

УДК 004.75

**Ю. Зік**, д-р техн. наук,

**В. Г. Бровков**, канд. техн. наук,

**М. Л. Пашковський, П. О. Ільїн**,

## РОЗРОБКА КОМУНІКАЦІЙНОГО ПРОТОКОЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

**Анотація.** Дана робота присвячена розробці методів передачі інформації в розподілених системах із забезпеченням таких характеристик, як мобільність, висока швидкість розгортання, інтерактивність, легкість використання. Системи такого роду можуть бути використані в різних галузях життєдіяльності людини.

**Ключові слова:** медіафасад, розподілена система, метод передачі інформації, клієнт, сервер, канал зв'язку, бездротова мережа, елемент індикації

**J. Sieck, PhD., V. Brovko, PhD.,**

**M. Pashkovskiy, P. Ilin,**

## DEVELOPMENT OF COMMUNICATION DATA TRANSMISSION PROTOCOL IN DISTRIBUTED SYSTEMS

**Abstract.** This work is devoted development the data transmission method in distributed systems with providing characteristics such as mobility, high speed deployment, interactivity, ease of use. Systems of this kind can be used in the fields of culture, art, education, and so on.

**Keywords:** media facade, distributed system, method of information transfer, client, server, link, wireless network, indication element

**Ю. Зік**, д-р техн. наук,

**В. Г. Бровков**, канд. техн. наук,

**Н. Л. Пашковський, П. О. Ільїн**,

## РАЗРАБОТКА КОММУНИКАЦИОННОГО ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

**Аннотация.** Данная работа посвящена разработке методов передачи информации в распределенных системах с обеспечением таких характеристик, как мобильность, высокая скорость развертывания, интерактивность, легкость использования. Системы такого рода могут использоваться в разных областях жизнедеятельности человека.

**Ключевые слова:** медиафасад, распределенная система, метод передачи информации, клиент, сервер, канал связи, беспроводная сеть, элемент индикации

**Вступ.** Одним з найважливіших напрямів науково-технічного прогресу в наш час є системи передачі інформації та мережеві технології. Будь-яка система передачі інформації є розподіленою системою, а координацію процесів передачі інформації в розподіленій системі здійснюють комунікаційні протоколи. Для вирішення більшості задач сьогодення існує значна кількість стандартних протоколів передачі інформації. Але поява нових інформаційно-комунікаційних систем, однією з яких, наприклад, є система управління медіа фасадом, вимагає необхідність розробки нових комунікаційних протоколів, які враховують особливості цих систем.

Як правило, такі системи відзначаються наступними характеристиками: мобільність, розподіленість, висока швидкість розгортання, інтерактивність, простота використання, висока якість трафіку.

Це обумовлює актуальність даної роботи, у якій вирішується завдання розробки комунікаційного протоколу з заданим рівнем якості трафіку для управління елементами індикації медіафасаду у бездротовій мережі на базі технології стандарту IEEE 802.15.4.

**Архітектура системи.** Розглянемо особливості архітектури системи управління елементами індикації медіа фасадом (рис. 1). Система складається з двох основних частин: серверної (Сервер) та клієнтської (Клієнт).

Клієнтська частина представлена Клієнтами – мобільними пристроями, наприклад, одним або кількома телефонами з операційною системою Android, які підтримують

управління візуалізацією та забезпечують взаємодію користувачів із системою. Клієнти можуть бути обладнані необов'язковими сенсорами, які використовуються для визначення просторового положення користувача відносно екрану, особливостей розташування мобільного пристрою, тощо.

До складу серверної частини входять: серверний контролер, серверний додаток та сенсори. Сенсори використовуються для визначення положення Клієнтів. Серверний додаток проводить загальне керування візуалізацією та системою загалом. Серверний контролер обробляє інформацію від сенсорів та визначає та розподіляє команди управління від серверного додатка на окремі завдання для Клієнтів. Серверний контролер проводить оновлення системи візуалізації та надсилає необхідні команди Клієнтам через канал зв'язку.

