

-
- навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів» / Богомья В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тихонов І.В. // Київ: «Компас», 2012. – 336 с.
2. Драчев В.Н. Учет циркуляции при плавании в стесненных районах. – Монография. –ВМГУ. Владивосток.– 2008. – 104 с.
 3. Зубарев В.Л. О пропускной способности фарватера. Труды ЦЕЭДИМФ "Судовождение и связь", вып.269, 1982.
 4. Мальцев А.С. Информация капитану о маневренных характеристиках судна. // Морской транспорт. Сер. Безопасность мореплавания / Экспресс-информация–М.: В/О МТИР, 1997.– Вып.12 (331). – С.1–8.
 5. Мальцев А.С., Тюпиков Е.Е., Ворохобин И.И. Маневрирование судов при расхождении: 3-е издание. – издательство «ТЕС», 2013. – 304 с.
 6. Снопков В. И. Управление судном: Учеб. для вузов – СПб.: «Профессионал», 2004 – 535 с.
 7. Удалов В.И. Управление крупнотоннажными судами.- М., Транспорт, 1986 – 228 с.
 8. Резолюция MSC.137(176), СТАНДАРТЫ МАНЕВРЕННЫХ КАЧЕСТВ СУДОВ, принята 5 декабря 2002 г.

Bohomya V., Davydov V. , Kozhuharenko R.

ANALYSIS SYSTEM PROPERTIES OF LARGE VESSELS IN CRITICAL CONDITIONS.

The article gives a brief analysis of the number of accidents in the world merchant fleet, as well as system properties of large vessels, methods and systems to ensure the safety of navigation in the cramped conditions of navigation. The substantiation of the need for large vessels to new approaches to high-precision positioning of their coordinates using global navigation satellite systems. Propose a way to solve navigation tasks to ensure the safe navigation of large vessels sailing in cramped conditions.

Keywords: ship, safe navigation, maneuvering characteristics, circulation, cramped conditions of navigation.

УДК 621.39 (075.8)

Габрусенко Е.И., Тараненко А.Г., Терентьева И.Е.

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КЛАСТЕРА В СОТОВЫХ СИСТЕМАХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

В статье рассматривается сотовая система мобильной связи, в которой ограниченный канальный ресурс распределяется между базовыми станциями. Показано, что уменьшение внутриканальных помех достигается при увеличении числа сот в кластере или за счет деления сот на секторы. Для сотовой системы с кодовым разделением каналов приведены рекомендации по выбору интервала поиска многолучевых копий, что повышает помехоустойчивость обработки сообщений.

Ключевые слова: Мобильная связь, сотовая система, кластер, распределение каналов, внутриканальные помехи, многолучевое распространение, корреляционный прием, автокорреляционная функция.

Оптимальное построение сотовых систем мобильной связи нового поколения является актуальной проблемой, поскольку от ее решения во многом зависит качество предоставления услуг, как на транспорте, так и для частных абонентов. В процессе проектирования сотовых систем необходимо решать задачу распределения ограниченного канального

ресурса между базовыми станциями. Такое распределение позволяет предоставлять услуги мобильной связи заданному числу абонентов на большой территории.

Актуальность работы обусловлена тем, что мобильная связь представляет собой современный вид телекоммуникаций, который характеризуется непрерывным ростом числа абонентов. При этом определяющим фактором развития сотовых систем является устойчивый спрос на высокоскоростные мультимедийные услуги. В свою очередь, такие услуги требуют эффективного использования канального ресурса, выделенного мобильному оператору.

Анализ публикаций показывает, что традиционный и обоснованный подход к решению вышеуказанной задачи состоит в распределении канального ресурса в пределах кластера, а существующие методики позволяют выполнить территориальное планирование зон обслуживания [1, 2, 3]. В то же время требуют дополнительной проработки вопросы, связанные с особенностями обработки радиосигналов при различных видах разделения каналов связи между базовыми и мобильными станциями.

Цель настоящей работы состоит в обобщении методик расчета кластера в сотовых системах с различными видами разделения каналов связи в радиointерфейсе между базовыми и мобильными станциями. Новизна исследования заключается в том, что в процессе расчета дополнительно учитываются особенности многолучевого распространения радиоволн в сотах различного размера.

Канальный ресурс, который распределяется между базовыми станциями в сотовой системе, может быть с частотным или кодовым разделением каналов, а его распределение проводится в пределах кластера. В сотовой системе кластером называется группа из N сот, в которой каналы связи между базовыми и мобильными станциями используются однократно в полном наборе и должны быть разными в соседних сотах [1]. Согласно другому определению, размер кластера равен числу базовых станций, работающих с заданным уровнем взаимных интерференционных помех [3]. Кластер минимального размера, содержащий три соты, представлен на рис.1, где $p_i, i=1, N$ - это параметры, характеризующие вид используемого канального ресурса.

