

С. О. Кравчук, д.т.н., Д. А. Міночкін, к.т.н.

Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «КПІ»

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ СУЧASНИХ СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

В роботі розглянуті методи горизонтальної передачі обслуговування в сучасних системах стільникового зв'язку, зроблена їх класифікація. Проведено аналіз основних алгоритмів горизонтальної передачі обслуговування, виявлені їх переваги та недоліки. Показано, що незважаючи на їх велику кількість всі вони мають суттєві недоліки та потребують вдосконалення.

Ключові слова: стільниковий зв'язок, горизонтальна передача обслуговування.

Вступ

Однією з найважливіших властивостей територіально розподіленої системи радіодоступу є можливість підтримки в ній мобільності абонентських терміналів (AT) або мобільних терміналів (MT) по відношенню до обслуговуючих їх точок доступу базових станцій БС.

Аналіз методів горизонтальної передачі обслуговування систем. Класифікація і постановка задач

Через комірчасту структуру побудови територіально-розподілених систем радіодоступу, наприклад, стільникового рухомого зв'язку, абонент постійно переміщається з одного територіального осередку (стільника), що обслуговується однією точкою доступу, до іншого територіального осередку, що обслуговується іншою точкою доступу. Процедура підтримки безперервності обслуговування абонентського терміналу при такому переході між стільниками (осередками) і називається

передачею обслуговування (ПОб), або в англомовній інтерпретації хандовер (handoff або handover). ПОб – це процес зміни каналу (частоти, часового слоту, коду розширення або їх комбінації), пов'язаний із забезпеченням безперервності з'єднання [1]. ПОб є критичним параметром у розв'язанні задач мобільного управління ресурсами для підтримки користувачкої рухомості так, щоб зберігалися рівень обслуговування GoS (gradeofservice) і якість обслуговування QoS (qualityofservice) з'єднання. Тому, для подальших досліджень та розробки нових алгоритмів мобільного управління ресурсами важливо провести класифікацію методів ПОб та аналіз її основних алгоритмів.

В основу класифікації ПОб можуть бути покладені кілька факторів, такі як тип мережі або внутрішніх мережніх елементів, кількість активних сполучень і види трафіку, які підтримують мережу. Така класифікація наведена на рис. 1.

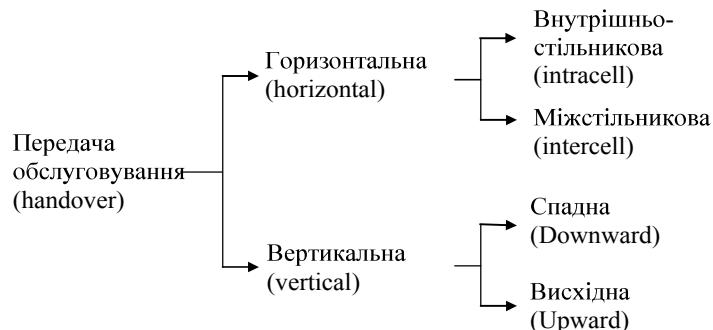


Рисунок 1 – Класифікація типів ПОб

ПОб може бути горизонтальною або вертикальною залежно від того, чи має місце ПОб між ме-

режими інтерфейсами одного типу або різними мережними інтерфейсами, відповідно. Горизонта-

льна ПОБ в стільникових мережах зазвичай широко класифікується двома видами: внутрішньо стільниковим і міжстільниковим. Внутрішньо стільникова ПОБ має місце, коли користувач, який рухається всередині стільника, змінює радіоканали для мінімізації міжканальних завад в зоні обслуговування однієї БС. Міжстільникова ПОБ проводиться тоді, коли МС рухається до сусіднього стільника і відповідно всі з'єднання цієї МС повинні бути переключені до нової сусідньої БС [2].

ПОБ може також бути класифікована на жорстку і м'яку [3] в залежності від того, яким чином БС обслуговує МС в критичний період виконання ПОБ і чи є при цьому з'єднання користувача з більш ніж однією БС.

