

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА И УГЛОВОЙ ОБЛАСТИ СИГНАЛА МОБИЛЬНОГО ИСТОЧНИКА

Каюков И.В., Манелис В.Б., Сергиенко А.И., Табацкий В.Д.

ФНПЦ “Воронежский НИИ связи”,
Россия, 394018, Воронеж, ул.Плехановская 14, Тел. (0732) 74-7241, факс (0732) 74-8398,
E-mail: Manelis@kodofon.vrn.ru

Применение адаптивной антенной решетки (ААР) на базовых станциях современных систем сотовой связи является перспективным методом улучшения параметров системы связи, в частности, увеличения ее емкости, увеличения зоны обслуживания и т. д. [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. В связи с этим системы сотовой связи 3-го и 4-го поколений предусматривают использование ААР на базовых станциях. При передаче информации на абонентскую станцию необходимо формировать диаграмму направленности ААР. Часто такое формирование можно осуществить лишь по сигналу абонентской станции. Известно, что при этом необходимо оценить направление прихода и угловую область сигнала этой станции. Последняя определяется угловой областью переотражателей, которые влияют на распространение сигнала между ААР и абонентом. Если оценке направления прихода сигнала посвящено большое число публикаций, обзор которых приведен в [1,2], то работы по специфическому вопросу оценки угловой области сигнала практически отсутствуют. Можно заметить, что кажущееся направление прихода сигнала в результате пространственно-временного фединга постоянно меняется приблизительно в пределах угловой области сигнала. Особенностью данной работы является необходимость оценки направления прихода и угловой области сигнала в присутствии мощных помех, источником которых могут быть другие абонентские станции, работающие с высокой скоростью передачи данных. Таким образом, алгоритмы оценивания должны обладать свойством подавления мощных помех.

В данной работе предложен эвристический алгоритм оценки угла прихода и угловой области сигнала абонентской станции, эффективный при произвольных (в том числе больших) значениях угловой области как в отсутствии, так и при наличии мощных помех.

Предлагаемый алгоритм оценки угла прихода и угловой области сигнала θ, Δ (или угловых границ области сигнала θ_1, θ_2) заключается в следующем

- Проводится M “коротких” измерений направления прихода сигнала, для чего в каждом измерении
- Для L различных значений $\theta_i = (i-1)\delta, i = \overline{1, L}$ (δ – заданный угловой дискрет) априорной области возможных направлений прихода сигнала формируется модуль сигнала на выходе ААР

$$X(\theta_i) = \left| \sum_{n=1}^N w_n(\theta_i) u_n \right|, \quad (1)$$

где $u_n, n = \overline{1, N}$ – комплексный сигнал на элементах ААР,

$$w_n(\theta_i) = \exp[j\pi(n-1)\cos\theta_i], n = \overline{1, N}, i = \overline{1, L}.$$

- Формируются значения диаграммы направленности антенной решетки при приеме сигнала абонентской станции для тех же направлений

$$F(\theta_i) = \left| \mathbf{w}_{up}^H \mathbf{w}(\theta_i) \right|, \quad (2)$$

где \mathbf{w}_{up} – вектор весовых коэффициентов, полученный при адаптации антенной решетки при приеме сигнала абонентской станции, $(\cdot)^H$ – операция эрмитова сопряжения. Предполагается использование метода адаптации, подавляющего помехи, например, максимизирующего отношение сигнал - (помеха + шум), так что величина диаграммы направленности в направлении помех – минимальна.

- Формируется взвешенная сумма нормированных функций (1), (2)

$$R(\theta_i) = \tilde{X}(\theta_i) + \alpha \tilde{F}(\theta_i) \quad (3)$$

где $\alpha = 0.35$ – оптимизированное в результате моделирования значение весового коэффициента. Функция (3) из-за второго слагаемого обладает свойством подавления помех.

- Определяется оценка угла прихода короткого измерения, как угловое положение максимума решающей функции (3)

$$\tilde{\theta} = \arg \max_{\theta_i} R(\theta_i). \quad (4)$$

- По получаемым M оценкам угла прихода (4) формируется гистограмма оценок угла прихода $Z(\theta_i), i = \overline{1, L}$.

- На основе анализа полученной гистограммы выносится решение об оценке нижней и верхней границ угловой области сигнала. Предлагается следующий метод анализа.

