

АЛГОРИТМ РОЗГОРТАННЯ ШЛЮЗІВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗУМНОГО ДОМУ

Валуїський С. В., Пономаренко І. О.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: valuiskyi.stanislav@lil.kpi.ua

ALGORITHM OF IOT GATEWAY DEPLOYMENT FOR SMART HOME

This article examines a method for deploying IoT gateways in smart homes using optimization models. The models aim to determine the minimum number of IoT gateways required to cover a desired area, their locations, and the distribution of IoT devices to the corresponding gateways. The study considers communication technologies such as ZigBee, Wi-Fi, and BLE and uses linear programming to optimize the number of gateways and devices.

Інформаційні технології стали невід'ємною частиною повсякденного життя людей та підприємств, а концепція Інтернету речей (IoT) безпосередньо сприяє змінам у повсякденному житті. У зв'язку зі зростанням популярності розумних будинків, планування та оптимізація розгортання шлюзів Інтернету речей (IoT) стає все більш актуальною проблемою. Шлюзи IoT відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної комунікації між пристроями в розумному будинку. На сьогодні не достатньо вирішеною є проблема планування та оптимізації розгортання шлюзів у розумних будинках, а саме проблема мінімізації кількості шлюзів розумного будинку та розгортання мінімальної кількості шлюзів, щоб кількість розгорнутих шлюзів для підтримки зв'язку пристроїв Інтернету речей могла бути мінімізована.

Математична постановка задачі. Враховуючи мету мінімізації кількості шлюзів, визначимо змінні для прийняття рішення:

X_{ij} – матриця зв'язків між пристроями із шлюзом;

Y_i – множина шлюзів, які були активовані для задоволення потреб пристроїв.

У таблиці 1 представлені параметри, які були використані для моделі оптимізації, заснованої на лінійному програмуванні. Враховуючи координати пристроїв Інтернету речей ($D_{i,j}$), оптимізаційна модель передбачала зв'язок кожного пристрою із шлюзом (Y_i). Шлюз повинен бути в межах досяжності певної радіо технології (r). Цей зв'язок відбувся за допомогою змінних прийняття рішення. Кожному пристрою було призначено шлюз, але з кожним певним шлюзом могло бути пов'язано декілька пристроїв. Модель використовувала ці обмеження для створення асоціацій, які відповідали необхідним критеріям для досягнення запропонованої мети. Мета оптимізаційної моделі представлена рівнянням (1):

$$\min \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1)$$

де Y_i представляє активні шлюзи. Рівняння (1) являє собою мінімізацію кількості шлюзів (Y_i). Кожен $D_{i,j}$ є точкою-кандидатом на шлюз.

Таблиця 1. Змінні в моделі оптимізації лінійного програмування

Змінна	Опис
r	Діапазон безпроводової технологій
n	Кількість розгорнутих пристроїв
c	Смуга пропускання, яка використовується пристроєм
cb	Загальна пропускна здатність каналу зв'язку
$A_{i,j}$	Всі можливі точки в межах бажаної області
$D_{i,j}$	Координати розгорнутих пристроїв
$Mdist_{i,j}$	Матриця відстані (вимірюється між точкою пристрою та точками інших розгорнутих пристроїв)
$Mativ_{i,j}$	Двійкова матриця (де 0 вказує на те, що відстань між пристроями не знаходиться в межах досяжності, а 1 вказує на те, що відстань між пристроями знаходиться в межах досяжності технології)

Визначимо мінімальну кількість шлюзів, необхідну для забезпечення покриття пристроїв Інтернету речей:

$$\sum_{j=1}^n X_{i,j} = 1, \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$X_{i,j} \leq Mativ_{i,j} * Y_i, \quad i, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{i,j} = 1 * c - cb \leq 0 \quad (4)$$

$$X_{i,j} \geq 0, \quad i, j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$Y_i \geq 0, \quad i, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

Обмеження, які спричинені рівняннями (2) та (3), мають на меті зв'язати пристрій з одним шлюзом. Рівняння (4) обмежує кількість пристроїв на шлюз з урахуванням пропускної здатності каналу зв'язку і не допускає перевищення певної максимальної пропускної здатності. У випадку, коли максимальна пропускна здатність буде перевищена, активується інший шлюз для задоволення необхідних вимог. Рівняння (5) та (6) створюють невід'ємні обмеження.

Реалізація оптимізаційної моделі дозволяє визначити активні шлюзи (Y_i) та асоціацій між пристроями та відповідними шлюзами ($X_{i,j}$). Виходячи з цих результатів, можна побудувати графік, використовуючи модель розумного дому або підприємства, на якому показати положення шлюзів і відповідних пристроїв Інтернету речей, утворюючи таким чином кластер.

Опис алгоритму. Планування та оптимізація розгортання шлюзу IoT для мереж зв'язку мають на меті розрахувати мінімальну кількість шлюзів, необхідних для покриття певної території, та кількість пристроїв IoT на шлюз. Для кількісної оцінки враховується діапазон використовуваної технології бездротового зв'язку і пропускна здатність каналу зв'язку шлюзу. Кінцевою метою було мінімізувати кількість шлюзів при максимальному охопленні пристроїв у межах бажаної зони.

Кожна пара координат для нанесених точок у певній області була використана як вхідний параметр для моделі оптимізації, заснованої на лінійному програмуванні. Запропонована модель передбачає вибір точки встановлення пристроїв IoT випадковим чином, використовуючи початкове значення, але вони також могли бути визначені відповідно до реальності їх розгортання (тобто їх реальних позицій). При використанні реальних позицій необхідно було мати координати місця, в якому повинно було бути розгорнуто пристрій.

Література

1. Planning and Optimization of Software-Defined and Virtualized IoT Gateway Deployment for Smart Campuses / D. Ferreira та ін. *Sensors*. 2022. Т. 22, № 13. С. 4710. URL: <https://doi.org/10.3390/s22134710>.
2. Efficient Gateways Placement for Internet of Things with QoS Constraints / I. Gravalos та ін. *GLOBECOM 2016 - 2016 IEEE Global Communications Conference*, м. Washington, DC, USA, 4–8 груд. 2016 р. 2016. URL: <https://doi.org/10.1109/glocom.2016.7841780>.