

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВИХ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО CDMA ЗВ'ЯЗКУ

Аннотація. Запропонована методика розрахунку просторових параметрів мережі мобільного зв'язку CDMA. Методика ґрунтується на співвідношенні, що пов'язує відношення сигнал/завада, коефіцієнт розширення спектру, кількість активних абонентів у стільниках і взаємне положення стільників в мережах стільникового зв'язку CDMA. Наведений аналіз результатів обчислювального експерименту.

Ключевые слова: просторові параметри мережі, кількість базових станцій в мережі, площа стільника, радіус дії стільника, система мобільного зв'язку, CDMA

M.V. POLEVA, S.N. KIYKO, M.B. PROTSENKO
Odessa National Academy of Telecommunications n.a.A.S. Popov

ANALYSIS OF SPATIAL PARAMETERS OF MOBILE CDMA COMMUNICATIONS NETWORK

Annotation. Method of calculating of spatial parameters of CDMA mobile network is proposed. The method is based on the ratio that connects the signal/noise ratio, coefficient of expansion of the spectrum, the number of active subscribers in the cell and the relative position of cells in cellular CDMA networks. Examples of calculation are given.

Keywords: spatial parameters of network, number of base stations in network, area of cell, radius of cell, mobile communication system, CDMA.

Мережі мобільного зв'язку розвиваються, і все більшу популярність набувають стандарти передачі даних в радіоканалі, що засновані на кодовому розділенні каналів (CDMA) [1,2]. В Україні отримали широке розповсюдження мережі стандарту CDMA2000 [2]. Метою даної роботи є розробка методики визначення основних просторових параметрів мереж мобільного зв'язку зі стільниковою структурою, що використовують технологію CDMA. Проведення обчислювального експерименту та аналіз результатів.

До основних просторових параметрів можна віднести: площа зони обслуговування, кількість стільників або кількість базових станцій в мережі, площу стільників та радіус дії стільників. Зазвичай площа зони обслуговування є заданою, а для знаходження інших параметрів необхідно попередньо обчислити середньодобову швидкість передачі даних від абонентів, коефіцієнт розширення спектру, кількість абонентів, що знаходяться одночасно в мережі та загальну швидкість передачі даних у мережі, кількість активних абонентів в стільниках.

Для розрахунку та аналізу просторових параметрів було вибрано три тарифні плани: 1ГБ, 5ГБ та 10ГБ.

Для розрахунку середньодобової швидкості передачі даних для тарифного плану 1ГБ було враховано: витрати у місяць $T_{1G} = B_m \cdot MBit \cdot Tar_1$, де B_m – витрати у місяць (теоретично) %; $MBit$ – кількість біт в 1-му ГБ, Tar_1 – тариф в місяць (теоретично) ГБ, витрати в день $B_{d1G} = T_{1G} \cdot 30^{-1}$, де T_{1G} – витрати у місяць, МБ. Тоді швидкість передачі визначається за формулою

$$V_{per1} = 0,022 \cdot B_{d1G} \cdot MBit^2 \cdot T_{1G}^{-1},$$

де B_{d1G} – витрати в день (1ГБ); $MBit$ – кількість біт в 1-му ГБ; T_{1G} – кількість абонентів онлайн за добу (теоретично), год.

Щоб знайти кількість абонентів, які одночасно знаходяться в мережі для тарифного плану 1ГБ, було враховано наступні фактори: кількість абонентів для тарифного плану 1ГБ $N_{ab1g} = N_{abt} \cdot P_{1g}$ де N_{abt} – передбачувана кількість абонентів на початковому етапі; P_{1g} – кількість абонентів, які користуються тарифним планом 1ГБ в місяць, %.

Тоді кількість абонентів, що одночасно знаходяться в мережі за тарифним планом 1ГБ визначається за формулою

$$N_{a1g} = N_{ab1g} \cdot T_{1g} \cdot Ts^{-1},$$

де N_{ab1g} – кількість абонентів для тарифу 1ГБ; T_{1g} – онлайн за добу (теоретично), год; Ts – кількість годин на добу.

