

АНАЛІЗ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КОМІРКИ МЕРЕЖІ РАДІОДОСТУПУ UTRAN СТАНДАРТУ UMTS

У статті наведено аналіз принципів функціонування мереж мобільного зв'язку третього покоління. Запропоновано математичну модель для дослідження пропускної здатності комірки мережі радіодоступу UTRAN стандарту UMTS. Автор досліджує вплив різних видів послуг на пропускну здатність комірки та виділяє найбільш вимогливих абонентів щодо зазначеного показника.

The paper presents an analysis of the third generation mobile networks functioning. A mathematical model to study the carrying capacity of the cell radio access network UTRAN in UMTS standard is proposed. The author explores the impact of different types of services on the cell carrying capacity and highlights the most demanding users on this indicator.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій, зокрема у мобільному зв'язку, зумовлюються стрімким зростанням вимог користувачів до пропускної здатності мережі та якості наданих послуг.

Для задоволення цих вимог вже недостатньо використовувати наявні ресурси GSM мереж, навіть при впровадженні технологій GPRS, EDGE, AMR.

Вирішити зазначену проблему запропоновано [1] за рахунок широкосмугового радіодоступу мережі третього покоління UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), зокрема технології широкосмугового багатостанційного доступу з кодовим розділенням WCDMA.

Оскільки різні типи абонентів висувають свої вимоги до тракту передачі, що надає необхідні їм послуги, то слід уважно аналізувати та постійно оцінювати пропускну здатність комірки мережі мобільного зв'язку, яка обслуговує цих абонентів.

Метою даної роботи є дослідження впливу різних типів послуг на загальну пропускну здатність комірки мережі UMTS.

1. Принципи побудови мережі UMTS

Для UMTS R99 [2] була запропонована нова мережа радіодоступу UTRAN, побудована на технології WCDMA, що дозволяє більш ефективно використовувати пропускну здатність, ніж у GSM/GPRS (рис. 1).

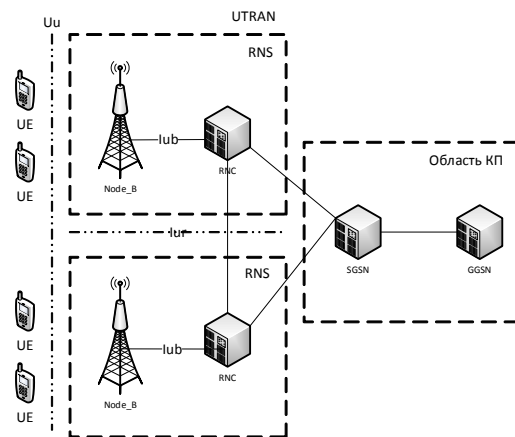


Рис. 1 – Архітектура мережі UMTS

Мережа складається з двох частин:
- підсистема мережі радіозв'язку (RNS);
- базова мережа - область комутації пакетів (PS).

Мережа UMTS може мати одну чи більше підсистем мережі радіозв'язку (RNS). Кожна RNS складається з контролера мережі радіозв'язку (RNC) та одного чи більше вузлів В (Node В). Останній забезпечує передачу і прийом сигналів в одній чи більше комірках та відповідає за контроль рівня потужності.

Кожний RNC відповідає за управління радіоресурсами набору комірок. Обладнання користувача (UE) – це термінал, через який користувач отримує доступ до мережі.

Область КП складається з двох елементів: обслуговуючий вузол підтримки GPRS (SGSN) та шлюзовий вузол підтримки GPRS (GGSN). Перший діє як пакетний комутатор і маршрутизатор у домені PS базової мережі,

виконуючи функції управління мобільністю. Другий є шлюзом між системами маршрутизації пакетів IP у мережі UMTS та у стаціонарних мережах Інтернету.

2. Математична модель дослідження

Розглянемо коефіцієнт завантаження комірки мережі UMTS, який дозволяє кількісно оцінити рівень внутрішньо системних перешкод у каналах UMTS та в решті решт задати для конкретних умов допустиме завантаження мережі [3].

Співвідношення сигнал/шум для кожного користувача:

$$(E_b/N_0)_j = \frac{W}{u_j R_j} \cdot \frac{P_j}{P_{total} - P_j}, \quad (1)$$

де W - швидкість передачі, для UMTS $W=3,84$ Мчп/с, P_j - потужність сигналу, отриманого від j -го абонента, u_j - коефіцієнт активності j -го абонента ($u_j=0,67$ для мови з урахуванням 50%-ної активності та додаткових витрат на режим DTX, $u_j=1,0$ для передачі даних), R_j - бітова швидкість передачі даних для j -го абонента залежно від виду послуги, P_{total} - сумарна потужність, включаючи потужність теплового шуму базової станції.

