

У подальшому доцільно додатково дослідити можливості більш ефективного використання пам'яті GPU та враховувати їх при копіюванні даних між різними типами пристроїв системи.

#### Література

1. Benedict R. Gaster. The OpenCL C++ Wrapper API, Version 1.1 / Benedict R. – Gaster Khronos OpenCL Working Group, June 14, 2010. – 101 с.
2. NVIDIA, OpenCL Best Practices Guide, May 27, 2010. – 53 с.
3. Уточнение зависимостей программы в ДВОР / [Б.Я. Штейнберг, А.А. Абрамов, А.П. Баглийи др.] // Труды международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления». – Москва, 26-28 октября 2010. – С. 855-864.
4. Замятін Д.С. Оцінка швидкодії базових алгоритмічних задач в гетерогенних комп'ютерних системах / Д.С. Замятін, А.К. Чередніченко // Збірник тез конференції ПМК2011, Київ, НТУУ «КПІ». – С. 35.
5. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – Санкт-Петербург «БХВ-Петербург», 2002. – 608 с.

УДК 621.391

Смелянский А.А., асп. (Гос. университет информационно-коммуникационных технологий)

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОСИГНАЛА ЧЕРЕЗ ПРЕПЯТСТВИЕ

**Смілянський А.О. Поширення радіосигналу через перешкоду.** Виконано розрахунок проходження радіосигналу всередині приміщення, з врахуванням відбиття і заломлення падаючої хвилі при попаданні на перешкоду, дано наочне представлення процесу проходження та відбивання.

**Ключові слова:** РАДІОХВИЛЯ, РАДІОСИГНАЛ, ВІДНОСНА ДІЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИКНІСТЬ

**Смелянский А.А. Распространение радиосигнала через препятствие.** Выполнен расчет прохождения радиосигнала внутри помещения, с учетом отражения и преломления падающей волны при попадании на препятствие, дано наглядное представление процесса прохождения и отражения.

**Ключевые слова:** РАДИОВОЛНА, РАДИОСИГНАЛ, ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

**Smilianskyi A.O. Radio propagation over a hurdle.** Calculation of a radio signal indoors, with taking into account of the reflection and refraction of the incident wave in contact with an obstacle, a visual representation of the process of transmission and reflection.

**Keywords:** RADIO WAVES, RADIO SIGNAL, RELATIVE DIELECTRIC CONSTANT

Проблеме распространения радиоволн внутри зданий и помещений последнее время уделяется большое внимание. Это связано, прежде всего, с созданием локальных информационных сетей, а также с необходимостью обеспечения надежной радиосвязью сотрудников предприятий, учреждений с целью оперативного управления и обеспечения безопасности. Наличие внутри здания стен, перегородок, мебели, радиоэлектронной аппаратуры, людей и других объектов создает сложную среду распространения радиоволн. Условия распространения радиоволн внутри помещений существенно отличаются от условий распространения радиоволн в свободном пространстве. Основными эффектами, наблюдаемыми при распространении радиоволн внутри помещений, являются многолучевость, обусловленная многократными отражениями радиоволн от стен и других объектов, дифракция на многочисленных острых краях предметов, расположенных внутри комнаты, и рассеяние радиоволн. Эти эффекты создают сложную интерференционную структуру электромагнитного поля, сильно изменяющуюся при перемещении людей и других объектов [1...3].

Большинство моделей, используемых для расчетов радиотрасс, расположенных внутри зданий, основано на формуле, описывающей распространение радиоволн в свободном пространстве:

$$P_R = G_P G_R \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 P_T,$$

где –  $P_T$  мощность передатчика;  $G_T$  и  $G_R$  – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн;  $d$  – расстояние между приемником и передатчиком;  $\lambda$  – длина волны.

Однако наличие стен, пола, мебели, людей и других объектов оказывает существенное влияние на характер распространения радиоволн. Многообразие условий приводит к необходимости использовать некоторые эмпирические модели, основанные на многочисленных экспериментах по исследованию условий распространения радиоволн внутри помещений. В работе [4] предложено несколько моделей, в которых потери на трассе определяются соотношением

$$L(d) \approx L_p (d / d_0)^{-n},$$

где  $L_p$  – потери при распространении на трассе прямой видимости длиной  $d_0$ ;

$d$  – расстояние между передатчиком и приемником.

