

ОПТИМИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

© 2021 Я. Е. Львович, Т. В. Мельникова, А. П. Преображенский

Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)

Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)

В статье рассматривается комплексный подход, направленный на оптимизацию беспроводных систем внутри помещений. Предлагается применять метод слабого звена и метод интегральных уравнений.

Ключевые слова: метод интегральных уравнений, связь, оптимизация.

Состав современных информационно-телекоммуникационных комплексов, используемых внутри помещений, является достаточно сложным. Используются передающие устройства, которые работают в различных диапазонах длин волн, приемные устройства. На пути распространения информационных сигналов могут находиться различные предметы. На полезные сигналы могут накладываться разные шумы.

Требуется разрабатывать алгоритмы, которые позволят осуществлять оптимальное расположение передатчиков. Передающие структуры мы анализируем как сформированные из большого числа соответствующих компонентов. Приемные устройства могут перемещаться, это ведет к тому, что будет изменение в некоторых параметрах с течением времени [1].

Будем основываться на том, что для каждого из компонентов мы будем определять такие результаты, которые будут для них максимальными.

Затем необходимо применять процедуры, которые направлены на управление изменениями в работе информационно-телекоммуникационных систем при помощи алгоритмов поиска и исключения слабого звена. После того, как осуществлена оптимизация, происходит формирование системы с новыми характеристиками [2].

Львович Яков Евсеевич – Воронежский государственный технический университет, доктор техн. наук, профессор, office@vvt.ru.

Мельникова Тамара Вениаминовна – Воронежский институт высоких технологий, студент, tommar_mmelnikova112@yandex.ru.

Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. наук, профессор, app@vvt.ru.

Внутри информационной базы происходит размещение информации относительно компонентов передатчиков. Считаем, что информация будет статичной. Она будет меняться или дополняться достаточно редко.

Для приемных устройств будем считать, что информация будет переменной. В этой связи предлагается применять модели оптимизации, которые относятся к трансформационно-игровому аналогу [3].

Укажем особенности таких моделей.

Передачик (Π) формируется из множества компонентов (C). Вначале число компонентов выбираем максимальным. Их количество должно быть больше или равно количеству пользователей (P) внутри отделов (O).

$$\Pi \subset C_j, j = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

$$O \subset P_j, j = 1, 2, \dots, n; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n C_j \geq \sum_{j=1}^n P_j, j = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

$$\Pi \subset C_j, j = 1, 2, \dots, \sum_{i=1}^n P_i; \quad (4)$$

Категории передатчиков относительно пользователей распределяются так

$$P_j \subset C_i, i, j = 1, 2, \dots, \sum_{k=1} P_k; \quad (5)$$

Определяется последовательность составляющих внутри категории.

Также в комплексный алгоритм, позволяющий размещать оптимальным образом передающие устройства, входит процедура расчета рассеянных электромагнитных полей.

Рассмотрим ключевые этапы решения задачи на основе метода интегральных

уравнений [4]. Будем считать, что падающая волна $H^i(r)$ характеризуется Н-поляризацией.

Трехмерное в общем случае уравнение, которое соответствует поверхностному току J_S , будет следующим

$$J_S(r) = 2n \times H^i(r) + \frac{1}{2\pi} n \times \int_S J_S(r) \times \text{grad}' G ds'. \quad (6)$$

В указанном выражении $G = \exp(-jkr)/r$ – функция Грина, $J_S = [n \times H]$, $H^i(r) = \mathbf{\hat{o}}H_x^i + \mathbf{\hat{y}}H_y^i + \mathbf{\hat{z}}H_z^i$.

Метод моментов позволяет решать векторное уравнение (1), определять $J_S(r)$. Кусочно-постоянные функции относятся к ба-

зисным, а δ -функции Дирака относятся к пробным.

В ходе численного решения поставленной задачи от (6) мы переходим к системе [5], которая является линейной относительно искомых компонентов J_S :

$$\begin{bmatrix} U_{xx} & U_{xy} & U_{xz} \\ U_{yx} & U_{yy} & U_{yz} \\ U_{zx} & U_{zy} & U_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix}. \quad (7)$$

В выражении J_x, J_y, J_z – указаны компоненты для декартовой системы координат.