Виразимо P_j з рівняння (1):

$$P_j = \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0)_j \cdot R_j \cdot u_j}} P_{total} \cdot (2)$$

Враховуючи, що $P_j = L_j \cdot P_{total}$, де L_j - коефіцієнт завантаження одного з'єднання, запишемо (2) у виді:

$$L_j = \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0)_j \cdot R_j \cdot u_j}} \cdot (3)$$

При такому підході важливу роль відіграє тепловий шум базової станції. Тому слід відняти його значення P_N від загального рівня сумарної потужності P_{total} . Тоді сумарна потужність однієї комірки, отримана від N користувачів, буде дорівнювати

$$P_{total} - P_N = \sum_{j=1}^N P_j = \sum_{j=1}^N L_j \cdot P_{total} \cdot (4)$$

Крім того, більш вагомим фактором є не окремі показники потужності, а їх відношення, що характеризує зростання теплового шуму:

$$\Delta = \frac{P_{total}}{P_N} = \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^N L_j} = \frac{1}{1 - \eta_{UL}} \quad (5)$$

де η_{UL} характеризує коефіцієнт завантаження комірки в напрямку від абонента (UpLink). Коли він становиться близьким до 1, то відповідне зростання теплового шуму прагне до безкінечності. Тому цей коефіцієнт має перебувати у певних оптимальних межах [4].

Врахуємо також у коефіцієнті завантаження комірки перешкоди від інших комірок (параметр i). Тоді остаточний вираз для η_{UL} матиме вид:

$$\eta_{UL} = (1+i) \sum_{j=1}^N L_j = (1+i) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0)_j R_j u_j}} \quad (6)$$

Коефіцієнт завантаження комірки в напрямку до абонента (DownLink) визначається аналогічно:

$$\eta_{DL} = \sum_{j=1}^N u_j \cdot \frac{(E_b/N_0)_j}{W/R_j} \cdot [(1-\alpha_j) + i_j], \quad (7)$$

де α_j - коефіцієнт ортогональності коду j -го каналу, що залежить від багатопроменевості у каналі [5].

3. Результати моделювання

Щоб досягти високого рівня якості функціонування інформаційно-комунікаційної мережі, необхідно здійснювати ретельне її планування і проводити оптимізацію основних параметрів до нових умов, які виникають в процесі експлуатації.

Для забезпечення високого рівня якості наданих послуг, оператори мобільних мереж постійно проводять моніторинг параметрів реальної системи, застосовують математичне і комп'ютерне моделювання.

Існує досить велика кількість прикладних пакетів, що дозволяють моделювати роботу телекомунікаційних мереж, як вузько-спеціалізованих, так і універсальних.

В даній статті мобільна мережа UMTS була побудована у програмному пакеті OPNET, що забезпечує комплексне моделювання телекомунікаційних мереж та розподілених систем. Середовище OPNET визначає три моделі для мобільних абонентів: прості мобільні станції (UMTS STATION), просунуті робочі станції (UMTS WKSTN) та сервери (UMTS SERVER).

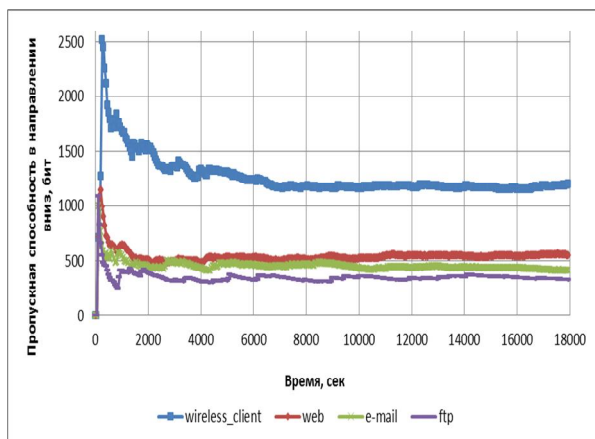


Рис. 2 – Пропускна здатність DownLink

Мобільна станція включає в себе прикладний рівень, RLC/MAC рівень, передатчик і приймач радіосигналів, антену та протоколи TCP(UDP)/IP.

