$

Από τον Πίνακα 3.2, για $A = 33.2$ erlang και $GOS = 0.02$, βρίσκουμε $C = 43$ δίαυλοι. Η χρησιμοποίηση των διαύλων αυτών θα είναι $A / C = 33.2 / 43 = 0.77$.

Κυψέλη	Κίνηση (erlang)	Αριθμός Χρηστών	Αριθμός Κλήσεων	Απαιτούμενοι δίαυλοι	Χρησιμοποίηση διαύλων
1	33.2	1106	995.4	43	0.77
2	66.7	2223	2000.7	78	0.86
3	30.8	1026	923.4	40	0.77
4	48.6	1620	1458.0	59	0.82
5	37.8	1260	1134.0	48	0.79
6	32.6	1086	977.4	42	0.78
7	38.2	1273	1145.7	48	0.80
Σύνολο	287.9	9594	8634.6	358	

Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζονται οι παραπάνω υπολογισμοί για όλες τις κυψέλες.

γ) Ο μέσος αριθμός χρηστών ανά δίαυλο του συστήματος θα είναι

$$N_{u,ολ} / C_{ολ} = 9594 / 358 = 26.8 \text{ χρήστες / δίαυλο.}$$

δ) Ο μέσος αριθμός κλήσεων, όπως φαίνεται στον πίνακα, είναι 8634.6.

ε) Η πυκνότητα χρηστών είναι $9594 / 1200 \text{ km}^2 \approx 8 \text{ χρήστες / km}^2$.

στ) Η πυκνότητα κλήσεων είναι $8634.6 / 1200 \text{ km}^2 = 7.2 \text{ κλήσεις / km}^2$.

ζ) Το εμβαδόν κάθε κυψέλης θα είναι $S_c = 1200 / 7 \text{ km}^2$. Δεδομένου ότι η σχέση που δίνει το εμβαδόν είναι

$$S_c = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2$$

προκύπτει $R = 8.12 \text{ km}$.

η) Η χρησιμοποίηση των διαύλων για κάθε κυψέλη φαίνεται στην τελευταία στήλη του πίνακα.

1. Κατηγοριοποίηση ασύρματων δικτύων βάσει της περιοχής κάλυψης (Body Area Network, Personal Area Network, Local Area Network, κτλ.): τύποι δικτύων, προκλήσεις στην υλοποίησή τους και τεχνολογίες
2. Μέθοδοι Πολλαπλής Πρόσβασης (Multiple Access) σε ασύρματα δίκτυα, με έμφαση σε δίκτυα 5^{ης} γενιάς
3. Μέθοδοι συμπίεσης για αποστολή δεδομένων πάνω από ασύρματα δίκτυα
4. Αλγόριθμοι εντοπισμού θέσης σε ασύρματα κινητά δίκτυα
5. Ενεργητικές επιθέσεις σε ασύρματα δίκτυα: η περίπτωση της εκούσιας παρεμβολής (jamming) και μέθοδοι αντιμετώπισής της
6. Παθητικές επιθέσεις σε ασύρματα δίκτυα: η περίπτωση της λαθρακρόασης (eavesdropping) και μέθοδοι αντιμετώπισής της
7. Ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service (QoS)) και ποιότητας εμπειρίας (Quality of Experience (QoE)) σε δίκτυα 5^{ης} γενιάς
8. Δίκτυα IEEE 802.11 (Wi-Fi): μία επισκόπηση στην 6^η γενιά Wi-Fi (Wi-Fi 6) και ο δρόμος προς την 7^η γενιά (Wi-Fi 7)
9. Ο ρόλος των δορυφορικών επικοινωνιών στα δίκτυα 5^{ης} και 6^{ης} γενιάς
10. Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things (IoT)) σε μη αδειοδοτημένες μπάντες συχνοτήτων: τεχνολογίες και εφαρμογές
11. Επικοινωνίες Εγγύς Πεδίου (Near Field Communication (NFC)): τι είναι, ποιες οι τεχνολογίες και ποιες οι προκλήσεις;

12. Επισκόπηση των επικοινωνιών Οχήματος-προς-Όλα (Vehicle-to-Everything (V2X))
13. Προκλήσεις στην υλοποίηση επικοινωνιών Μη-επανδρωμένων Εναέριων Οχημάτων (Unattended Aerial Vehicle (UAV)) πάνω από κυψελωτά δίκτυα
14. Προκλήσεις στην υλοποίηση εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality (AR)), Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality (VR)) και Μικτής Πραγματικότητας (Mixed Reality (MR)) πάνω από δίκτυα 5^{ης} γενιάς
15. Μορφοποίηση ακτινών (Beamforming): τι είναι και ποια πλεονεκτήματα προσφέρει;
16. Υποστήριξη ασύρματων δικτύων από υπηρεσίες Υπολογιστικής Νέφους (Cloud Computing)
17. Αναρρυθμιζόμενες Ευφυείς Επιφάνειες (Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS)): τι είναι, πώς υλοποιούνται και ποια πλεονεκτήματα προσφέρουν;
18. Χρήση ασύρματων επικοινωνιών στη Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0) και πέρα από αυτή (Βιομηχανία 5.0 (Industry 5.0))
19. Ψηφιακοί Δίδυμοι (Digital Twins (DTs)): τι είναι, πώς υλοποιούνται και τι ρόλο θα διαδραματίσουν τα δίκτυα 5^{ης} και 6^{ης} γενιάς στην πραγματοποίησή τους;
20. Διανομή Κβαντικών Κλειδιών (Quantum Key Distribution (QKD)): τι είναι και ποια η εφαρμογή της στα δίκτυα 5^{ης} και 6^{ης} γενιάς;
21. Αποκεντρωμένα ασύρματα δίκτυα: μπορούν τα Κατανεμημένα Καθολικά (Distributed Ledger) να υποστηρίξουν την υλοποίησή τους;
22. Ηλικία της Πληροφορίας (Age of Information (AoI)) σε ασύρματα δίκτυα: τι είναι και από ποιους παράγοντες επηρεάζεται;