- Определяется положение максимума гистограммы

$$\theta_{\max} = \arg \max_{\theta_i} Z(\theta_i) \quad (5)$$

- Определяются нижняя $\tilde{\theta}_1$ и верхняя $\tilde{\theta}_2$ угловые координаты пересечения порогового уровня $\beta \cdot Z_{\max}$ на гистограмме (нижний и верхний элементы), как показано на Рис. 1. В качестве величин $\tilde{\theta}_1, \tilde{\theta}_2$ принимаются крайнее нижнее (крайнее верхнее) значения θ , для которых $Z(\theta) > \beta Z_{\max}$. При этом для угловой области сигнала допускаются одиночные непревышения порога. Допускается также по каждую сторону от θ_{\max} одна группа из двух или трех рядом расположенных дискретных значений угла, для которых значения гистограммы не превышают пороговый уровень (Рис. 1).
- При наличии второй подобной группы или большой группы не менее четырех рядом расположенных углов (Рис. 1), для которых значения гистограммы не превышают пороговый уровень, движение вверх (вниз) по оси углов прекращается. И в качестве величин $\tilde{\theta}_1, \tilde{\theta}_2$ принимаются последние перед второй группой непревышения порога или большой группой значения θ , для которых $Z(\theta) > \beta Z_{\max}$. Величина β , определяющая величину порога, выбиралась $\beta = 0.15$.

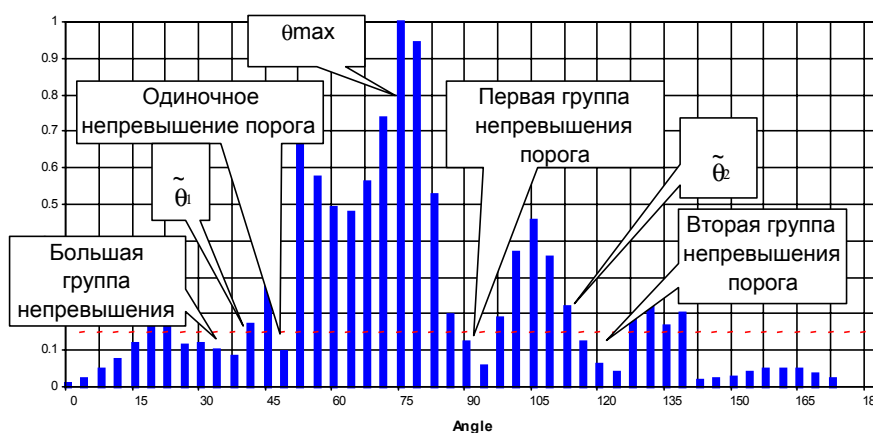


Рис. 1 Определение нижней и верхней угловых координат пересечения порога

- Вычисляются вероятности попадания угла прихода в области $\theta < \tilde{\theta}_1$ и $\theta > \tilde{\theta}_2$

$$P_1 = P(\theta < \tilde{\theta}_1), \quad P_2 = P(\theta > \tilde{\theta}_2). \quad (6)$$

Учет данных вероятностей важен в случае наличия мощных помех, когда под их воздействием происходит некоторое перераспределение положений оценок угла прихода с угловой области сигнала в угловую область помехи (см. Рис. 2). Поэтому для компенсации потерь угловой области сигнала формируются корректирующие поправки для $\tilde{\theta}_1$ и $\tilde{\theta}_2$, зависящие от P_1 и P_2 соответственно. На Рис. 2 виден результат коррекции. Скорректированное значение нижней границы оказывается вполне приемлемым.

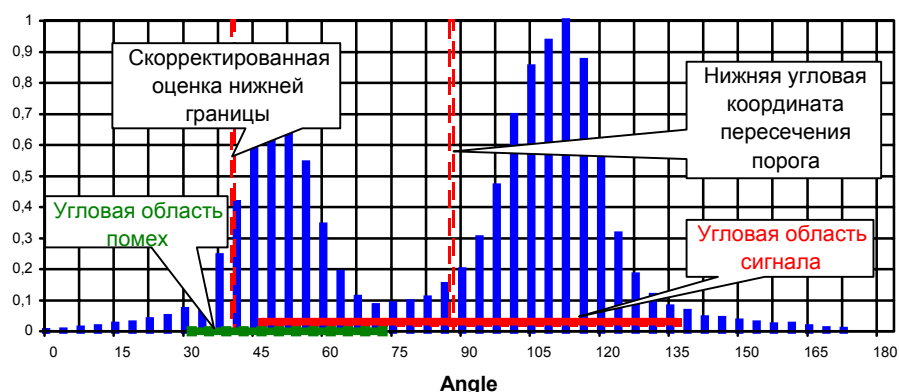


Рис. 2 Пример сильного завышения нижней угловой координаты пересечения порога под воздействием мощных помех

- ♦ По оценкам нижней и верхней границ угловой области сигнала θ_1, θ_2 формируются оценки направления прихода и угловой области сигнала

$$\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}, \quad \Delta = \theta_2 - \theta_1. \quad (7)$$