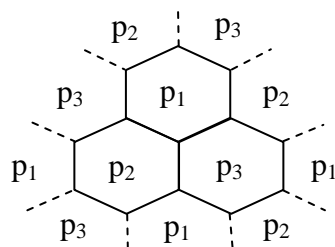


Рис.1. Кластер при $N=3$

Аппроксимация формы соты правильным шестиугольником обеспечивает простоту расчетов в процессе предварительного проектирования зоны обслуживания. Отметим, что при увеличении N уменьшается интерференция радиосигналов базовых станций, расположенных в сотах с одинаковыми параметрами p_i , а пространственный разнос таких сот позволяет системе обслуживать большое число мобильных абонентов при ограниченном канальном ресурсе.

Рассмотрим особенности расчета характеристик кластера в сотовых системах с частотным и кодовым разделением каналов связи в радиointерфейсе. К системам первого типа относятся, например GSM и DECT, для которых параметры p_i являются частотами радиосигналов [1, 2]. Примерами систем второго типа являются UMTS и cdma2000, в которых параметры p_i отождествляются либо с кодами, индивидуальными для каждой соты, либо с индивидуальными сдвигами во времени одного и того же кода [3, 4].

Существует достаточно простая методика расчета кластера, согласно которой его размер определяется заданным уровнем внутриканальных помех [1]. Такими помехами называются

взаимные интерференционные помехи базовых станций, расположенных в разных кластерах в сотах с одинаковыми каналами связи в радиоинтерфейсе. Для случая аппроксимации формы соты и кластера правильным шестиугольником получена формула для расчета расстояния D между центрами двух соседних аппроксимированных кластеров при условии, что площадь каждого из них равна суммарной площади N сот

$$D = R\sqrt{3N} , \quad (1)$$

где R - это расстояние в соте от центра шестиугольника до его вершины.

В качестве коэффициента ослабления внутриканальных помех принимается величина

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N} . \quad (2)$$

Действительно, такие помехи уменьшаются:

1) при увеличении расстояния D , что требует увеличения числа сот N при условии сохранении размера соты R ,

2) при уменьшении размера соты R , что также требует увеличения числа сот N при условии сохранения расстояния D .

Расстояние D определяется требуемым отношением мощности сигнала к мощности внутриканальной помехи, которое равно

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{j=1}^K I_j} , \quad (3)$$

где K - это количество базовых станций, влияющих друг на друга, I_j - это мощность помех от одной базовой станции. При условии равенства таких помех далее применяется эмпирическая формула

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{KD^{-\gamma}} = \frac{Q^\gamma}{K} , \quad (4)$$

где значение γ зависит от условий распространения радиоволн (в свободном пространстве $\gamma = 2$, при многолучевом распространении $\gamma = 2 \dots 5,5$).

С учетом формул (2) и (4) коэффициент ослабления равен

$$Q = \sqrt{3N} = \left(K \frac{S}{I}\right)^{\frac{1}{\gamma}} . \quad (5)$$

Полученное выражение позволяет определить размер кластера при заданных других величинах, или решать обратные задачи.

Например, для кластера размером $N=7$ максимально возможное значение $K=6$, т.к. одинаковые каналы связи используются в данной соте и в шести сотах соседних кластеров. Тогда, принимая $\gamma = 2$, из формулы (5) получим $(S/I)=3,5$. Такая оценка позволяет перейти к обоснованию требований к параметрам радиотрактов оборудования, выбору видов модуляции, помехоустойчивых кодов, и т.д.

Рассмотренная методика является приближенной, поэтому фактический коэффициент ослабления в реальных условиях может оказаться недостаточным. На практике применяются два основных метода повышения этого коэффициента.

Первый метод состоит в увеличении количества сот в кластере, однако при этом уменьшается количество каналов связи, доступных в каждой соте. Например, если общее число каналов, выделенных мобильному оператору, равно 24, то при $N=3$ в каждой соте используются $24/N=8$ каналов. При $N=4$ используются 6 каналов, что приводит к уменьшению количества абонентов, одновременно обслуживаемых в соте.

Второй метод заключается в разделении сот на секторы и использовании на базовых станциях антенн с шириной диаграммы направленности в горизонтальной плоскости 120° или 60° , при этом каналы связи в соседних секторах, также, как и в соседних сотах, должны быть разными. Данный метод требует усложнения оборудования базовых станций.

