**Гайворонська Галина Сергіївна. Багатофакторна оптимізація просторово-часової структури телекомунікаційних мереж : Дис... д-ра наук: 05.12.02 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | *Гайворонська Г. С. Багатофакторна оптимізація просторово-часової структури телекомунікаційних мереж. – Рукопис*.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за фахом 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій. Київ, 2007.  Робота присвячена оптимізації динамічного розвитку телекомунікаційної мережі під час введення двох взаємозв’язаних видів обладнання, параметри яких потребують змінення принципів планування мережі з урахуванням просторових та часових факторів. Розроблено метод оптимізації ТМ. Виконано аналіз факторів, що впливають на структуру ТМ та оцінка чуттєвості мережі на варіації кожного фактора. Класифіковані інформаційні послуги та розроблено вимоги для надання цих послуг. Сформульована математична модель просторово-часової системи дослідження. Досліджено та формалізовано низку задач цілочисельного лінійного та нелінійного програмування, розв’язання яких дозволило виконати оптимізацію мережі та загальну задачу оптимізації еволюції ТМ. Розроблено алгоритмічне рішення загальної задачі та реалізовано універсальний програмний комплекс для дослідження різноманітних аспектів розвитку та модернізації ТМ. | |
| |  | | --- | | Сукупність наукових положень, сформульованих і обґрунтованих у дисертації, складає теоретичне узагальнення та нове вирішення важливої народногосподарської задачі багатофакторної оптимізації просторово-часової структури телекомунікаційної мережі за критерієм мінімальної величини поточних витрат, а також практичну реалізацію засобів програмного планування мереж перехідного періоду, забезпечуючи підвищення технічної та економічної ефективності ТМ.  При цьому отримані істотні наукові та практичні результати:   1. Висвітлено тенденції планування та оптимізації ТМ і показано, що існуючі методи планування не в повній мірі відповідають реальному стану мереж, морально застаріли та потребують уточнення. Показано, що внаслідок зміни ситуації у сфері інфокомунікацій акценти планування змістилися та більш важливим виявилось планування місцевих мереж, на відміну від попереднього підходу, де більше уваги приділялося магістральним мережам. При цьому на місцевих мережах вводяться як опорні вузли, так і виносні модулі, взаємозв’язок яких потребує корекції методів проектування мереж. 2. Проблема дослідження позиціонована як задача вибору, для якої недоцільно використовувати багатокритеріальні постановки, та сформульована як знаходження оптимальної структури ТМ за економічними показниками, до яких відносяться вартість модернізації на кожному з етапів розвитку з урахуванням поточної вартості майбутніх грошових потоків, що визначається коефіцієнтом дисконтування. Показники ефективності мережі та період часу модернізації вводяться у вигляді умов та обмежень. 3. Аналіз впливу різноманітних факторів на процес еволюції ТМ та їх кореляції дозволив виявити найбільш значущі серед них і формалізувати їх, що дало можливість створити модель просторово-часової структури ТМ. 4. Для різноманітних умов функціонування ТМ запропоновані аналітичні моделі, що описують вимоги на підключення нових користувачів. 5. Побудована модель представлення класів послуг, котра наочно відображає параметри послуг певного класу та є гнучкою з точки зору можливості розширення. Запропоновано також рівневу модель надання послуг для опису взаємодії виду послуги, методу кодування сигналу, режиму переносу інформації, технології в мережі доступу та середовища передачі інформації. Запропоновані моделі, дозволяють формалізувати завдання певних послуг для автоматизації процесу планування ТМ, що приводить до скорочення працезатрат і підвищення точності. 6. Сформульована математична абстракція, що дозволяє формалізувати дослідження процесу модернізації ТМ разом у часі та у просторі. Запропоновано для опису мережі у часі та просторі використовувати п’ять груп параметрів: період часу дослідження, топологічну структуру мережі, що досліджується, вимоги до обслуговування та збільшення ємності мережі, технічні й економічні параметри існуючого обладнання та обладнання, що вводиться, економічні параметри еволюції мережі. Для кожної групи параметрів побудовані математичні абстракції, які формують загальну просторово-часову структуру. 7. Міжвузлове навантаження у кожний момент часу представлено у вигляді числової функції, заданої на декартовому добутку множини пар вузлів та моментів часу. Значення цієї функції можуть відповідати як величинам реальних вимірювань між вузлами у заданий час, так і отриманим у результаті прогнозу. Враховуючи дискретність та обмеженість проміжку часу, що розглядається, отримана скінчена система матриць навантаження, яка дозволяє реалізувати просторово-часове представлення міжвузлового навантаження для аналітичного дослідження еволюції ТМ у часі та просторі. 8. Введені формалізовані описи типів систем комутації, що встановлюються на вузлах мережі в кожний момент часу у вигляді відображення і параметрів вартості обладнання. Запропоновано розглядати стани вузла та допустимі переходи між ними у вигляді частково впорядкованої множини, що дало змогу формалізувати опис будь-якого можливого стану вузла та будь-яку кількості переходів. 