Предлагаемый алгоритм был исследован методом компьютерного моделирования. Рассчитаны два типа ошибок, характеризующие качество оценки угловой области сигнала. Первая ошибка – размер угловой области сигнала, не попавшей в оценку угловой области. Вторая ошибка – размер той угловой области, которая ошибочно оценена, как угловая область сигнала. Первая ошибка в итоге уменьшает помехоустойчивость приема сигнала на абонентской станции. Величина второй ошибки характеризует излишний шум в сотовой системе связи. Моделирование разработанного алгоритма было выполнено для большого числа помехово-сигнальных конфигураций. Из результатов моделирования следует, что предлагаемый алгоритм работает достаточно эффективно как в отсутствие, так и при наличии мощных помех, как при малых, так и при больших значениях угловой области полезного сигнала. Измеренные ошибки предлагаемого алгоритма – невелики. Для 19 из 21 рассмотренных конфигураций величина наиболее важной первой ошибки не превысила 5° . Вторая ошибка в 14 случаях из 21 не превысила 15° .

Литература

1. Liberti J.C., Rappaport T.S. Smart Antennas for Wireless Communication: IS-95 and Third Generation CDMA Applications in IS-95. NJ: Prentice Hall, 1999. – 376p.
2. Smart Antennas: Adaptive Arrays, Algorithms, & Wireless Position Location/Edited by T. S. Rappaport. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1998.



ALGORITHM OF ESTIMATING DIRECTION OF ARRIVAL AND ANGLE SPREAD OF MOBILE STATION SIGNAL

Kaioukov I., Manelis V., Sergienko A., Tabatsky V.

FSPC "Voronezh Research Institute for Telecommunications",
Russia, 394018, Voronezh, Plekhanovskaya str. 14, Phone (0732) 74-7241, Fax (0732) 74-8398,
E-mail: Manelis@kodofon.vrn.ru

The use of the adaptive antenna array (AAA) at base stations of contemporary cellular communication systems is a perspective method of improving parameters of the communication system, in particular improving its capacity, increasing the coverage area, and so on. [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. In this connection 3G and 4G cellular communication systems provide for the use of AAA at base stations. While transmitting information to a mobile station (MS) it is necessary to form AAA directional pattern. Often such a forming can be carried out by MS signal only. It is known that here a direction of arrival and angle spread of MS signal need to be estimated. The latter is determined by an angle spread of rereflectors that influence the propagation of the signal between AAA and MS. As the estimation of the direction of a signal arrival is described in the majority of publications, the review of which can be found, for example, in [1,2], then articles on a specific question concerning the angle spread estimation are practically lacking. It can be noted that an apparent direction of the signal arrival constantly changes approximately within the range of the angle spread as a result of the space-time fading. The peculiarity of this work is the necessary to estimate the direction of arrival and angle spread in the presence of strength interferences that can be caused by other MSs operating at a high data transmission rate. Hence estimation algorithms should have a feature of canceling strength interferences. In the present work it is proposed a heuristic algorithm of estimating the angle of arrival and angle spread of MS signal that is effective at arbitrary (including great) values of the angle spread both in the absence and in the presence of strength interferences.

The proposed algorithm of estimating the angle of arrival and angle spread consists in the performing M "short" measurements of the direction of the signal arrival. For that in each measurement an estimate of the angle of arrival is determined by the weighted sum of a AAA output signal module and antenna array directional pattern while receiving MS signal. It is presupposed to utilize the adaptation method that cancels interferences, for example, an algorithm of maximizing signal – (interference +noise) ratio so that the value of the directional pattern in the direction of interferences is minimum. By the obtained M estimates of the angle of arrival a histogram of estimates of the angle of arrival is generated. The decision about the estimate of the direction of arrival and angle spread is made based on the analysis of the obtained histogram.

The proposed algorithm has been researched using a computer simulation. Two types of errors characterizing the quality of the estimate of the angle area have been calculated. The first error is the size of the angle area that is not in the estimate of the angle area. The second one is the size of that angle area that is estimated erroneously as the angle area. As a result the first error decreases the interference stability of the signal receiving at MS. The value of the second error characterizes the redundant noise in the cellular communication system. The simulation of the developed algorithm has been performed for the great number of interference-signal configurations. From the simulation results follows that the proposed algorithm operates quite effectively both in the absence and in the presence of strength interferences, both at small and great values of the angle spread of the desired signal. Measured errors of the proposed algorithms are not large. For 19 cases of 21 experiments of the considered configurations the value of the most important first error did not exceed 5° . The second error in 14 cases of 21 experiments did not exceed 15° .

References

1. Liberti J.C., Rappaport T.S. Smart Antennas for Wireless Communication: IS-95 and Third Generation CDMA Applications in IS-95. NJ: Prentice Hall, 1999. – 376p.
2. Smart Antennas: Adaptive Arrays, Algorithms, & Wireless Position Location/Edited by T. S. Rappaport. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1998.