Матрица U характеризуется блочной структурой. Ее составляющие мы вычисляем следующим способом:

$$\begin{aligned} (U_{xx})_{mn} &= \frac{1}{2\pi} \int_S ((n_y)_m (\text{grad}'_y)_{mn} + (n_z)_m (\text{grad}'_z)_{mn}) ds'_n - \delta_{mn}; \\ (U_{xy})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi} \int_S (n_y)_m (\text{grad}'_x)_{mn} ds'_n; \quad (U_{xz})_{mn} = -\frac{1}{2\pi} \int_S (n_z)_m (\text{grad}'_x)_{mn} ds'_n; \\ (U_{yx})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi} \int_S (n_x)_m (\text{grad}'_y)_{mn} ds'_n; \quad (U_{yz})_{mn} = -\frac{1}{2\pi} \int_S (n_z)_m (\text{grad}'_y)_{mn} ds'_n; \\ (U_{yy})_{mn} &= \frac{1}{2\pi} \int_S ((n_x)_m (\text{grad}'_x)_{mn} + (n_z)_m (\text{grad}'_z)_{mn}) ds'_n - \delta_{mn}; \quad (8) \\ (U_{zx})_{mn} &= -\frac{1}{2\pi} \int_S (n_x)_m (\text{grad}'_z)_{mn} ds'_n; \quad (U_{zy})_{mn} = -\frac{1}{2\pi} \int_S (n_y)_m (\text{grad}'_z)_{mn} ds'_n; \\ (U_{zz})_{mn} &= \frac{1}{2\pi} \int_S ((n_x)_m (\text{grad}'_x)_{mn} + (n_y)_m (\text{grad}'_y)_{mn}) ds'_n - \delta_{mn}. \end{aligned}$$

В выражениях индексы изменяются в таких пределах $m, n = 1, \dots, N$, причем N со-

ответствует общему количеству точек дискретизации. Кроме того,

$$\begin{aligned} \delta_{mn} &= \begin{cases} 1, & m = n \\ 0, & m \neq n \end{cases} \\ \text{grad}' G_{mn} &= -\hat{r}_{mn} \frac{1+jkr}{r_{mn}^2} \exp(-jkr_{mn}) = \\ & \mathbf{\hat{i}}(\text{grad}'_x)_{mn} + \mathbf{\hat{j}}(\text{grad}'_y)_{mn} + k(\text{grad}'_z)_{mn}, \end{aligned} \quad (9)$$

в указанном выражении $\hat{\mathbf{r}}_{mn} = \frac{\mathbf{r}_{mn}}{|\mathbf{r}_{mn}|}$. Компоненты членов, которые относятся

к правой части (6), мы определяем следующим образом:

$$\begin{aligned}
(R_x)_m &= 2((n_y)_m(H_z^i)_m - (n_z)_m(H_y^i)_m); \\
(R_y)_m &= -2((n_x)_m(H_z^i)_m - (n_z)_m(H_x^i)_m); \\
(R_z)_m &= 2((n_x)_m(H_y^i)_m - (n_y)_m(H_x^i)_m).
\end{aligned}
\tag{10}$$

Рассеянное электромагнитное поле в требуемой точке будет определяться на ос-

нове такой формулы, которая формируется на основе интеграла Кирхгофа:

$$H^{sc}(\mathbf{r}) = \frac{j\omega\sqrt{\mu_0\varepsilon_0} \exp(-jkr)}{4\pi r} \int_s \mathbf{J}_s(\mathbf{r}') \times \hat{\mathbf{r}} \exp(jk\hat{\mathbf{r}} \cdot \mathbf{r}') ds', \tag{11}$$

в указанном выражении $k=2\pi/\lambda$, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ А} \cdot \text{м} / \text{А}$, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ О} / \text{В}$, \mathbf{r} – радиус-вектор точки наблюдения.

Таким образом, на базе комплексного подхода возникают возможности для проектирования и разработки различных компонентов информационно-телекоммуникационных систем внутри помещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Преображенский Ю. П. Об Анализе перспектив при проектировании информационных технологий на базе "Интернет вещей" / Ю. П. Преображенский // Прогрессивные технологии и процессы. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Отв. редактор А. А. Горохов. Курск. – 2021. – С. 146-149.

2. Балашова А. В. О проблемах прогнозов в электродинамических задачах / А. В. Балашова, Ю. П. Преображенский // Юность и знания – гарантия успеха – 2021. Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-

х томах. Отв. редактор А. А. Горохов. Курск. – 2021. – С. 25-28.

3. Преображенский Ю. П. О применении методов искусственного интеллекта при оценке характеристик электромагнитных волн / Ю. П. Преображенский // Будущее науки -2021. Сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Отв. редактор А. А. Горохов. Курск. – 2021. – С. 247-249.

4. Преображенский Ю. П. Распространение радиоволн для объектов с полостями / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 187-190.

5. Сергеев М. Б. Имитационная модель радиолокационной обстановки интеллектуальной системы управления распределенными средствами радиолокационных станций / М. Б. Сергеев, А. А. Сенцов, Е. К. Григорьев, С. А. Ненашев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8. – № 3 (30). – С. 14-15.

OPTIMIZATION OF WIRELESS SYSTEMS INSIDE THE ROOMS

© 2021 Ya. E. Lvovich, T.V Melnikova, A. P. Preobrazhenskiy

Voronezh state technical university (Voronezh, Russia)
Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

This paper discusses a comprehensive approach aimed for optimizing indoor wireless systems. It is proposed to apply the weak link method and the method of integral equations.

Keywords: method of integral equations, communication, optimization.