Аналогічно розраховуються середньодобові швидкості передачі даних та кількість абонентів, які одночасно знаходяться в мережі на інших тарифних планах, відповідно 5ГБ і 10ГБ. Знаючи середню швидкість абонентів кожного тарифного плану та відносну кількість абонентів, що використовують кожен тарифний план, можна розрахувати середню швидкість передачі даних у мережі за формулою

$$R_{cr} = V_{per1} \cdot P_{1g} + V_{per5} \cdot P_{5g} + V_{per10} \cdot P_{10g}.$$

Для розрахунку загальної кількості абонентів, які знаходяться одночасно в мережі за тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ можна скористатися формулою

$$N_a = N_{a1g} + N_{a5g} + N_{a10g},$$

де N_{a1g} , N_{a5g} , N_{a10g} – кількість абонентів, які знаходяться одночасно в мережі за тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ, відповідно.

У передавальному обладнанні відбувається так зване розширення спектру кожного індивідуального сигналу, коли замість одного двійкового символу, який переносить інформацію (інформаційного біта) передається кілька двійкових символів (чіпів), які однозначно ідентифікують переданий інформаційний біт. При цьому смуга частот, займана сигналом, збільшується у стільки разів, скільки чіпів припадає на один біт. Це співвідношення називається коефіцієнтом розширення спектру SF (Spreading Factor) та визначається за формулою

$$SF = W \cdot R_{cr}^{-1},$$

де $W = 14,72 \cdot 10^6$, чіп/с – чіпова швидкість передачі на одній несучій в CDMA 2000; R_{cr} – середня швидкість передачі даних у мережі, кбіт/с.

Для того щоб знайти кількість активних абонентів в стільниках можна скористатися формулою

$$K = \text{round} \left[\frac{1 + SF \cdot SNR^{-1}}{\sum M} \right],$$

де SF – максимально можливий коефіцієнт розширення спектра; SNR – відношення сигнал/завада; $\sum M$ – взаємне положення стільників в мережах стільникового зв'язку, що використовують кодове розподілення сигналів.

Для визначення розмірів комірок в мережах стільникового зв'язку з CDMA можна використовувати відношення

$$SNR = SF \cdot \left(\sum_{s=0}^M Ki \left(\frac{r_0}{r_i} \right)^n - 1 \right)^{-1},$$

де Ki – кількість активних абонентів в i -му стільнику; M – число сусідніх стільників.

Отриманий вираз пов'язує відношення сигнал/завада, коефіцієнт розширення спектра, кількість активних абонентів у стільниках і взаємне положення стільників в мережах стільникового зв'язку, що використовують кодове розподілення сигналів.

Знаючи кількість активних абонентів в одному стільнику і кількість одночасно активних абонентів в мережі розрахували кількість стільників або кількість базових станцій в мережі та площу стільника.

Кількість стільників або кількість базових станцій в мережі визначається за формулою

$$N_{BS} = N_a \cdot K^{-1},$$

де N_a – загальна кількість абонентів, які знаходяться одночасно в мережі за тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ; K – кількість активних абонентів в стільниках.

Площа стільника з урахуванням, що абоненти розподілені рівномірно, розраховується за формулою

$$S_c = S_{misto} \cdot N_{BS}^{-1},$$

де S_{misto} – площа міста, км².

Тоді радіус стільника може бути визначено з відомого співвідношення

$$R = \sqrt{\frac{(2 \cdot S_c)}{3 \cdot \sqrt{3}}}.$$

В табл. 1 наведені обрані тарифні плани, очікуваний розподіл в них абонентів та час протягом якого вони знаходяться онлайн на добу.

Таблиця 1

Очікувані тарифні плани та розподіл їх за абонентами

Тариф в місяць	Витрати у місяць	Онлайн за добу	Кількість абонентів
1 ГБ	75%	3 год	50%
5 ГБ	75%	8 год	30%
10ГБ	75%	19 год	20%

Залишаємо незмінними час та тарифні плани, та будемо варіювати відсотковим значенням кількості абонентів, які користуються тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ відповідно (табл.2).

При зміні кількості абонентів, які користуються певним тарифним планом спостерігається зміна середньої швидкості передачі даних у мережі та кількість базових станцій.

Результати розрахунків середньої швидкості передачі даних в мережі та кількості базових станцій при експериментальній зміні кількості абонентів в тарифних планах 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ представимо у вигляді графіків залежностей.

На рис. 1 показані графіки залежностей відсоткових значень кількості абонентів, які користуються тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ від номеру обчислювального експерименту.