У разі жорсткої ПОБ в один момент часу МС обслуговується тільки однією БС. Встановлення зв'язку з новою БС здійснюється тільки після роз'єднання з обслуговуючою БС. При жорсткій ПОБ надмірне переривання з'єднання може збільшити коефіцієнт втрати викликів. Жорстка ПОБ використовується такими системами як GSM і GPRS, де застосовуються багатостанційні методи доступу TDMA і FDMA. Жорстка ПОБ є також обов'язковим методом для виконання ПОБ в технології WiMAX.

М'яка ПОБ може використовуватися для збільшення часу, необхідного для прийняття рішення на ПОБ без втрати QoS. Однак, так як дані передаються по всіх лініях зв'язку, то часта м'яка ПОБ може привести до додаткових передач даних. Стільникові системи CDMA використовують техніку м'якої ПОБ, засновану на можливості МС здійснювати зв'язок через більш ніж один кодовий канал, який придатний для зв'язку з більш ніж однією БС.

Горизонтальну ПОБ прийнято розділяти на чотири типи:

1. Зміна каналів у межах однієї базової станції.

2. Зміна каналу однієї базової станції на канал іншої станції, що знаходиться під управлінням того ж BSC/RNC.

3. Перемикання каналів між базовими станціями, контролюваними різними BSC/RNC, але одним MSC.

4. Перемикання каналів між базовими станціями, за які відповідають не тільки різні BSC/RNC, а й різні MSC.

У загальному випадку проведення ПОБ – завдання MSC. Але в двох перших випадках, які називають внутрішніми ПОБ, щоб знизити навантаження на комутатор і службові лінії зв'язку, процес зміни каналів управляється BSC/RNC, а MSC лише інформується про результат.

Останні два типи ПОБ називаються зовнішніми передачами з'єднання і обробляються MSC, які беруть участь в з'єднанні. Процедура горизонтальної ПОБ складається з наступних чотирьох фаз [4]:

1) Вимірювання. Протягом цієї фази проводяться вимірювання параметрів радіолінії між МС і БС (потужність прийнятого сигналу RSS (Received Signal Strength), відношення сигнал/захист SIR (Signal-to-Interference Ratio), вимірювання відстані, коефіцієнт бітової помилки BER (Bit Error Rate)).

2) Ініціалізація. Метою даної фази є прийняття рішення про необхідність проведення процесу ПОБ. Процес ПОБ буде проводитися кожного разу, коли якість прийнятого сигналу погіршується всередині стільника або між двома сусідніми стільниками.

3) Рішення/вибір. Метою даної фази є вибір нового каналу, прийнятого в якості діючого ресурсу. Процес прийняття рішення на ПОБ може бути централізованим і децентралізованим (тобто, рішення на ПОБ може бути прийняте МС, або мережею). З точки зору процесу рішення можна виділити принаймні три різних види рішень на ПОБ:

- ПОБ, яка керується мобільним терміналом МСНО (Mobile - Controlled Hand Off). При МСНО МС здійснює безперервний моніторинг сигналів прилеглих БС і оцінку рівнів інтерференції на всіх каналах. ПОБ може бути ініційована, якщо потужність сигналу обслуговуючої БС нижче порогового рівня, коли виклик може бути обслугований іншою БС. МС зажадає від цільової БС канал з найменшим рівнем інтерференції. Даний тип ПОБ має малий час відгуку (порядку 0,1 с).

- ПОБ, яка керується мережею NCHO (Network-Controlled Hand Off). При NCHO довколишні БС вимірюють сигнал від МС. Мережа ініціює процес ПОБ, коли мають місце кілька критеріїв ПОБ, а саме: рівень SIR і BER, які отримані в результаті вимірювань на попередній фазі.

- ПОБ при використанні допомоги МС МАНО (Mobile-Assisted Hand Off). При МАНО мережа вимагає від МС результати вимірювань сигналів, що надходять від довколишніх БС. Мережа формує рішення на ПОБ, ґрунтуючись на отриманих даних від МС.