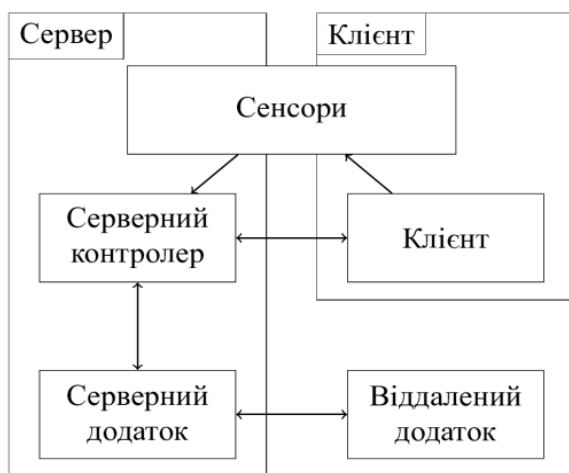


Рис. 1. Архітектура системи медіафасаду

Для розширення можливостей системи медіа-фасаду передбачене підключення до інших інформаційних систем за допомогою віддаленого додатку

Особливістю системи є те, що клієнти не підтримують зв'язок один з одним, їхня взаємодія здійснюється через серверний контролер.

#### Матеріали теоретичного дослідження

Таким чином, з урахуванням наведеної архітектури системи можна виділити два напрямки мережевого трафіку в системі:

- 1) трафік від Сервера до Клієнтів;
- 2) трафік від Клієнтів до Серверу.

Трафік від Сервера до Клієнтів складається в основному з команд оновлення візуалізації. Залежно від характеру візуалізації до цього виду трафіка можуть пред'являтися різні вимоги щодо часу і гарантій доставки. Але, можна очікувати, що команди візуалізації будуть складати основну частину всього мережевого трафіку.

Основну частину трафіку від Клієнтів до Серверу складають відповіді Клієнтів на запити Сервера та дані від сенсорів Клієнтів. Цей вид трафіку займає значну частину у загальному мережевому трафіку у випадку, якщо використовується модель Запит-Відповідь, або у разі наявності значної кількості інформації від сенсорів на Клієнтах для пересилки до Сервера.

Обидва види трафіку також використовуються для підтримки роботи мережі: ініціалізація мережі, асоціювання та де-асоціювання пристроїв, синхронізація, маршрутизація, тощо.

Враховуючі наведені особливості трафіку, доцільно побудову мережі будувати по топології «зірка», тобто Клієнти спілкуються лише із Сервером, який в даному випадку є РAN-координатором мережі. Таке рішення спростить контроль мережі і дозволить використати покращені механізми відправки команд управління.

Припустимо, що основна частина пропускнуої спроможності мережі витрачається на передачу команд оновлення візуалізації, тобто на трафік від Сервера до Клієнтів. Тоді маємо два можливі варіанти рівня трафіку від Клієнтів до Серверу:

- незначний трафік;
- значний трафік.

Незначним будемо називати рівень трафіку від Клієнтів до Серверу, який не заважає передачі трафіку від Сервера до Клієнтів.

Сценарій «незначний трафік» має місце у випадку, коли Клієнти візуалізації не обладнані сенсорами чи сенсори рідко змінюють свої показники. Команди управління також невеликі за розміром та змінюються досить рідко.

Для такого сценарію запропоновано використовувати режим роботи мережі *beaconless*: кожен пристрій в мережі може почати передачу будь-коли, всі пристрої конкурують за доступ до каналу зв'язку. Режим забезпечує простоту налаштування та викорис-

тання мережі. До недоліків можна віднести те, що режим роботи мережі beacon-less не дозволяє забезпечити задану пропускну спроможність для обраного класу трафіку у випадку, якщо попередня оцінка рівню трафіку від Клієнтів до Серверу насправді значно перевищує очікувану.

Сценарій «значний трафік» має місце у випадку, коли Клієнти візуалізації обладнані сенсорами, які часто змінюють та відправляють свої показники, або коли склад мережі змінюється часто.

Для цього сценарію запропоновано використовувати режим роботи мережі beacon-enabled, який забезпечує підтримку періодів GTS (Guaranteed Time Slot).