Експериментальна зміна кількості абонентів у тарифних планах

№ обчислювального експерименту	% користувачів ТП 1ГБ	% користувачів ТП 5ГБ	% користувачів ТП 10ГБ	Одночасно абонентів в мережі
1	0.65	0.17	0.18	281
2	0.6	0.2	0.2	300
3	0.6	0.15	0.35	402
4	0.5	0.3	0.2	320
5	0.28	0.42	0.3	413
6	0.28	0.35	0.47	524
7	0.1	0.54	0.36	478

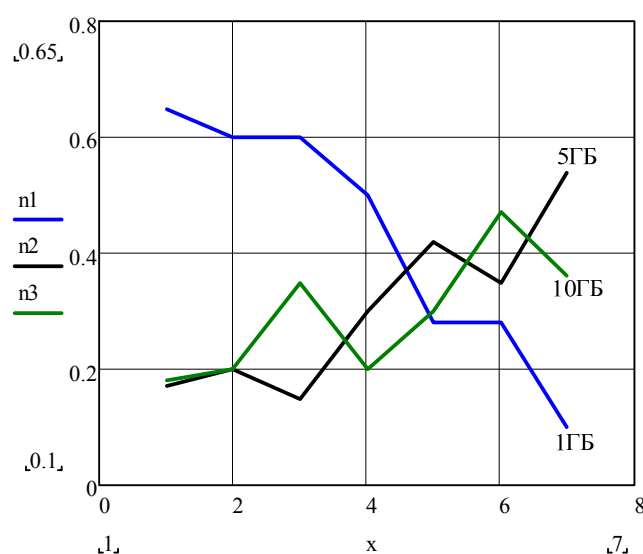


Рис. 1 Залежності відсотку абонентів у тарифних планах 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ відповідно від номеру обчислювального експерименту

Змінюючи кількість користувачів тарифних планів відповідно буде змінюватись і середня швидкість передачі даних. Наведемо її значення у табл. 3.

Таблиця 3

Середня швидкість передачі даних в мережі

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7
Швидкість ПД 1ГБ	19.88	19.88	19.88	19.88	19.88	19.88	19.88
Швидкість ПД 5ГБ	37.28	37.28	37.28	37.28	37.28	37.28	37.28
Швидкість ПД 10ГБ	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40
Середня швидкість ПД, кбит/с	24.91	25.67	28.51	27.41	30.65	33.37	33.42

На рис. 2 показані графіки залежностей середньої швидкості передачі даних від кількості користувачів тарифних планів.

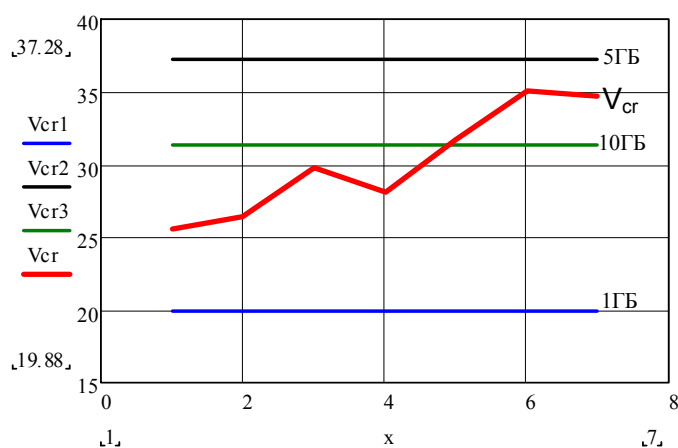


Рис. 2 Залежність середньої швидкості передачі даних від кількості користувачів тарифних планів

Знаючи кількість абонентів та середню швидкість передачі даних можна знайти кількість базових станцій (табл. 4).

Таблиця 4

Кількість БС в залежності від номеру обчислювального експерименту

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7
Кількість БС	6.8 (7)	7.3 (8)	9.8 (10)	7.8 (8)	10.05 (10)	12.75 (13)	11.63 (12)

Залежність кількості базових станцій від кількості абонентів в тарифному плані та середньої швидкості передачі даних показана на рис. 3.

