

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В СИСТЕМАХ СВЯЗИ СТАНДАРТА IEEE 802.20

Галуненко Е.В., Марчук В.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. телекоммуникационных систем, тел. (057) 702-13-20,  
E-mail: [tkc@kture.kharkov.ua](mailto:tkc@kture.kharkov.ua) ; факс (057) 702-55-92

Parameters of distribution of radio-waves in communication systems of standard IEEE 802.20 are investigated. Influence multipath for the moving terminal is considered. The formulas of dependences of levels of a signal in an intake of the terminal for the elementary cases of placing in space of objects of influence are received and values of an accepted signal in discrete points of a trajectory of movement of the terminal are calculated. The graphs of dependence of level of signal are got from time at the different rates of movement of terminal. Recommendations about working out of devices of automatic adjustment of strengthening are given.

В последнее время широко внедряются телекоммуникационные технологии, работающие по протоколу IP. В проекте нового стандарта IEEE 802.20 на беспроводные системы связи предлагается использовать протокол IP на всех участках сети от терминала одного мобильного абонента до другого. В системах этого стандарта предполагается обеспечивать не только достаточно высокие скорости передачи информации в десятки Мбит/с, но и дать возможность абоненту передвигаться со скоростями до 250 км/час и более - в дальнейшем. Среда распространения радиоволн в таких системах имеет различные свойства на участках доступа и транспорта. Интегральный учет свойств среды распространения радиоволн для таких систем изучен недостаточно. Исследование параметров распространения радиоволн для систем IEEE 802.20 является актуальной задачей.

Прохождение радиоволн в системах связи стандарта IEEE 802.20 можно разделить на несколько этапов. В случае, когда абоненты сети находятся внутри помещений, расположенных, на территории различных городов, радиоволны проходят несколько различных участков: внутри помещения, на территории города и вне его..

При расчете затухания радиоволн следует учитывать распространение в свободном пространстве, дифракцию, тропосферное рассеяние, аномальное распространение радиоволн (т.е. рефракцию и волноводное распространение), а также потери за счет застройки (там, где это необходимо). В зависимости от климатических особенностей, длины волны, интересующего интервала времени, расстояния и профиля трассы распространения среди вышеперечисленных механизмов тот или иной будет доминантным.

Для мобильных терминалов, принимаемый сигнал претерпевает изменения за счет изменения во времени среды распространения: В обычной городской среде радиосигнал, передаваемый от неподвижного источника к мобильному приемнику, претерпевает изменения как по амплитуде, так и по фазе. Эти изменения обусловлены многолучевым распространением, возникающим при его отражении, преломлении или рассеянии объектом. Копии передаваемого сигнала могут затухать по мощности, задерживаться по времени, сдвигаться по фазе и/или частоте по сравнению с прямой волной.

Воспользуемся обобщенной моделью распространения радиоволн при городской застройке. Она может использоваться для прогнозирования напряженности поля и задержки распространения для любых конфигураций зданий и при любом размещении антенн. Для этой модели необходимы точные данные о зданиях (высота, месторасположение и диэлектрические свойства) и местоположениях передатчика и приемника относительно зданий. Обобщенная модель распространения радиосигналов может применяться для расчетов задержки и мощности сигнала при конкретном расположении в пространстве передатчика и приемника. Для случая движущихся терминалов их расположение относительно окружающих предметов зависит от времени.

В обобщенной модели распространения радиосигналов воспользуемся методами геометрической оптики при определении направления распространения прямого сигнала и составляющих отраженного сигнала, а также составляющих сигнала получаемых в ре-

зультате преломления и диффузного рассеяния зданиями. Число составляющих многолучевого сигнала в заданном месте расположения приемника стремится к бесконечности. Интенсивность каждой составляющей вычислим, исходя из местоположения зданий и их диэлектрических свойств. Обычно прямой и отраженные лучи вносят преобладающие составляющие в принимаемый сигнал. Однако в местах, близко расположенных к поверхностям рассеяния или преломления, которые обычно отделены от прямого и отраженных лучей, эти составляющие могут оказаться преобладающими. Учет дифракции на углах позволяет получить достаточно точную модель, описывающую механизм преломления сигналов на углах улиц; модель клиновидной краевой дифракции более предпочтительна благодаря своей простоте. Геометрическая теория дифракции позволяет получить следующее выражение для значений принимаемого сигнала:

$$r(t) = \frac{\lambda}{4\pi} u(t) n \frac{\sqrt{G_d \cdot e^{j[2\pi(d+d')]/\lambda}}}{d'} \sqrt{\frac{d'}{d(d+d')}} \cos(2\pi f_c t + \varphi_0)$$

где  $\sqrt{G_d}$  - коэффициент усиления антенны;

$n$  - коэффициент преломления, который зависит от поляризации сигнала, угла края и углов падения и преломления  $\varphi$  и  $\varphi'$ .

Общая величина электромагнитного поля в точке приема определяется на основе учета всех составляющих, обусловленных многолучевым распространением. Таким образом, если есть прямой луч,  $N_r$  отраженных,  $N_d$  преломленных и  $N_s$  диффузорассеянных лучей, то в целом принимаемый сигнал

$$r(t) = \frac{\lambda}{4\pi} \left[ \frac{\sqrt{G_l} u(t) e^{j(2\pi l)/\lambda}}{l} + \sum_{i=1}^{N_r} \frac{R_i \sqrt{G_{r_i}} u(t - \tau_i) e^{j(2\pi r_i)/\lambda}}{r_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\sigma_i \sqrt{G_{s_i}} u(t - \tau_i) e^{j(2\pi(s_i+s'_i))/\lambda}}{s_i s'_i} \right] \cos(2\pi f_c t + \varphi_0)$$

где  $\tau_i$  - временная задержка конкретной составляющей многолучевого сигнала.

Любая из составляющих многолучевого сигнала может иметь дополнительный коэффициент затухания, если путь распространения блокируется зданиями или другими объектами.

Следует обратить внимание на то, что из множества лучей приходящих в приемное устройство терминала абонента большинство имеют относительно малую мощность и ими можно пренебречь при моделировании радиоканала.

В качестве примера были рассмотрены простейшие конфигурации среды распространения с объектами, расположенными между передатчиком и приемником, что позволило упростить формулы для многолучевого распространения. Была задана траектория движения терминала. С помощью программы на ПК были рассчитаны значения принимаемого сигнала в дискретных точках траектории движения терминала. Получены графики зависимости уровня сигнала от времени при различных скоростях движения терминала. Даны рекомендации по разработке устройств автоматической регулировки усиления в приемнике.