При этом, в некоторых моделях значение  $n$  является постоянной величиной, в других – зависит от расстояния. Например, до расстояний около 10 м  $n = 2$ ; в интервале расстояний  $10 < d < 20$  м  $n = 3$ ; для  $20 < d < 40$  м  $n = 6$ ; при  $d > 40$  м  $n = 12$ .

Увеличение значения  $n$  с ростом расстояния связано с увеличением числа стен, отделяющих приемную антенну от передающей. Если передающая антенна расположена внутри комнаты, то независимо от ее положения многократное отражение радиоволн от стен, пола, потолка, мебели и других объектов приводит к увеличению мощности принимаемого сигнала по сравнению со свободным пространством. Это напоминает явление реверберации, хорошо изученное в акустике.

Рассмотрим малую площадку  $dS$ , произвольно расположенную внутри комнаты. Если предположить, что радиоволны распространяются с равной вероятностью во всех направлениях, то с волной, бегущей, например, слева направо, связана половина мощности, переносимой через эту площадку при нормальном падении. При падении волны под произвольным углом на выделенную площадку переносимая мощность в среднем в два раза меньше, чем при нормальном падении. Следовательно, одна четверть полного потока энергии проходит через произвольную малую выделенную площадку. Если учесть, что плотность потока энергии  $W$  на расстоянии  $d$  от источника мощностью  $P_T$  в свободном пространстве определяется формулой

$$W = \frac{P_T}{4\pi d^2}.$$

Вводя средний коэффициент поглощения поверхности  $\bar{\alpha}$  и суммируя по всей поверхности, можно записать соотношение:

$$\frac{W}{4} \sum S \bar{\alpha} = P_T (1 - \bar{\alpha}).$$

Тогда для плотности потока энергии реверберационного поля имеем:

$$W = \frac{4P_T}{R}, \quad R = \frac{\sum S \bar{\alpha}}{(1 - \bar{\alpha})}.$$

Комбинируя мощность прямого сигнала и реверберационного поля, а также учитывая эффективную площадь приемной антенны, получаем:

$$P_R = P_T \left( \frac{1}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right) \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right). \quad (1)$$

Из (1) получаем выражение для потерь:

$$L_p = 10 \lg \left[ \left( \frac{1}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right) \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \right].$$

При исследовании распространения радиоволн в условиях городской застройки или внутри зданий и помещений возникает необходимость расчета коэффициента прохождения волны через стены, перегородки и другие слоистые среды. Рассмотрим падение электромагнитной волны на плоский слой толщиной  $d$ , свойства которого характеризуются относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями  $\epsilon_2$  и  $\mu_2$  (см. рис. 1). Сверху от слоя (в области  $z < 0$ ) свойства среды описываются параметрами  $\epsilon_1$  и  $\mu_1$ , а снизу (в области  $z > d$ ) –  $\epsilon_3$  и  $\mu_3$ .

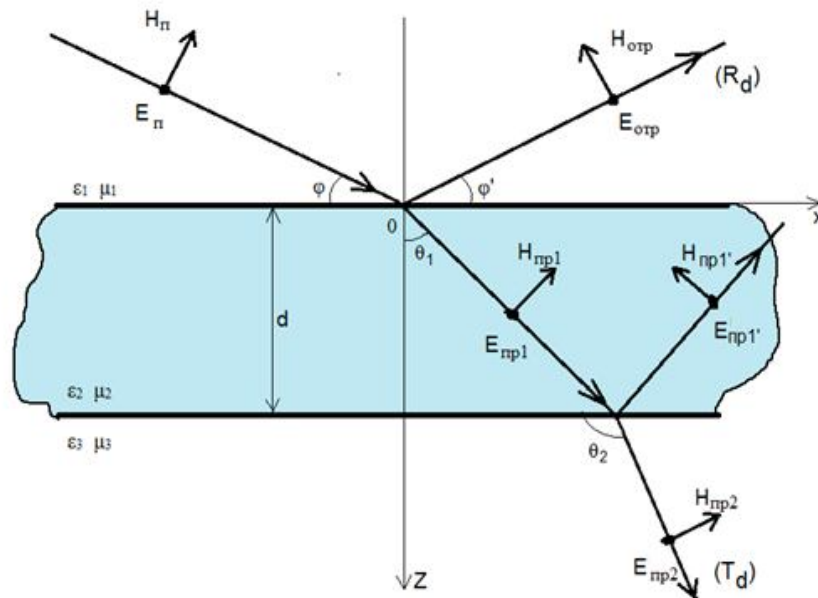


Рис. 1. Прохождение нормально поляризованной плоской волны через препятствие определенной толщины