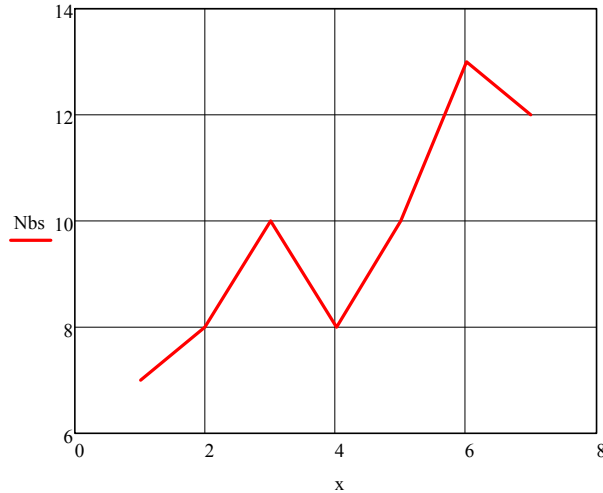


Рис. 3 Залежність кількості базових станцій від кількості абонентів та середньої швидкості передачі даних

Залишаючи незмінними кількість абонентів, які знаходяться одночасно в мережі та тарифному плані, будемо варіювати значенням часу, який будуть займати абоненти, користуючись тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ відповідно на добу.

При зміні значення часу, протягом якого абоненти тарифних планів 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ будуть перебувати онлайн буде змінюватись середня швидкість передачі даних у кожному з тарифних планів та в мережі взагалі. Від змін середньої швидкості передачі даних в мережі також залежить кількість базових станцій.

Результати розрахунків середньої швидкості передачі даних в мережі та кількості базових станцій при експериментальній зміні відсотку часу на добу, протягом якого абоненти перебувають онлайн в тарифних планах 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ представимо у вигляді графіків залежностей.

У табл. 5 наведемо очікувані тарифні плани, розподіл в них абонентів та час протягом якого вони знаходяться онлайн на добу.

Таблиця 5

Очікувані характеристики мобільного зв'язку

Тариф в місяць	Витрати у місяць	Онлайн за добу	Кількість абонентів
1 ГБ	75%	3 год	50%
5 ГБ	75%	8 год	30%
10ГБ	75%	19 год	20%

Експериментальні зміни значення часу, протягом якого абоненти перебувають онлайн у обраному тарифному плані при незмінній кількості абонентів покажемо у табл. 6.

Таблиця 6

Експериментальна зміна значення часу

№ експерименту	% Онлайн за добу ТП 1ГБ	% Онлайн за добу ТП 5ГБ	% Онлайн за добу ТП 10ГБ	Одночасно абонентів в мережі
1	0.38 (9 год)	0.46 (11 год)	0.54 (13 год)	434
2	0.29 (7 год)	0.42 (10 год)	0.46 (11 год)	363
3	0.17 (4 год)	0.58 (14 год)	0.75 (18 год)	409
4	0.125 (3 год)	0.33 (8 год)	0.79 (19 год)	320
5	0.10 (2.5 год)	0.29 (7 год)	0.52 (12.5 год)	243
6	0.54 (13 год)	0.38 (9 год)	0.5 (12 год)	484
7	0.15 (3.5 год)	0.25 (6 год)	0.7 (17 год)	290

Залежності відсотку часу протягом якого абонент перебуває онлайн у тарифних планах 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ від кількості абонентів в тарифному плані зображена на рис. 4.

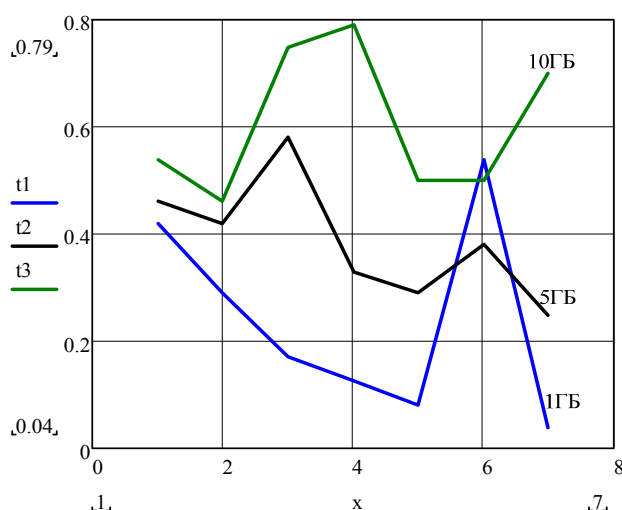


Рис. 4 Залежність кількості годин онлайн на добу від кількості абонентів в тарифному плані

При зміні значення часу, протягом якого абоненти тарифних планів перебувають онлайн спостерігається зміна середньої швидкості передачі даних у мережі. Наведемо ці зміни у табл. 7.

