

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Мельникова Л.И., Барсук В.А., Кривошапка Н.В.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: liubov.melnikiva@nure.ua

Abstract

Improving the EMC of the RES complex is achieved by controlling the level of radiation power of the transmitters using adaptation elements. The necessity of adaptation is substantiated and the state variables of the complex are selected, which can be estimated on the basis of measurements. As an estimation procedure, a recursive Robbins-Monroe procedure is proposed, a convergence analysis is carried out and a step constant is selected.

The paper presents and substantiates the necessary time for solving the problem of minimizing the power and obtains an estimate for the time for solving the problem, taking into account the introduction of an estimation procedure, which is satisfactory. Simulation of EMO showed that the introduction of an adaptation element leads to a significant stabilization of the quality of the complex functioning.

Проблема електромагнітної сумісності в наші часи є однією з найбільш складних в розв'язанні, оскільки кількість РЭС постійно зростає і зростають вимоги до якості зв'язу. Розв'язати задачу ЕМС за апріорними даними для комплексу РЭС практично не вдається. [1]. В той же час, якщо випромінюючі і приймаючі пристрої оснащені засобами управління і адаптації, то таке рішення задачі ЕМС може бути отримано в значно більш широкому діапазоні змін параметрів. Тому відмінною особливістю сучасних задач ЕМС є потреба в розв'язанні цих задач в реальному масштабі часу з використанням апаратури управління і адаптації. Технологія CDMA була однією з перших, де використовувалося управління потужністю передачі. В системах безпроводної сотової зв'язу CDMA всі абоненти мережі працюють в одному частотному діапазоні, за допомогою управління потужністю передачі користувач може отримати постійну якість зв'язу незалежно від місцеположення. Використовується алгоритм управління потужністю передачі з динамічним діапазоном регулювання більш ніж 80 дБ і величиною кроку 1 дБ. З його допомогою базова станція регулює потужність кожного близько розташованого абонентського терміналу з інтервалом 1,25 мс, що дозволяє підтримувати однаковий рівень якості прийому на кожному радіоканалі незалежно від відстані абонентського терміналу до базової станції. Незважаючи на високу ефективність технології CDMA у неї є і ряд недоліків [2]. Один з них — висока чутливість до розкиду потужностей мобільних станцій. Найбільш складна ситуація виникає внаслідок проблеми «дальній—ближній» (far-near problem), коли мобільна станція, розташована поблизу базової, працює на великій потужності, створюючи недопустимо високий рівень шуму при прийомі інших, «дальніх» сигналів, що призводить до зниження пропускної спроможності системи в цілому. Ця проблема існує у всіх системах мобільної зв'язу, однак найбільш великі спотворення сигналу виникають саме в CDMA-системах, що працюють в загальній смузі частот, в яких використовуються ортогональні шумоподібні сигнали.

В роботі [3] розглядається можливість оптимізації потужностей передачі в комплексі РЭС зв'язу при забезпеченні необхідної якості передачі. Задача мінімізації потужностей передатчиків комплексу РЭС є задачею лінійного програмування і має наступний вигляд: мінімізувати:

$$L = \sum_{j=1}^n C_j P_j \quad (1)$$

при выполнении ограничений:

$$M^n(\lambda) P = N \quad (2)$$

где $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]^T$, $N = [N_1, N_2, \dots, N_n]^T$,

$$M_n(\lambda) = \begin{pmatrix} \lambda_1 a_{11} & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & \lambda_2 a_{22} & \dots & -a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & \lambda_n a_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Здесь P – вектор мощностей излучения передатчиков, минимизирующий общую мощность всех передатчиков комплекса, N – вектор собственных аддитивных помех каждого из приёмников, $M_n(\lambda)$ – симметричная матрица, диагональные элементы которой представляют собой произведения заданных отношений (шум / сигнал) на входах приемников λ_{iz} на коэффициенты суммарного ослабления сигнала в канале α_{ii} , все другие элементы – коэффициенты суммарного ослабления сигнала α_{ij} при передаче по каналу от j -го передатчика к i -му приемнику, C_j – весовой коэффициент, имеющий смысл «стоимости» единицы затрачиваемой мощности j -го элемента. Предполагается, что λ_{iz} , α_{ij} , N_i – заданы, $C_j \geq 0$, $X_{iz} \geq 0$, $N_i \geq 0$, $\alpha_{ij} \geq 0$, $\varepsilon_j \leq P_j \leq \varepsilon_{j2}$, $\varepsilon_{j1} \geq 0$, $\varepsilon_{j2} \geq 0$, $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, n$. Решение системы (2) сводится к вопросу о существованию вектора мощностей, соответствующего вектору $\bar{\lambda}_0$ и сводится к существованию положительного решения линейной системы уравнений при заданных λ_{0i} и $P_{0i} > 0$. Это следует из теоремы: каковы бы ни были положительные правые части системы уравнений (2) последняя имеет положительное решение $P_{01}, P_{02}, \dots, P_{0n}$ в том только случае, если все угловые миноры матрицы $M_n(\lambda)$ этой системы строго положительны. Существование положительного решения уравнения (2) зависит от взаимодействия радиостанций (от a_{ij}) и не зависит от мощности аддитивной помехи $P_{ni} (i=1, 2, \dots, n)$, так как R - кратное увеличение аддитивной помехи компенсируется одновременным R - кратным увеличением мощности всех передатчиков. Таким образом, для введения адаптации в процесс управления мощностью в качестве измеряемых параметров целесообразно выбрать коэффициенты суммарного ослабления сигнала α_{ij} . Так как время измерения ограничено и коэффициенты меняются случайным образом, необходимо использовать рекурсивные процедуры оценивания. Важным их свойством является то, что рекурсивную процедуру оценки можно прервать в любой момент времени и использовать, для задач управления. В работе использовалась рекурсивная процедура Роббинса-Монро, которая на $k + 1$ шаге представляется в виде [4]:

$$\hat{x}(k+1) = \hat{x}(k) + K(k) \left[y(k+1) - H(k) \hat{x}(k) \right], \quad (4)$$