Для ТЕ-поляризации компоненты электромагнитного поля можно представить в следующем виде:

$$\text{В области } z < 0: \quad E_{omp} = e^{ik_1 \sin \phi x} \left( e^{ik_1 \cos \phi z} + R_d^\perp e^{-ik_1 \cos \phi z} \right);$$

$$H_{omp} = -e^{ik_1 \sin \phi x} \frac{\cos \phi}{\zeta_1} \left( e^{ik_1 \cos \phi z} - R_d^\perp e^{-ik_1 \cos \phi z} \right).$$

$$\text{В области } 0 \leq z \leq d: \quad E_{нр1} = e^{ik_2 \sin \theta_2 x} \left( A e^{ik_2 \cos \theta_2 z} + B e^{-ik_2 \cos \theta_2 z} \right),$$

$$H_{нр1} = -e^{ik_2 \sin \theta_2 x} \frac{\cos \theta_2}{\zeta_2} \left( A e^{ik_2 \cos \theta_2 z} - B e^{-ik_2 \cos \theta_2 z} \right).$$

$$\text{В области } z > d: \quad E_{нр2} = e^{ik_3 \sin \theta_3 x} T_d^\perp e^{ik_3 \cos \theta_3 z},$$

$$H_{нр2} = -e^{ik_3 \sin \theta_3 x} \frac{\cos \theta_3}{\zeta_3} T_d^\perp e^{ik_3 \cos \theta_3 z}.$$

Здесь  $R_d^\perp$  и  $T_d^\perp$  – коэффициенты отражения и прохождения для слоя толщиной  $d$ . Используя условия непрерывности тангенциальных компонент поля на границах  $z=0$  и  $z=d$ , получим выражения для коэффициента отражения и коэффициента прохождения:

$$R_d^\perp = \frac{R_{23}^\perp e^{2i\delta} + R_{12}^\perp}{1 + R_{12}^\perp R_{23}^\perp e^{2i\delta}}, \quad T_d^\perp = \frac{T_{12}^\perp T_{23}^\perp e^{i\delta}}{1 + R_{12}^\perp R_{23}^\perp e^{2i\delta}},$$

где  $R_{12}^\perp$  и  $R_{23}^\perp$  – коэффициенты отражения Френеля плоской ТЕ-волны, падающей сверху на границы раздела сред  $z = 0$  и  $z = d$ ;  $T_{12}^\perp$  и  $T_{23}^\perp$  – коэффициенты прохождения плоской волны через эти границы.

Аналогично могут быть получены соответствующие коэффициенты для ТМ поляризации.

В работах [5...7] приведены некоторые результаты экспериментальных исследований электромагнитных свойств строительных конструкций (стен, перегородок и т.п.), исследованы свойства однородных строительных материалов. В табл. 1 приведены значения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь в диапазоне 2...7 ГГц для некоторых материалов.

Табл. 1

Материал	Относительная диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла потерь
Оргстекло	2,74	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Жалюзи (закрытые)	3,49	$5,96 \cdot 10^{-5}$
Жалюзи (закрытые)	1,96	$5,96 \cdot 10^{-5}$
Красный кирпич (сухой)	5,86	$1,16 \cdot 10^{-1}$
Красный кирпич (влажный)	5,92	$1,17 \cdot 10^{-1}$
Ковер	1,32	$5,96 \cdot 10^{-4}$
Потолочное покрытие	1,32	$1,44 \cdot 10^{-2}$
Ткань	1,49	$5,96 \cdot 10^{-5}$
Стекловолокно	1,02	$9,21 \cdot 10^{-4}$
Стекло	6,38	$2,6 \cdot 10^{-2}$
Линолеум	3,08	$1,45 \cdot 10^{-3}$
Хвойная доска	2,58	$2,0 \cdot 10^{-1}$
ДСП	2,7	$1,1 \cdot 10^{-1}$
Фанера	2,47	$1,27 \cdot 10^{-1}$
Гипсовая плита	1,07	$4,29 \cdot 10^{-1}$
Кафель	3,08	$5,88 \cdot 10^{-2}$
Толь	2,47	$3,86 \cdot 10^{-2}$

Следует отметить, что наиболее сильное отличие коэффициентов прохождения в разных частотных диапазонах наблюдается для красного кирпича и шлакоблоков.