4) Виконання. У цій фазі мережа дозволяє МС, яка має встановлений зв'язок з БС в одному із

стільників, передати цей зв'язок до іншого каналу або іншому стільнику. Протягом цієї фази, виконуються процедури встановлення сигналізації через радіо - і мережеві інтерфейси, а також аутентифікація, оновлення бази даних користувачів і мережева реконфігурація.

Управління процесом ПОБ в кожній його фазі здійснюється в залежності від того, який алгоритм ПОБ є основним в даній мережі. Алгоритми ПОБ можуть бути класифіковані в широкому сенсі на: алгоритми із встановленням пріоритетів (Prioritization Schemes) і без встановлення пріоритетів NPS (Non-PrioritizedSchemes). Алгоритми NPS, які використовуються в традиційних радіотехнологіях, не поділяють вихідні виклики абонентів та запити на ПОБ. Тому, будь-який вихідний дзвінок або запит на ПОБ будуть обслуговуватися до тих пір, поки є придатний канал в стільнику. Якщо ніякого вільного каналу не існує, то запит негайно блокується. Головним недоліком цього алгоритму є те, що за відсутності пріоритетності запитів на ПОБ над вихідними викликами ймовірність примусового закінчення зв'язку буде істотно вище ніж у разі наявності пріоритетів.

Так як ширина смуги безпроводової системи обмежена, то ефективною схемою ПОБ буде та, яка дозволить здійснювати більш високе використання пропускної здатності безпроводового канала, але в той же час зберігати QoS запитів на ПОБ,

здебільшого за допомогою мінімізації ймовірності блокування запитів, затримки на передачу і ймовірності переривання викликів. Проте всі ці вимоги не можуть бути виконані одночасно і спільно, тому постійно ведеться пошук компромісу між ними. З точки зору користувачів зупинка виклику, що триває, є більш прикрою, ніж блокування нових викликів [5]. Отже, блокування ПОБ і ймовірність примусової зупинки повинні бути мінімізовані. Для досягнення реалізації цих вимог були розроблені ряд алгоритмів ПОБ з призначенням пріоритету.

Алгоритми ПОБ з встановленням пріоритетів забезпечують поліпшені характеристики ПОБ, але при цьому знижується загально допустимий трафік і збільшується ймовірність блокування нових викликів.

Тому, існує ряд алгоритмів ПОБ із встановленням пріоритетів, які підтримують різні сервіси та вимоги до різномірного трафіку. Алгоритми ПОБ зі встановленням пріоритетів можуть бути надалі класифіковані на: каналне резервування (Channel Reservation), створення черг при ПОБ (Handoff Queueing), каналне переведення (Channel Transfer), алгоритми підрейтингів (Sub Rating), генетичні алгоритми (Genetic) і гіbridні алгоритми (Hybrid), як показано на рис. 2.