Доцільно основну частину кадру виділити під CFP (Contention Free Period) з урахуванням відношення критичного трафіку «Сервер-Клієнти» до сумарної долі трафіку у мережі. Протягом періоду CFP Сервер відправляє команди оновлення візуалізації та іншу службову інформацію. Залишок кадру відводиться під період CAP (Contention Access Period), протягом якого діють і Сервер і Клієнти. CAP відводиться для некритичного трафіку в обидві сторони, доступ до каналу зв'язку проводиться на конкурентній основі.

Виключне використання періоду CFP Сервером дозволяє ввести гарантії на якість обслуговування мережі QoS (Quality of Service), планувати пропускну спроможність та час затримки. До недоліків запропонованого режиму належить, по-перше, необхідність додаткового налаштування параметрів кадру, що ускладнює роботу Сервера. По-друге, цьому режиму характерна менша загальна пропускну спроможність. Оскільки період CAP є обов'язковим, тобто деяка частина кадру завжди відведена під нього, Сервер не здатний використовувати для передачі критичних даних максимально можливу полосу пропускання. Якщо жоден Клієнт не веде передачу протягом CAP, цей час втрачається марно.

Розглянемо можливі варіанти реалізації механізму передачі управляючих команд та проведемо оцінку розміру мережі, що може бути розгорнута. Розмір мережі будемо оцінювати за кількістю Клієнтів, що можуть бути підтримані мережею при заданих харак-

теристиках трафіку від Сервера до Клієнтів.

Перший варіант реалізації механізму передачі управляючих команд - управління із відправкою команд окремо до кожного Клієнта.

Розмір мережі визначається

$$N(p, T) = \frac{R(p)}{r(p, T)}, \quad (1)$$

де  $T$  – інтервал часу, через який візуалізація повинна оновлятися;  $p$  – розмір корисного навантаження від однієї команди оновлення

візуалізації;  $r(p, T) = \frac{p}{T}$  – інтенсивність трафіку, що генерується оновленнями візуалізації;  $R(p)$  – пропускну спроможність мережі при заданому розмірі корисного навантаження пакетів.

Аналіз виразу (1) показує, що розмір мережі зменшується при зменшенні інтервалу між посланнями. Розмір мережі також зменшується при збільшенні розміру корисного навантаження кадру. Однак, навіть при використанні невеликих кадрів, розмір мережі залишається дуже обмеженим, близько 10 Клієнтів.

Тобто такий варіант оновлення мережі доцільно використовувати у випадку, коли не потрібно часто оновлювати команди візуалізації на вузлах або коли одне оновлення може запрограмувати вузол на довгострокову дію.

Для усунення обмежень, які притаманні управлінню із відправкою команд окремо до кожного Клієнта запропоновано другий варіант реалізації механізму передачі управляючих команд – управління із мультиплексуванням команд до Клієнтів.

Команди оновлення візуалізації для окремих Клієнтів можна об'єднати разом і відправити одним мережевим кадром, тобто, команди можна мультиплексувати.

При використанні мультиплексування команд розмір мережі визначається

$$N(p, T) = \frac{R(p_{max})}{r(p_{max}, T)} \frac{p_{max}}{p}, \quad (2)$$

де  $p_{max}$  – максимальний розмір корисного навантаження кадру при обраному режимі адресування та параметрах безпеки.  $p_{max}$  може ся-

гати до 122 байт за стандартом IEEE 802.15.4.

Такий варіант у порівнянні з першим дозволяє досягти збільшення розміру мережі у 2–20 разів в залежності від розміру корисного навантаження команд. Недоліком мультиплексування команд є ускладнення протоколу: необхідно додатково передавати інформацію про відповідність команд та Клієнтів, які знаходяться в кадрі. У випадку, якщо команди повинні бути відправлені не за регулярними інтервалами часу, використання цього варіанту недоцільне.

**Експериментальні дослідження.** Для перевірки роботи протоколу мережі розроблена програмна модель мережі управління елементами індикації медіафасаду. Для розробки програмної моделі використовувалось середовище моделювання NS-2.

Для моделювання трафіку від Сервера до Клієнтів використано агент для генерації ширококомовного трафіку з пакетами однакового розміру, які відправляються через однакові періоди часу. Трафік від Клієнтів до Сервера розглядався як пуасонівський процес, тобто час відправлення пакетів відповідає пуасонівському закону розподілу, розмір пакетів не змінювався.