При расчетах характеристик сигналов внутри зданий и помещений используются различные модификации лучевых методов [8...10], позволяющие учитывать отражение радиоволн от стен, пола и потолка, местных предметов, дифракцию волн на дверях и окнах и другие явления, сопутствующие распространению радиоволн.

### Литература

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1114 с.
2. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столлингс. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с.
3. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн / Ф.Б. Черный. – М.: Сов. Радио, 1972. – 464 с.
4. Черенкова Е.Л. Распространение радиоволн / Е.Л. Черенкова, О.В. Чернышев. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.

5. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн / Г.П. Грудинская. – М.: Высшая школа, 1967.
6. Craig K.H. Impact of numerical methods on propagation modeling. Modern Radio Science 1996. Edited by J. Hamelin. Oxford University Press, 1996, pp. 179-203.
7. Lawton M.C., MacGeehan J.P. The application of a deterministic ray launching algorithm for the prediction of radio channel characteristics in small-cell environments, IEEE Trans. Vehic. Tech., 1994, vol. 14, pp. 955-969.
8. Erceg V., Ghassemzadeh S., Taylor M., Li D., Schilling D.L. Urban/suburban out-of-sight propagation modeling. IEEE Communications Magazine. 1992, June 1992, pp. 56-61.
9. Nobles P. A study into indoor propagation factors at 17GHz and 60 GHz – Final Report. <http://www.radio.gov.uk/topics/ptopagation/indprop>
10. Ladrom O., Feurstein M.J., Rappaport T.S. A comparison of theoretical and empirical reflection coefficients for typical exterior wall surfaces in a mobile radio environment. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1996, v. 44, pp. 341-351.

УДК 681.5.01 621.37/.39.001.57; 681.5.01

**Жебка В.В.**, асп. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

### ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ КАТАСТРОФ

**Жебка В.В.** До питання визначення параметрів систем управління на базі методів теорії катастроф. Розглянуто поняття системи управління. Розглянуті основні поняття теорії катастроф. Досліджено спосіб визначення катастрофи.

**Ключові слова:** ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ, ТЕОРІЯ КАТАСТРОФ, ОПТИМІЗАЦІЯ

**Жебка В.В.** К вопросу определения параметров систем управления на базе методов теории катастроф. Рассмотрено понятие системы управления. Рассмотренные основные понятия теории катастроф. Исследован способ определения катастрофы.

**Ключевые слова:** ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ, ОПТИМИЗАЦИЯ

**Zhebka V.V. On the question of optimizing the parameters of control system based on catastrophe theory methods.** The notion of the control system. The basic concepts of the theory of catastrophes. Researched method for determining disaster.

**Keywords:** TELECOMMUNICATIONS, MANAGEMENT, CATASTROPHE THEORY, OPTIMIZATION

**Вступ.** У сучасному інформаційному суспільстві інтенсивного розвитку набуває телекомунікація. Одним з найважливіших завдань розвитку телекомунікацій є створення ефективної системи управління. Причому, ця система управління повинна працювати як в умовах стаціонарного режиму, так і в надзвичайних ситуаціях. Проте зміни відбуваються постійно. І навіть при плавній зміні умов в системі може виникнути стрибкоподібна зміна. Це можна передбачити за допомогою теорії катастроф.

**Основні засади системи управління.** Метою управління телекомунікаціями є забезпечення оптимального функціонування мереж телекомунікацій відповідно до їх призначення, при якому телекомунікації виконують необхідні завдання при мінімумі матеріальних, фінансових, фізичних, інтелектуальних витрат.

Завданням управління телекомунікаціями є забезпечення тривалої та якісної роботи засобів і мереж телекомунікацій у процесі їх постійного вдосконалення та розвитку в умовах різноманітних змінних впливів.

Управління – це багатофункціональний процес, основними функціями якого є:

- прогнозування (науково обґрунтоване передбачення перспектив розвитку об'єкта управління та можливих його станів до певного моменту);