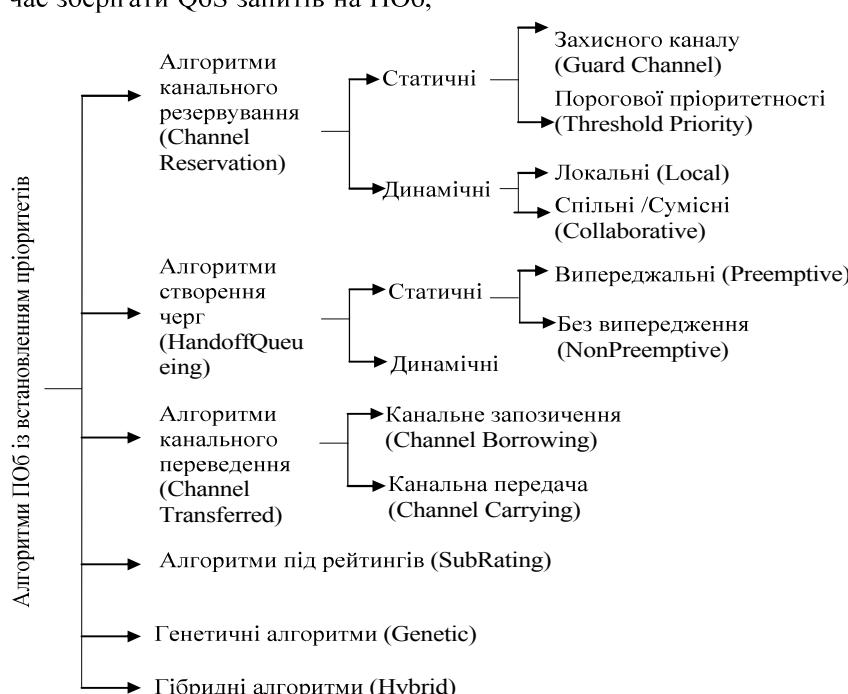


Рисунок 2 – Класифікація схем ПОБ із встановленням пріоритетів

Алгоритми резервування каналу

Статичні алгоритми резервування каналу

SCRS (Static Channel Reservation Schemes). У SCRS встановлюються фіксовані пороги, щоб гарантувати, що наявні ресурси будуть розподілені на запити ПОб і будуть виконані вимоги по його обслуговуванню. SCRS, в свою чергу, можуть бути розділені на алгоритми захисного каналу GCS (Guard Channel Schemes) і порогового пріоритету TPS (Threshold Priority Schemes) (рис. 2).

TPS або алгоритми обмеження нових викликів NCBS (NewCall Bounding Schemes) [6] забезпечують пріоритетність викликам ПОб залишаючи обмеження певної кількості нових викликів до системи за допомогою установки порога. Якщо кількість нових викликів, що приходять в стільник, перевищує поріг, то новий виклик блокується. Запит ПОб відхиляється тільки тоді, коли в системі немає придатних каналів для нього. Ця схема добре працює в умовах високого навантаження.

З іншого боку в GCS певна кількість каналів резервується для пріоритетних запитів ПОб. решта каналів розподіляються порівну між новими викликами і запитами ПОб.

В алгоритмах динамічного канального резервування DCRS (Dynamic Channel Reservation Schemes) кожна БС динамічно адаптує каналі, відведені для запитів на ПОб, на основі зміни системних параметрів (наприклад, вид трафіку, положення користувачів). У порівнянні з фіксованою схемою це дозволяє БС наблизено зарезервувати наявні ресурси і, таким чином, бути готовим до приймання все нових і нових запитів на підключення.

Алгоритми динамічного резервування DCRS можуть бути поділені на місцеві або локальні і розподілені [7] залежно від того, яким чином вони отримують необхідну інформацію для зміни параметрів системи: локальна інформація від обслуговуючої БС або інформація отримується від сусідніх БС.

Локальні алгоритми канального резервування LCRS (Local Channel Reservation Schemes) регулюють кількість зарезервованих каналів відповідно до зміни параметрів системи (наприклад, поточного зниження швидкості ПОб, зміни умов передачі трафіку і положення користувачів), використовуючи при цьому тільки локально доступну інформацію.

Для того, щоб застосувати динамічний підхід в багатокористувальському середовищі обслуговування, було запропоновано алгоритм динамічного захисного каналу DGCS (Dynamic Guard Channel Scheme) [8]. В цьому алгоритмі, певна

кількість каналів зарезервовано для надання пріоритетних послуг. Канальний поріг кожної з послуг динамічно змінюється в залежності від навантаження. Алгоритми спільногого канального резервування CCRS (Collaborative Channel Reservation Schemes), з іншого боку, визначають кількість зарезервованих каналів на основі обміну інформацією з БС, або прогнозуванні мобільності і місце положення, завдяки інформації про використання ресурсів у сусідніх стільниках.

Алгоритми створення черг при ПОб. Алгоритми створення черг при ПОб HQS (Handoff Queueing Schemes) дозволяють або вибудувати ПОб в чергу, або вибудувати в чергу і нові виклики і запити на ПОб. Це можливо внаслідок наявності певного часу проведення мобільного користувача у області, що є перекриттям сусідніх стільників і яка називається областю ПОб. Якщо МС в області ПОб і стільник призначення не мають вільних каналів, то МС зберігає свій зв'язок із вихідним стільником. Запит ПОб стає в чергу і буде відправлений до БС стільника призначення коли з'явиться вільний канал. Алгоритми черг є ефективними тільки тоді, коли запити на ПОб прибувають в групах і трафік є низьким, а у випадку, коли запити ПОб подаються рівномірно - черги не потрібні.