Було проведено перевірку роботи режимів beacon-less та beacon-enabled для побудованої мережі з різною кількості Клієнтів та при різному рівні навантаження трафіку від Клієнтів до Сервера (рисунки 2 та 3).

Проведені експерименти показали, що в режимі роботи beacon-less зі зменшенням інтервалу передачі пакетів Клієнтами, тобто при збільшенні інтенсивності трафіку ( $nn$  – коефіцієнт відносної інтенсивності трафіку) від Клієнтів до Серверу, доля успішно доставлених пакетів трафіку від Сервера до Клієнтів падає (рис. 2).

В режимі роботи beacon-enabled (рис. 3) мережа здатна підтримувати успішну доставку пакетів від Сервера до Клієнтів незалежно від розміру мережі або інтенсивності трафіку від Клієнтів до Серверу.

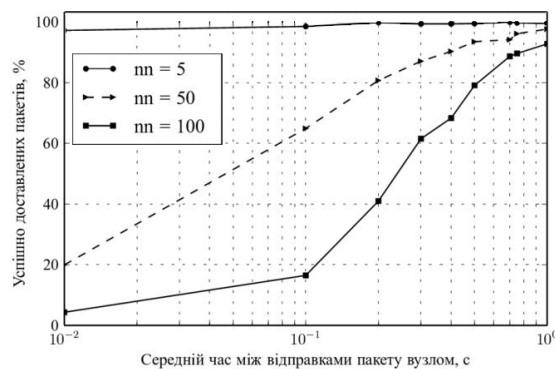


Рис. 2. Передача пакетів від Серверу до Клієнтів в режимі роботи beacon-less

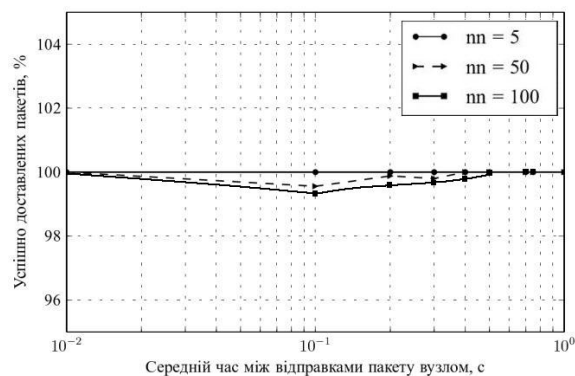


Рис. 3. Передача пакетів від Серверу до Клієнтів в режимі роботи beacon-enabled

**Висновки.** В роботі запропоновано архітектуру розподіленої системи управління медіа фасадом. Розроблено комунікаційний протокол для передачі інформації в такій системі, який забезпечує підтримку заданої якості передачі QoS для трафіку від Серверів до Клієнту в умовах змінного навантаження трафіку від Клієнтів до Серверу. Запропоновано механізм передачі трафіку із мультиплексуванням команд від Сервера, що дозволило збільшити розмір мережі в 2–20 разів, що підтверджено експериментальними дослідженнями.

Запропоновані рішення по системі управління медіа фасадом можуть знайти застосування в галузях культури, мистецтва, навчання, реклами тощо.

#### Список використаної літератури

1. Гусак Н. А. Электрооптические дефлекторы световых пучков градиентного типа / Н. А. Гусак. – Минск : Наука и техника. – 1978. – С. 36–54