где $y(k+1) = H(k)x(k) + v(k)$ - уравнение наблюдения, формирующее статистику. $K(k)$ - коэффициент, обеспечивающий сходимость

К коэффициенту сходимости процедуры (4) предъявляются особые требования, которые обеспечивают выполнение условий устойчивости. Доказано, что этот коэффициент должен отвечать условиям Дворецкого:

$$\sum_{k=0}^{\infty} K(k) \rightarrow \infty, \quad \sum_{k=0}^{\infty} K^2(k) < \infty. \quad (5)$$

Для обеспечения устойчивости процедуры оценивания была выбрана шаговая постоянная $K(k)=1/k$. Моделирование проводилось в пакете MATLAB. Рассматривался комплекс РЭС, который образовался в районе аэропорта г.Харкова, состоящий из трех БС стандарта GSM, работающих на частоте 959,2 МГц, и самолета, который осуществляет посадку, приемник которого работает на частоте 959,2 МГц., то есть на частоте приемника БС. В зоне действия каждой БС находится одна мобильная станция (МС), приемники которых работают на той же частоте, что и передатчик радиотехнической системы ближней навигации и системы посадки РСБН. БС размещены в зонах, которые не пересекаются, и не создают помех на МС друг другу. При этом ограничения, накладываемые на мощности передатчиков составляют: для БС (0...50) Вт, передатчика РСБН(0...80) Вт. Расстояния моделировались нормальным законом распределения со следующими средними значениями: между: ЛА и БС соответственно 5км; 10км; 10км; РСБН и ЛА 5км; БС и МС соответственно 2км; 1,5 км; 2,5; РСБН и МС соответственно 4км; 5км; 4,5км; Для расчета коэффициентов α_{ij} на трассах БС-ЛА при отсутствии помех в пределах прямой видимости использовалась эмпирическая формула :

$$\alpha_{ij}[\text{дБ}] = +27,56 - 20 \lg f[\text{МГц}] - 20 \lg R[\text{м}], \quad (6)$$

где f - частота несущей при передаче;

R - расстояние между передающей и приемной антеннами.

Для расчета коэффициентов затухания на трассах РСБН-МС в пределах городской зоны использоваться эмпирическая формула Окамуры-Хата. где λ_1 - допустимое отношение шум/сигнал на входе приемника ЛА= -13дб; допустимое отношение шум/сигнал на входе приемника МС = -9дб. Условные средние затуханий в каналах, полученные в результате использования процедуры Роббинса-Монро, использовались при решении задачи линейного программирования (1-3). С учетом требований, накладываемых на матрицу (3). анализировались полученные не нулевые решения. Одно из решений при 100 экспериментах: $P = [20, 15, 13, 14]$ Вт. Полученные значения наглядно демонстрируют, что подход к решению затронутой проблемы, как к задаче оптимизации распределенной системы, позволяет значительно снизить мощности передатчиков, сохраняя качество приема на заданном уровне.

В работе решена задача улучшения ЭМС комплекса РЭС посредством управления уровнем излучения мощности передатчиков с введением элементов адаптации. Проведен анализ задачи линейного программирования, которой и является задача управления мощностью, с целью выявления параметров, которые возможно измерить. В качестве таких параметров были выбраны коэффициенты затухания в основных каналах. Была решена задача минимизации мощностей для реального комплекса РЭС на основе оценивания с помощью процедуры Роббинса-Монро. Проведен анализ полученных результатов, из которого следует, что введение оценивания коэффициентов затухания в основных каналах позволяет стабилизировать качество

функционирования комплекса. Получена оценка времени решения задачи минимизации мощности (12,5 мс), которая удовлетворяет предъявляемым требованиям к решению задачи (0,780с – 2,34с).

Минимизация мощностей передатчиков в комплексе РЭС позволяет не только решить задачу обеспечения ЭМС на этапе функционирования, но обеспечивает энергетический выигрыш, экономический и экологический эффект.

Литература:

1. *Поповский В.В.* Методика анализа электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств в группировках систем подвижной связи /В.В. Поповский, Ю.Ю. Коляденко/Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання регулювання у сфері телекомунікацій та користування радіочастотним ресурсом». - Київ 18-20 травня 2010 р. с. 115-116.

2. *Vijay K. Gard.* IS-95 CDMA and cdma2000: Cellular/PCS systems implementation. 446 p

3. *Мельникова Л.И.* Методы обеспечения электромагнитной совместимости в коллективе радиоэлектронных средств связи на этапе функционирования. //Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2004.- №4(10).- С.80-83.

4. *Поповский В.В.* Методы научных исследований в телекоммуникациях [Текст]. В 2-х томах. : учебное пособие / под ред. В.В. Поповского. - Х.: Компания СМИТ, 2013. - 390 с.