Алгоритми ПОб з канальним переведенням. Ключовою особливістю алгоритмів ПОб з канальним переведенням CTHS (Channel Transferred Handoff Schemes) є те, що у випадку, коли немає доступних каналів для розміщення запиту на ПОб, від сусіднього стільника для цього може бути переданий вільний канал.

Алгоритми підрейтингу SRS (Sub Rating Schemes) зменшують смугу пропускання існуючих викликів для того, щоб прийняти більше запитів на ПОб. Тобто, деякі поточні виклики можуть бути примусово завершені або діяти в рамках усіченого режиму, щоб вмістити більше запитів на ПОб в перевантаженій системі [9]. Застосовуючи цей алгоритм, одна половина вихідного каналу може бути використана, щоб обслуговувати існуюче з'єднання, а інша – запити на ПОб, так щоб примусове завершення викликів могло бути практично виключене. Слід зазначити, що механізм Sub Rating каналів активується тільки тоді, коли всі канали зайняті але є потреба в передачі запиту на ПОб. Коли такий половинний канал звільняється, то відновлюється оригінальний канал з повним рейтингом. Алгоритм SRS знижує ймовірність блокування запитів на ПОб і ймовірність примусового завершення викликів за рахунок зменшення інформаційної складової пропускної здатності системі.

Гібридні алгоритми ПОб HHS (Hybrid Handoff Schemes) є комбінаціями всіх приведених алгоритмів. Ключова ідея полягає в об'єднанні різних політик пріоритетизації в цілях подальшого зниження ймовірності блокування або поліпшення використання каналу [10]. Завдяки цьому можна стверджувати, що проведено сучасну класифікацію горизонтальної ПОб на додаток до виконаної раніше вертикальної [11].

Висновки

В роботі було проведено класифікацію горизонтальної ПОб, а також аналіз основних алгоритмів прийняття рішення про передачу обслуговування, виявлено їх основні переваги та недоліки. Показано, що, незважаючи на їх велику кількість, всі вони мають суттєві недоліки та потребують вдосконалення.

Список використаних джерел

1. Кравчук С. А. Состояние и направления развития процедур передачи обслуживания в сотовых системах мобильной связи // Матер. 23 й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013). Севастополь, 8 – 13 сентября 2013 г. – Севастополь. Вебер, 2013. – С. 279 – 280.
2. Mobility SuPort in IP: A Survey of Related Protocols / D. Saha, A. Mukherjee, I.S. Misra, M. Chakaraborty // IEEE Network, Vol. 8, no. 6, 2004, P. 34 – 40.
3. Mobility Management in Current and Future Communications Networks / I. F. Akyildiz, J. McNair, J. Ho, H. Uzunalioglu, and W. Wang // IEEE Network, Vol. 12, no. 4, 1998, P. 39 – 49.
4. Verdone R., Zanella A. Performance of Received Power and Traffic-Driven handover algo-

rithms in Urban Cellular Networks // IEEE Wireless Commun., Vol. 9, no. 1, 2002, P. 60 – 71.

5. Diederich J., Zitterbart M. Handoff Prioritization Schemes Using Early Blocking // IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol. 7, no. 2, 2005, P. 26 – 45.

6. Fang Y., Zhang Y. Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks // IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 51, no. 2, 2002, P. 371 – 382.

7. Ghaderi M., Boutaba R. Call Admission Control in Mobile Cellular Networks: A Comprehensive Survey // Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 6, no. 1, 2005, P. 69 – 93.

8. Dynamic handoff scheme in differentiated QoS wireless multimedia networks / Y. Wei, C. Lin, F. Ren, R. Raad, and E. Dutkiewicz // Computer Communications, Vol. 27, no. 10, 2004, P. 1001 – 1011.

9. Proportional degradation services in wireless / mobile adaptive multimedia networks / Y. Xiao, H. Li, C. L. Philip Chen, B. Wang, and Y. Pan // Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 5, no. 2, 2005, P. 219 – 243.