2. Щербак Ю. М. Акустооптический дефлектор в составе голографического запоминающего устройства / Ю. М. Щербак, В. И. Сагайзак. – Минск : Наука и техника. – 1978. – С. 54 – 73
3. Ямамото М. Лазерные устройства отображения информации / М. Ямамото, Т. Танеда. – М. : Мир. – 1979. – С. 11 – 72
4. Ilin P., Brovko V., and Sieck J. Media Facade, (2013), *The 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS): Technology and Applications*, pp. 474 – 477.
5. IEEE Std 802.15.4-2011. IEEE Standard for Local and Metropolitan area Networks Part 15.4: *Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Revision of IEEE Std 802.15.4-2006* [Electronic resource]. (2011), 314 p. Mode of access: (10.09.2011), <http://dx.doi.org/10.1109/IEEESTD.2011.6012487>.
6. Harper R., Rodden T., Rogers Y., and Sellen A. Being Human, (2008), *Human-Computer Interaction in Year 2020*. Microsoft Research Ltd., pp. 355 – 360.
7. Harris E., Fitzpatrick G., Rogers Y., Price S., Phelps T., and Randell C. From Snark to Park: Lessons Learnt Moving Pervasive Experiences from Indoors to Outdoors, (2004), *Proceedings of OzCHI'04, Australian Computer Society, Inc.* Pp. 215 – 222/
8. Harrison S., and Dourish P. Re-Place-ing Space: The Roles of Place and Space in Collaborative Systems. (1996), *Proceedings of CSCW'96, New York: ACM*, pp.67 – 76.
9. Hornecker E., Marshall P., and Rogers Y. From Entry to Access: How Shareability Comes About, (2007), *Proceedings, DPPI'07, ACM, Helsinki, Finland*, pp. 37 – 45.
10. Löwgren J., and Stolterman E. Thoughtful Interaction Design, (2004), *MIT Press*.
11. McCullough M. Digital Ground: Architecture, Pervasive Computing and Environmental Knowing, (2005), *The MIT Press*.
12. Mueller F.F., Gibbs M.R., and Vetere F. Design Influence on Social Play in Distributed Exertion Games, (2009), *Proceedings, CHI'09, ACM, Boston, MA, USA*, pp. 152 – 160.
13. O'Hara K., Glancy M., and Robertshaw S. Understanding Collective Play in an Urban Screen Game Proceedings, (2008), *CSCW'08, ACM, San Diego, CA, USA*, pp. 93 – 99.
14. O'Hara K., Grian H., and Williams J. Participation, Collaboration and Spectatorship in an Alternate Reality Game, (2008), *Proceedings, OzCHI'08, ACM*, pp. 57 – 64.
15. Pop S., and Struppek M. Media Facades Festival Europe, (2010), <http://www.mediafacades.eu/>.
16. Schieck A.F., Kostakos V., and Penn A. Exploring Digital Encounters in the Public Arena, (2010), *Shared Encounters, Springer, London*, pp. 43 – 55.
17. Schieck A.F., and O'Neill E. The Urban Screen as a Platform for Communication, (2009), *Proceedings of CHI'09*, pp. 128 – 152.
18. Sheridan J.G., and Byran-Kinns N. Designing for Performative Tangible Interaction, (2008), *International Journal of Arts and Technology*, pp. 288 – 308.
19. Stukoff M.N., Willis K.S., Roussos G., Chorianopoulos K., and Struppek M. Bluetooth as a Playful Public Art Interface, (2010), *Shared Encounters, Springer, London*, pp. 127 – 151.
20. Wolf T.V., Rode J.A., Sussman J., and Kellogg W.A. Dispelling “Design” as the Black. Art of CHI, (2006), *Proceedings of CHI'06, ACM*, pp. 33 – 37/

Получено 20.02.2014

#### References

1. Gusak N.A. Elektricheskie deflektory svetovyh puchkov gradientnogo tipa. [Electro-optical Deflectors Light Beams tum Gradient Type], (1978), *Nayka i tehnik Publ., Minsk, Belarus*, pp. 36 – 54 (In Russian).
2. Scherbak U.M., and Sagayzak V.I. Akusticheskoopticheskiy deflector v sostave голографического запоминающего устройства [Acousto-optical Deflector Comprising Holographic USB Storage Device], 1978, *Kn.: Opticheskie Metody Obrabotki Informacii, Nayka i Tehnika, Minsk, Belarus*, pp. 54 – 73 (In Russian).
3. Yamamoto M., and Taneda T. Lazernye ustroystva otobrazheniya informacii [Laser Display Device.], (1979), *Kn.: Dostigeniya v Tehnike Perekhachi i Vosproizvedeniya Izobrazheniy. Moscow, Russian Federation, Mir*, pp. 11 – 72 (In Russian).
4. Ilin P., Brovko V., and Sieck J. Media Facade, Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), (2013), *The 7th International Conference on Technology and Ap-*

*plications*, pp. 474 – 477 (In English).