9. Доведено, що абстрактну модель еволюції мережі можна представити у вигляді пари функцій , що описують типи обладнання, встановленого на кожному вузлі в кожний момент часу, та структуру підключення виносних модулів. Запропоновано для завдання опорного вузла використовувати відображення виду , в якому являє собою множину точок просторово-часової системи, які потребують опорного обладнання, а – множина точок простору, на яких протягом періоду дослідження введено опорне обладнання. Побудоване відображення дає можливість формалізувати структуру підключення виносів до опорних вузлів у моделі дослідження еволюції ТМ. 10. Розроблена узагальнена модель оптимізації просторово-часової структури ТМ за критерієм мінімальної поточної вартості майбутніх витрат, з використанням якої виконано дослідження стратегій еволюції ТМ. Запропоновано модифіковане представлення дисконтного коефіцієнту для приведення значень майбутніх грошових потоків до поточного періоду. 11. Розроблена графічна модель еволюції вузла, що дозволяє представити окремі компоненти витрат у вигляді площ плоских областей і довжин векторів, завдяки чому методом інтегрування отримані поточні вартості компонентів капітальних та експлуатаційних витрат і показано, що обидва представлення мають однаковий вигляд відносно параметрів стратегії еволюції з точністю до коефіцієнтів. Це дало змогу побудувати загальну функцію вартості еволюції вузла та сформулювати задачу дискретного нелінійного програмування, розв’язання якої відповідає оптимальній стратегії еволюції вузла. 12. Введено поняття чистої стратегії еволюції вузла та ТМ, сформульована і доведена теорема, котра визначає умови, за яких оптимальна стратегія еволюції вузла буде чистою, що дає можливість ідентифікувати окремий випадок чистих стратегій і за рахунок цього використати простіші методи у порівнянні з методами вирішення задачі в загальному вигляді. Сформульована та доведена теорема, що визначає умови, за яких функція вартості еволюції вузла буде випуклою, що дозволило сформулювати ознаку чистоти стратегії еволюції вузла, для якої можливий розв’язання задачі аналітичними методами. Показано, що сукупність оптимальних стратегій еволюції кожного вузла мережі не дає оптимальної стратегії еволюції всієї мережі, оскільки необхідно враховувати можливість підключення виносів до опорних вузлів, на яких має бути завчасно встановлено нове обладнання. Доведено, що визначення оптимальної стратегії еволюції мережі зводиться до «задачі розташування» бінарного дискретного лінійного програмування за умови, що стратегія еволюції мережі є чистою. Обґрунтовано можливість та доцільність використання методів математичного програмування для оптимізації просторово-часової структури ТМ. 13. Побудовано математичний апарат кривих переваги для спрощеного вибору оптимальної стратегії за заданими початковою ємністю та коефіцієнтом росту мережі, що дозволяє проектувальнику обирати серед чистих стратегій еволюції мережі оптимальну. На основі апарату кривих переваги сформульовано умови, що дозволяють апріорно робити висновки про доцільність введення опорного устаткування на певному вузлі, та властивості стратегії еволюції вузла. 14. Здійснено дослідження еволюції мережі у випадку, коли оптимальна стратегія не є чистою, але відноситься до одного з трьох класів стратегій, які не допускають змін підключення виносу до опорного вузлу. Для наведених умов сформульована бінарна задача нелінійного програмування та показано, що вона у загальному випадку є нерозв’язаною. Запропоноване рішення задач класу й показана оптимальність використання стратегії граничних рівнів при управлінні ємністю вузла. Запропонований алгоритм рішення, що реалізує, розвантаження перевантажених вузлів і, що дозволяє вибрати оптимальний момент введення нового вузла для переключення користувачів з перевантаженого вузла. 15. Розроблено метод визначення оптимального сценарію еволюції вузла за критерієм мінімальних поточних витрат у залежності від моментів накладання нового обладнання та заміни старого. Виконане математичне формулювання проблеми оптимізації просторово-часової структури ТМ у загальному вигляді, для заданих умов, як задачі цілочисельного нелінійного програмування та показано, що сформульована задача відноситься до класу *NP*-складних, тобто є в теперішній час нерозв’язною у загальному вигляді аналітичними методами. 16. Розроблено та реалізовано алгоритмічну процедуру, що дозволяє автоматизувати процес планування ТМ з урахуванням мінімізації витрат. При цьому задача визначення розташування опорного та виносного обладнання, що забезпечує мінімальну вартість еволюції мережі з дотриманням обмежень доступності обладнання, зведена до класичної транспортної задачі лінійного програмування. Для визначення допустимої множини виносів, що підключаються до певного опорного вузла, запропоновано використовувати методи розв’язання задачі математичного програмування «про рюкзак», що дозволило розробити універсальний алгоритм пошуку максимуму цільової функції, яка визначає сумарну ємність виносів, що можуть бути підключені до одного опорного вузла, та визначення умов, за яких цей максимум досягається. Розроблена алгоритмічна процедура виділення додаткових опорних вузлів, що дозволяє задовольнити всі вимоги на підключення до мережі при забезпеченні її мінімально можливої вартості. 17. Розроблена алгоритмічна процедура реалізована у програмному комплексі, який здійснює процес оптимізації еволюції мережі. Для програмного комплексу розроблена рівнева та об’єктна моделі, для адаптації до різних прикладних задач. Його використання дозволяє зменшити витрати часу на оптимізацію мережі практично на порядок у порівнянні з найкращими із відомих існуючих засобів автоматизованого проектування. За допомогою реалізованого програмного комплексу досліджено залежності: вартості мережі від помилок прогнозування вихідних даних; вартості мережі від способу маршрутизації та використання двосторонніх ліній, а також дана оцінка використання методів прогнозування сезонних коливань навантаження. 18. Розроблені теоретичні положення та програмні засоби автоматизованого проектування застосовано при практичному проектуванні телекомунікаційних мереж низки регіонів України, в науково-дослідних роботах НАЦ «ТЕЛЕКОМ» та в навчальному процесі двох ВНЗ України. | |