Для коректного функціонування системи необхідно задати перелік додатків, які будуть використовувати мобільні абоненти. Для цього були створені додатково 2 об'єкта в OPNET: wireless profiles і wireless applications. Wireless applications створює перелік додатків, які будуть використовуватися в мобільній мережі. Wireless profiles створює типи абонентів, що використовують послуги мобільного мережі.

Для моделювання було створено чотири типи користувачів, що використовують чотири послуги у різних комбінаціях та з різними вимогами до якості обслуговування:

- wireless_client з послугами e-mail (Light), Web Browsing (Light), File Transfer (Light), Voice over IP Call (PCM Quality);
- WEB з послугами Web Browsing (Light);
- e-mail з послугами e-mail(Light);
- FTP з послугами File Transfer (Light).

Вимоги до якості обслуговування розглядалися як «легкі» (Light), тобто такі, що не висувають суворих вимог до середнього значення затримки та її джитеру, та вимоги каналного трафіку (PCM Quality), тобто такі, що забезпечують передачу у реальному часі.

При моделюванні у комірці мережі змінювались типи абонентів, що перебували в ній; моделювання здійснювалось для обмеженого інтервалу часу в 5 годин. Таким чином було отримано залежності зміни пропускної здатності для різних типів абонентів у напрямку від/до абонента (UpLink/DownLink), які зображені на рисунках 2 і 3 відповідно.

В результаті моделювання було отримано, що максимальна пропускна здатність виділяється для абонентів типу wireless_client. Це пояснюється тим, що ці абоненти одночасно можуть використовувати одразу декілька послуг: e-mail(Light), Web Browsing (Light), File Transfer (Light), Voice over IP Call (PCM Quality). Для абонентів, які використовують тільки web, пропускна здатність в напрямку DownLink складає приблизно 600 біт/с, в той час як для абонентів wireless_client вона дорівнює біля 1400 біт/с. Найменш вимогливими до пропускної здатності комірці виявились користувачі ftp. Для них була виділена пропускна здатність у 350 біт/с.

У напрямку UpLink загальна пропускна здатність веде себе дещо інакше. Користувачі e-mail виявились найменш вимогливими до пропускної здатності: 180 біт/с їм було достатньо на відміну від напрямку DownLink.

Також було досліджено вплив кількості абонентів мережі на загальну середню пропускну здатність комірці. До певного порогу із збільшенням кількості користувачів в мережі збільшується пропускна здатність комірці. В даному випадку був обраний тип абонентів – wireless_client. Максимальна кількість абонентів, які одночасно використовують послуги web, e-mail і ftp в комірці –50. Для кількості абонентів 6, 15, 20, 33 виділяється приблизно однакова середня пропускна здатність на всьому часовому проміжку. При зростанні користувачів до 50 спостерігається різке зменшення пропускної здатності. Причиною такої тенденції є неможливість обробки контролером базової станції запитів, що надходять від абонентів, розташованих у розглянутій в моделі комірці мережі.