5. IEEE Std 802.15.4-2011. IEEE Standard for Local and Metropolitan area Networks Part 15.4, (2011), Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). Revision of IEEE Std 802.15.4-2006 [Electronic resource], 314 p. Mode of access: (10.09.2011)

<http://dx.doi.org/10.1109/IEEESTD.2011.6012487> (In English).

6. Harper R., Rodden T., Rogers Y., and Sellen A. Being Human, 2008, Human-Computer Interaction in the Year 2020. Microsoft Research Ltd. pp. 355 – 360 (In English).

Harris E., Fitzpatrick G., Rogers Y., Price S., Phelps T., and Randell C. From Snark to Park: Lessons Learnt Moving Pervasive Experiences from Indoors to Outdoors, (2004), *Proceedings of OzCHI'04, Australian Computer Society, Inc.* pp. 215 – 222 (In English).

Harrison S., and Dourish P. Re-Place-ing Spact: The Roles of Place and Space in Collaborative Systems, (1996), *Proceedings of CSCW'96*, New York: ACM, pp. 67 – 76 (In English).

7. Hornecker E., Marshall P., and Rogers Y. From Entry to Access: how Shareability Comes About, (2007), *Proceedings DPPI'07, ACM, Helsinki, Finland*, pp. 37 – 45 (In English).

8. Löwgren J., and Stolterman E. Thoughtful Interaction Design, (2004), *MIT Press*.

9. McCullough M. Digital Ground: Architecture, Pervasive Computing and Environmental Knowing, (2005), *The MIT Press* (In English).

10. Mueller F.F., Gibbs M., R., and Vetere F.. Design Influence on Social Play in Distributed Exertion Games, (2009), *Proceedings of CHI'09, ACM, Boston, MA, USA*, pp. 152 – 160 (In English).

11. O'Hara K., Glancy M., and Robertshaw S. Understanding Collective Play in an Urban Screen Game, (2008), *Proceedings of CSCW'08, ACM, San Diego, CA, USA*, pp. 93 – 99 (In English).

12. O'Hara K., Grian H., and Williams J. Participation, Collaboration and Spectatorship in an Alternate Reality Game, (2008), *Proceedings of OzCHI'08, ACM*, pp. 57 – 64 (In English).

13. Pop S., and Struppek M. Media Facades Festival Europe, (2010), <http://www.mediafacades.eu/>

14. Schieck A.F.g., Kostakos V., and A.Penn. Exploring Digital Encounters in the Public Arena,

(2010), *Shared Encounters*, Springer, London, pp. 43 – 55 (In English).

15. Schieck A.F., and O'Neill E. The Urban Screen as a Platform for Communication, (2009), *Proceedings of CHI'09*, pp. 128 – 152 (In English).

16. Sheridan J.G., and Byran-Kinns N. Designing for Performative Tangible Interaction, (2008), *International Journal of Arts and Technology*, pp. 288 – 308 (In English).

17. Stukoff M. N. Bluetooth as a Playful Public Art Interface, (2010), *Shared Encounters*, Springer, London, pp. 127 – 151 (In English).

18. Wolf T.V., Rode J.A., Sussman J., and Kellogg W.A. Dispelling “Design” as the Black Art of CHI, (2006), *Proceedings of CHI'06, ACM*, pp. 33 – 37 (In English).



Ільїн Павло  
Олександрович, магістр кафедри інформаційних систем Одеського нац. політехн. ун-ту  
Т.: (048) 705-83-56  
E-mail: [ilin.pa@gmail.com](mailto:ilin.pa@gmail.com)



Зік Юрген,  
д-р, професор Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin,  
Т.: (4930) 5019-2349  
VG 801.  
E-mail: [j.sieck@htw-berlin.de](mailto:j.sieck@htw-berlin.de)



Бровков Володимир  
Георгійович,  
к.т.н., проф. каф. інформаційних систем Одеського нац. політехн. ун-ту.  
Т.: (048) 705-83-56,  
E-mail: [vladimir.brovkov@htw-berlin.de](mailto:vladimir.brovkov@htw-berlin.de)



Пашковський Микола  
Людвикович,  
ст. викладач каф. інформаційних систем Одеського нац. політехн. ун-ту.  
Т.: (048) 705-85-86,  
E-mail: [pnl83@mail.ru](mailto:pnl83@mail.ru)