В сотовых системах с кодовым разделением каналов существует взаимосвязь размеров сот и кластеров с эффектами многолучевого распространения радиоволн. Для примера рассмотрим такую зависимость применительно к системе по стандарту IS-95 [3, 4].

В этой системе каждая базовая станция передает в радиointерфейс так называемый пилотный сигнал, который является широкополосным, т.е. адресованным всем мобильным станциям в соте. Этот сигнал формируется путем квадратурной фазовой модуляции высокочастотного сигнала цифровым сигналом, который называется также коротким кодом и представляет собой две разные ортогональные псевдослучайные последовательности с периодом $26,67\text{ мс}$ и длиной по 2^{15} двоичных символов (чипов). Короткий код при передаче пилотного сигнала базовой станцией может сдвигаться относительно условного начала отсчета времени t_0 . Дискретность сдвига составляет 64 чипа, поэтому существуют $2^{15}/64=512$ вариантов таких сдвигов, показанных на рис.2, где длина каждого блока s_0, s_1, \dots, s_{511} цифровых символов составляет 64 чипа.



Рис.2. Сдвиги короткого кода

Принцип построения кластера в рассматриваемой системе состоит в том, что базовые станции в разных сотах передают пилотные сигналы на одной и той же частоте, но с разными сдвигами короткого кода. Очевидно, что теоретический предел размера кластера составляет 512 сот. Для сравнения, такой предел для систем GSM900, EGSM900 и GSM1800, исходя из общего количества частотных каналов в этих системах, равен соответственно 124, 174 и 374 соты.

На всех базовых станциях необходимо постоянно поддерживать синхронность сдвигов коротких кодов. Для этого сотовая система использует внешний источник сигналов точного времени, которым служит глобальная система спутниковой навигации. Условным началом отсчета времени t_0 для коротких кодов является каждая четная секунда, поэтому за время между соседними четными секундами код повторяется 75 раз.

Принимая пилотный сигнал, мобильная станция синхронизируется с базовой станцией. В процессе поиска этого сигнала корреляционный приемник мобильной станции формирует пик автокорреляционной функции (АКФ), которая определяется выражением

$$E(t, \tau) = \frac{1}{T} \int u(t)u(t + \tau)dt, \quad (6)$$

где T - это длительность чипа, $u(t)$ - это принятый короткий код, $u(t+\tau)$ - это эталонная копия передаваемого короткого кода, которая известна в приемнике и сдвинута на время τ относительно кода $u(t)$.

Если мобильная станция принимает несколько пилотных сигналов разных базовых станций с разными сдвигами короткого кода, то синхронизация проводится по сигналу с наибольшей мощностью. При этом корреляционный приемник мобильной станции формирует несколько пиков АКФ, разнесенных во времени вследствие разных сдвигов короткого кода, и выбирает один пик с максимальной амплитудой.

Однако пики АКФ могут формироваться не только при приеме нескольких пилотных сигналов разных базовых станций, но также при приеме многолучевых копий пилотного сигнала одной базовой станции. С целью повышения качества приема эти копии необходимо выделять для дальнейшей совместной обработки. Поясним предлагаемый метод такого выделения при следующих условиях:

1) мобильная станция принимает пилотные сигналы двух базовых станций, которые находятся на расстояниях R_1 и R_2 , отличающихся на величину ΔR , вследствие чего пики АКФ E_1 и E_2 имеют разную амплитуду;

2) короткий код второй базовой станции сдвинут, т.е. передается с запаздыванием, относительно короткого кода первой базовой станции на минимальное время $64T$.

При $R_1 < R_2$ логично принять, что $E_1 > E_2$, при этом мобильная станция синхронизируется с первой базовой станцией. Тогда в корреляционном приемнике мобильной станции пик E_2 появляется после пика E_1 через время Δt , учитывающее сдвиг короткого кода и разность задержек пилотных сигналов в радиointерфейсе

$$\Delta t = 64T + \frac{\Delta R}{c} = 64 \frac{26.67 \times 10^{-3}}{2^{15}} + \frac{\Delta R}{c} \approx 50 \text{ мкс} + \frac{\Delta R}{c} > 50 \text{ мкс}, \quad (7)$$

где $c \approx 3 \times 10^8 \text{ м/с}$ - это скорость распространения радиоволн.

Из выражения (7) с учетом вышеуказанного второго условия следует, что пики АКФ пилотных сигналов других базовых станций в интервале Δt появиться не могут. Следовательно, без учета заранее неизвестной разницы расстояний ΔR , поиск многолучевых копий пилотного сигнала выбранной базовой станции должен проводиться в пределах интервала, не превышающего 50 мкс . За пределами этого интервала пики АКФ от многолучевых копий и от пилотных сигналов других базовых станций различить невозможно.