10. Cruz-Perez F. A., Ortigoza-Guerrero L. Flexible Resource Allocation Strategies for Class-Based QoS Provision in Mobile Networks // IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 53, no. 3, 2004, P. 805 – 819.

11. Кравчук С. О. Класифікація методів вертикальної передачі обслуговування / С. О. Кравчук, Д. А. Міночкин // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип.12(137). – С. 38 – 40.

Надійшла до редакції 23.10.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С. В., Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ.

С. А. Кравчук, д.т.н., Д. А. Миночкин, к.т.н.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНО ПЕРЕДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ СОТОВОЙ СВЯЗИ

В работе рассмотрены методы горизонтальной передачи обслуживания в современных системах сотовой связи, сделана их классификация. Проведен анализ основных алгоритмов горизонтальной передачи обслуживания, выявлены их преимущества и недостатки. Показано, что, несмотря на их большое количество, все они имеют существенные недостатки и нуждаются в совершенствовании.

Ключевые слова: сотовая связь, горизонтальная передача обслуживания.

S. O. Kravchuk, ScD, D. A. Minochkin, Ph.D

CLASSIFICATION OF HORIZONTAL TRANSMISSION SERVICE IN A MODERN CELLULAR COMMUNICATIONS SYSTEM

The paper discusses methods of horizontal handover in modern cellular systems, made their classification. The analysis of the basic algorithms horizontal handover, identified their advantages and disadvantages. It is shown that in spite of their large number, they all have significant drawbacks and need to be improved.

Keywords: cellular, horizontal handover.

УДК 006.91-027.21

А. О. Стопакевич, к.т.н.

Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова, м. Одеса

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИУС

Решена задача моделирования случайного процесса изменения погрешности датчика температуры при непрерывном съеме показаний в цифровой информационно-управляющей системе. На примере системы управления теплообменником показано, что учет погрешности датчика температуры при моделировании позволяет более точно оценивать качество управления.

Ключевые слова: погрешность, датчик, термометр сопротивления, моделирование, качество, система управления.

Постановка проблемы. Развитие информационно-управляющих систем (ИУС) и переход на технологию сенсорных сетей, в которых все элементы системы соединены с компьютером с помощью специального компьютерного интерфейса, не вносящего дополнительных погрешностей, ставит проблему моделирования систем, в которых необходимо производить высокоточное измерение и управление. В рамках рассматриваемой проблемы выделим задачу моделирования случайного процесса изменения погрешности датчика при непрерывном съеме показаний в цифровой системе автоматического управления (САУ). В статье решается указанная задача для САУ температуры с использованием платинового термометра сопротивления класса А.

Анализ литературы. Задача измерения температуры с помощью термометров сопротивления исследована во множестве литературных источников. В первую очередь основные требования к термометрам описаны в стандарте [1]. Далее, погрешности подробно исследованы, например, в литературных источниках [2 – 6]. Анализ литературы показывает, что, хотя погрешности датчиков в значительной степени исследованы и нормированы, моделирование случайного процесса изменения погрешности датчика в процессе непрерывного съема показаний в цифровой ИУС исследовано недостаточно.

Моделирование функционирования датчика температуры. В соответствии со стандартом [1] максимальная погрешность термометра сопротивлений определяется классом допуска. Для платинового термометра сопротивлений класса допуска А, максимальная погрешность измерения температуры определяется по формуле:

$$t_{ME} = \pm(0,15 + 0,002|t|),$$

где $|t|$ – модуль температуры, $^{\circ}\text{C}$; t_{ME} – максимальная погрешность измерения при заданной температуре.

Погрешность измерений температуры в процессе функционирования САУ является стационарным случайным процессом с нормальным распределением вероятности. Параметрами такого случайногого процесса является среднеквадратическое отклонение и математическое ожидание погрешности. Поскольку для термометра сопротивления систематическая погрешность не нормирована, математическое ожидание погрешности равно нулю. Тогда, приняв по рекомендации [7] доверительную вероятность, равную 95%, определим, что среднеквадратическое