Таблиця 7

Середня швидкість передачі даних в мережі

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7
Середня швидкість ПД, кбит/с	20.63	24.05	20.47	27.41	34.26	22.17	30.45
Середня швидкість ПД 1ГБ	6.62	8.52	14.91	19.88	23.86	4.58	17.04
Середня швидкість ПД 5ГБ	27.11	29.83	21.3	37.28	42.61	33.14	49.71
Середня швидкість ПД 10ГБ	45.89	54.23	33.14	31.39	47.72	49.71	35.09

На рис. 5 показана залежність середньої швидкості передачі даних в мережі від кількості абонентів, які користуються тарифними планами 1ГБ, 5ГБ, 10ГБ.

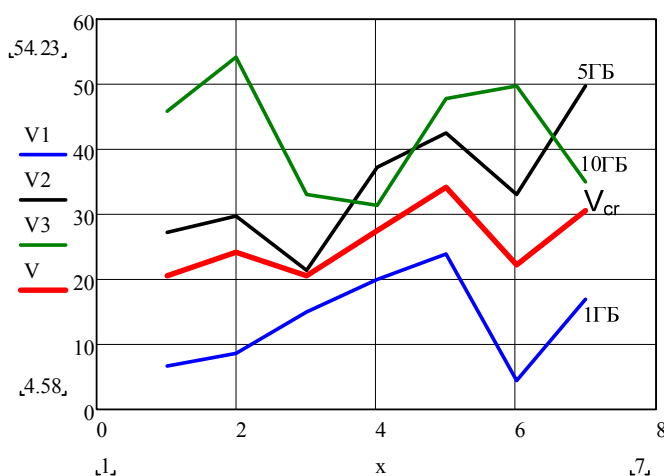


Рис. 5 Залежність середньої швидкості передачі даних в мережі від кількості абонентів в тарифних планах

Знаючи кількість абонентів та середню швидкість передачі даних можна знайти кількість базових станцій (табл. 8).

Таблиця 8

Кількість базових станцій в залежності від експерименту

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7
Кількість БС	11	8.8 (9)	9.95 (10)	8	5.9 (6)	11.78 (12)	7.1 (8)

Зобразимо залежність кількості базових станцій від середньої швидкості передачі даних на рис. 6.

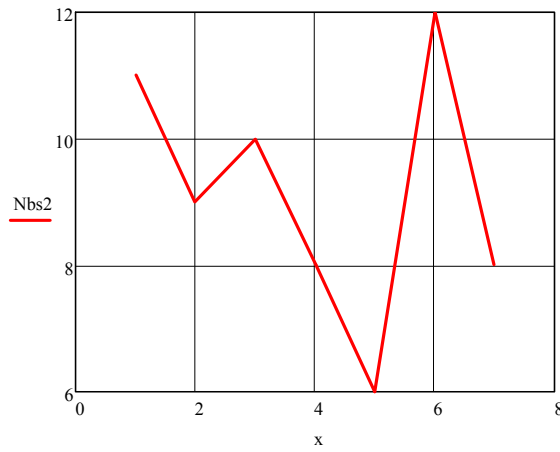


Рис. 6 Залежність кількості базових станцій від кількості абонентів та середньої швидкості передачі даних

Таким чином, запропонована методика розрахунку просторових параметрів мережі мобільного зв'язку з кодовим розділенням каналів, а саме кількість стільників або кількість базових станцій в мережі, площу стільників та радіус дії стільників. Методика ґрунтується на співвідношенні, що пов'язує відношення сигнал/завада, коефіцієнт розширення спектру, кількість активних абонентів у стільниках і взаємне положення стільників в мережах стільникового зв'язку CDMA.

Відповідно до проведеного обчислювального експерименту можна стверджувати, що при запропонованих змінах кількість базових станцій змінюється незначно.

Література

1. CDMA systems engineering handbook / Jhong S. Lee, Leonard E. Miller. — Artech House mobile communication library, 1998 — 1231 p.
2. <http://www.intertelecom.ua>

References

1. CDMA systems engineering handbook / Jhong S. Lee, Leonard E. Miller. — Artech House mobile communication library, 1998 — 1231 p.
2. <http://www.intertelecom.ua>

Рецензія/Peer review : 21.6.2015 р.

Надрукована/Printed :24.6.2015 р.