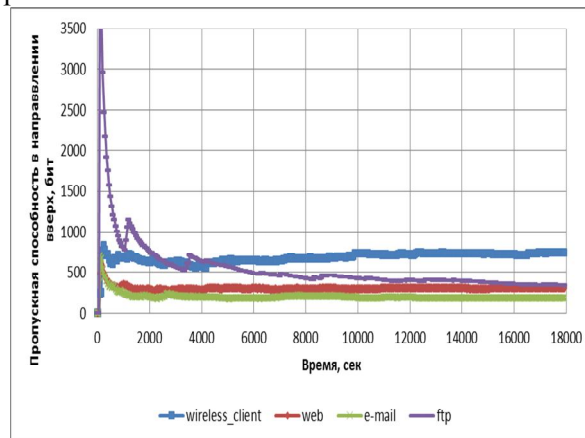


Рис. 3 – Пропускна здатність UpLink

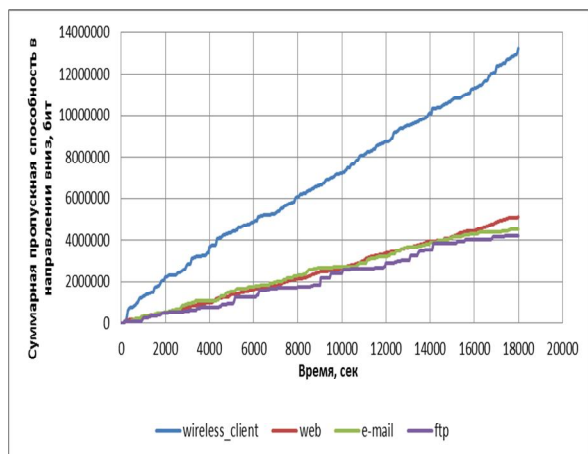


Рис. 4 – Сумарна пропускна здатність DownLink

Повна картина впливу послуг на пропускну здатність мережі радіо доступу UTRAN приведена на рисунках 4 і 5, які віддзеркалюють залежність сумарної пропускної здатності комірки при різній кількості користувачів у напрямках від/до абонента (UpLink/ DownLink) відповідно.

При аналізі отриманих залежностей видно, що збільшення кількості користувачів, які потребують послуг з «легкими» вимогами до якості обслуговування (WEB, e-mail, FTP) не так суттєво впливає на зростання сумарної пропускної здатності комірки, як зростання абонентів, що генерують трафік реального часу (Voice over IP Call).

Таким чином, результати моделювання свідчать, що на рівні мережі радіодоступу UTRAN тенденція значень пропускної здатності для різних типів послуг лишається незмінною. Це пояснюється принципами побудови мережі UMTS, які розділяють фізичну реалізацію окремих мережних блоків та формування функціональних зв'язків між ними.

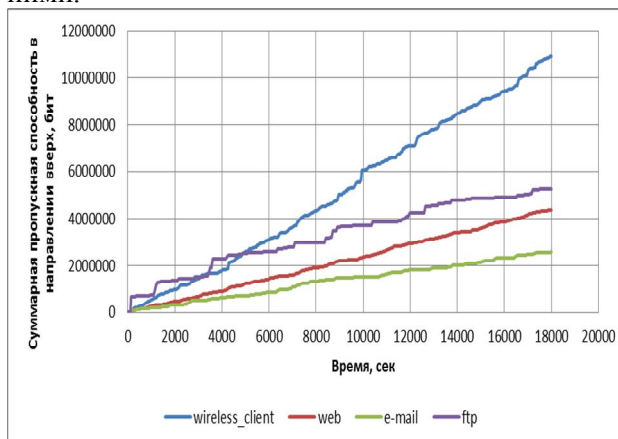


Рис. 5 – Сумарна пропускна здатність UpLink

Висновки

В статті розглянуто актуальну проблему аналізу пропускної здатності комірки мережі радіодоступу UTRAN стандарту UMTS. Грунтуючись на глибокому аналізі принципів функціонування мереж мобільного зв'язку третього покоління, було запропоновано математичну модель для коефіцієнту завантаженості комірки. Досліджено вплив різних видів послуг на пропускну здатність комірки та виділено найбільш вимогливі абоненти щодо зазначеного показника

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кааранен Х. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы / Х. Кааранен, А. Ахтиайнен, Л. Лаитинен, С. Найян, В. Ниemi. - М.: Техносфера, 2008 – 468 с.
2. Гельгор А.Л. Сотовые сети мобильной связи стандарта UMTS: учеб. пособие / Гельгор А.Л., Попов Е.А. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. — 227 с.
3. Воропаева В. Я., Красикова А. С. Получение оптимальных значений коэффициента загрузки ячейки с учетом особенностей энергетических соотношений HSDPA // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 23 (201). - Донецьк-2012. – 209 с.
4. Воропаева В.Я., Красикова А.С. Минимизация коэффициента загрузки ячейки радиointерфейса High-Speed Downlink Packet Access // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ - 2012»: Севастополь: СевНТУ, 2012. — 506 арк.
5. Holma H., al. WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications, 2nd ed. West Sussex, England: John Wiley and Sons Inc., 2002

V.Y. Voropaeva. **Analysis of the Carrying Capacity Cell Radio Access Network UTRAN in UMTS Standard.**

В.Я. Воропаева. **Анализ пропускной способности ячейки сети радиодоступа UTRAN стандарта UMTS.**

В статье приведен анализ принципов функционирования сетей мобильной связи 3-го поколения. Предложена математическая модель для исследования пропускной способности ячейки сети радиодоступа UTRAN стандарта UMTS. Автор исследует влияние разных видов услуг на пропускную способность ячейки и выделяет наиболее требовательных абонентов по этому показателю.