За время $64T$ радиосигнал проходит путь $64Tc \approx 15 \text{ км}$. В реальных условиях сотовой связи длина отраженных лучей от R_i до $(R_i + 15 \text{ км})$ вполне достаточна для уверенного приема нескольких копий пилотного сигнала. Такой прием выполняется в многоканальном корреляционном приемнике мобильной станции.

Таким образом, в рассмотренной сотовой системе многолучевое распространение радиоволн не оказывает негативного влияния на качество приема в относительно небольших сотах. Однако, в сотах большого размера, где длина отраженных лучей может превысить значение $(R_i + 15 \text{ км})$, временной интервал поиска многолучевых копий пилотного сигнала целесообразно ограничить значением 50 мкс . Оптимизация интервала поиска многолучевых копий позволяет повысить помехоустойчивость обработки радиосигналов в приемниках базовых и мобильных станций.

Полученный результат применим для сотовых систем с кодовым разделением каналов связи, в которых каналный ресурс в кластере распределяется по принципу индивидуального сдвига во времени одного и того же кода. К перспективным системам такого типа в настоящее время относится система CDMA2000.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Весоловский К.* Системы подвижной радиосвязи / К. Весоловский // - М.: Горячая линия-Телеком, 2006. - 536с.
2. *Попов В.И.* Основы сотовой связи стандарта GSM/ В.И. Попов // - М.: Эко-Трендз, 2005. - 296с.

-
3. Системы связи с кодовым разделением каналов / В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, А.Н. Никитин, М.А. Сиверс // - СПб.: СПбГУТ, 1999. - 120с.
4. Системы зв'язку з рухомими об'єктами / С.О. Кравчук, О.Г. Голубничий, А.Г. Тараненко, В.Г. Потапов, О.П. Ткаліч // - К.: Спринт-Сервіс, 2012. - 452с.

Gabrusenko E.I., Taranenko A.G., Terentyeva I.E.

THE METHODS OF FORMING AND ESTIMATION OF CLUSTER PARAMETERS IN CELLULAR MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

The article deals with the cellular mobile communication system in which a limited channel resources are allocated between base stations. A decrease in co-channel interference is achieved by increasing the number of cells in a cluster, or by dividing the cell into sectors. Recommendations are provided to the cellular CDMA system for choosing multipath copies search interval. Their application increases the noise immunity of message processing.

Keywords: *Mobile communication, cellular system, cluster, distribution of channels, co-channel interference, multipath reception correlation, autocorrelation function.*

Габрусенко Є.І., Тараненко А.Г., Терентьєва І.Є.

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ І ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ КЛАСТЕРА В СТІЛЬНИКОВИХ СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

У статті розглядається стільникова система мобільного зв'язку, в якій обмежений каналний ресурс розподіляється між базовими станціями. Показано, що зменшення внутріканальних перешкод досягається збільшенням кількості сот в кластері або поділом сот на сектори. Для стільникової системи з кодовим розділенням каналів наведено рекомендації щодо вибору інтервалу пошуку багатопроменевих копій, що підвищує завадостійкість обробки повідомлень.

Ключові слова: *Мобільний зв'язок, стільниковий система, кластер, розподіл каналів, внутрішньоканальні завади, багатопроменеве поширення, кореляційний прийом, автокореляційна функція.*

УДК 656.61.052

Бобир В.О.

НАПРЯМКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АСТРОНОМІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ

Обґрунтовані та визначені напрямки фундаментальних досліджень астрономічного визначення місця. Встановлені об'єкт та предмет цих досліджень. Наведені приклади розширення можливостей, поліпшення та спрощення методів використання існуючого навігаційного секстану для визначення місця, включно і в нічних умовах.

Ключові слова: *астрономічне визначення місця, навігаційні параметри, ізолінії.*

Постановка проблеми. Сучасна морехідна астрономія, як з точки зору практики, так і науки переживає серйозну кризу. Це пояснюється тим, що для визначення місця судна в ній використовується метод висотних ліній положення, який ґрунтується на вимірах тільки одного навігаційного параметру світила – його висоти над видимим горизонтом. На практиці цей метод по суті не змінився, починаючи ще з 40-х років ХІХ століття. Цьому і його точність давно вже не відповідає сучасним вимогам як до точності отримання інформації, так і до її оперативності. Саме так і іде справа на морських судах, військових кораблях і підводних човнах, літаках і пілотованих космічних кораблях [1-3]. Окрім того, метод