

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ПРИ ПОШИРЕННІ ІНФОРМАЦІЇ В ІР-МЕРЕЖАХ

*Казимир В.В., **Кенійз Я.Я., **Черних Д.О.

*Інститут проблем математичних машин і систем НАНУ

**Національний авіаційний університет

wkazymyr@gmail.com

У статті описується підхід до моделювання процесів поширення інформації в ІР-мережі, який базується на використанні математичного апарату мереж Петрі, а саме Е-мереж. Завдяки тому, що фактично моделюється алгоритм керування, досліджувані моделі можуть бути застосовані безпосередньо при реалізації систем керування процесом поширення інформації. У моделях відображаються не тільки генерація голосового повідомлення та процедура маршрутизації, а й методи захисту інформації, що застосовуються. Реалізація та дослідження моделей відбувається за допомогою спеціально розробленої системи імітаційного моделювання. Запропоновано варіант аналізу процесів керування процесами передавання інформації в мережах стільникового зв'язку за допомогою системи імітаційного моделювання JESS та управління сигналами в мережі шляхом аналізу вихідних даних системи використанням зворотного зв'язку з використанням нової модифікації формального апарату Е-мереж — Control Evaluation Net, що стає дедалі необхідним у нашому випадку, коли голосова інформація перетворюється у швидкісний потік даних і, проходячи по каналу зв'язку, кілька разів змінює свою форму, що призводить до непередбачуваних результатів і можливих спотворень даних, проблеми проведення всіх перетворень інформації в реальному часі, а саме в темпі голосової розмови.

In this article described a way of the design of processes Carboy distribution information in IP-net, which is based on the use utilizing of mathematical vehicle Petrinets, namely E-net. Thanks to that, which is actually in fact modeling by management algorithm, models which are in researching explore can be used directly immediatel during realization the control of system by a process Carboy distribution of information. Not only is the generation of vocal message communication and procedure proc of routing but also methods of defences displayed in models, that used. Realization and research work-up of models takes a place by means of the specially developed system of imitation look-alike modeling imagineering. The variant analysis of processes Carboy of management passing the information processes Carboy is offered in cellular honeycomb communication networks by means of the system of imitation look-alike design imagineering of JESS and management signals in network by the analysis of output information of the system by the use utilizing of feed-back by the use of new firsttime modification of formal vehicle of E-net — Control Evaluation Net. Which becomes stands a necessary in our case, when vocal information transformation into the speed velocity flow of data information and passing on a communication channel, a few a little times changes the form shape, which results in to unforeseeable results and possible deformation disfigurement of information, the problem of realization of all information transformations in real-time, namely in the rate tempo of vocal talk.

© В.В. Казимир, Я.Я. Кенійз, Д.О. Черних, 2009

**Вс
тип**

Із усе більшим поширенням ІР-мереж як засобу інформаційного обміну між абонентами, в ролі яких можуть розглядатися не тільки окремі комп'ютери, а й користувачі мобільних телефонів, стає дедалі наявною проблема контролю передавання інформації. Під час передавання ін-формації через ІР-мережу досягається можли-вість дзвонити з будь-якого місця, де є підключення до мережі Інтернет. Однак при цьому виникає ряд проблем, визваних необхідністю забезпечення гарантованого дозволу та інформа-ційної безпеки.

Проблема передавання інформації в мережах стільникового зв'язку і захист даних розглядалися такими вченими, як Б. Шнайдер, А. Чупрінін, І. Гавсієвич. Також існують кілька вирішень даної проблеми. У статтях МОДС 2007 було сформовано основні принципи виконання і функціонування процесів.

Постановка завдання

У цій статті запропоновано варіант аналізу визначених процесів керування процесами пере-

давання інформації з використанням методу імітаційного моделювання. Також описується підхід до моделювання процесів поширення інформації в ІР-мережі, який базується на використанні математичного апарату мереж Петрі, а саме Е-мереж. Завдяки тому, що фактично моделюється алгоритм керування, моделі, що досліджуються, можуть бути застосовані безпосередньо при реалізації систем керування процесом поширення інформації. В моделях відображаються не тільки генерація голосового повідомлення та процедура маршрутизації, але і методи захисту інформації, що застосовуються. Реалізація та дослідження моделей відбувається за допомогою спеціально розробленої системи імітаційного моделювання.

Мета дослідження — забезпечити стійке керування даними під час передавання по мережі у вигляді голосових та текстових повідомлень. Основний метод досягнення цієї мети — використання надійного керуючого алгоритму в реальному часі та передавання даних.

ІР-телефонія — це технологія, що дає змогу використовувати будь-яку ІР-мережу як засіб організації і ведення міжнародних і міжміських

телефонних розмов і передавання факсів у режимі реального часу.

Основною перевагою IP-телефонії є нижча вартість міжміських і міжнародних переговорів порівняно з традиційною телефонією за рахунок цифрування і наступної компресії (стиску) голосового потоку, що дає змогу знизити собівартість послуги. Використання виділених каналів для передавання голосових пакетів може гарантувати майже фіксовану швидкість передавання.

Під час передавання інформації через Інтернет досягається можливість дзвонити з будь-якого місця, де є підключення до мережі Інтернет, з дому або офісу тощо, і не турбуватися про рахунки за розмови та їх оплату.

IP-телефонія об'єднує телефонну мережу і мережу передавання даних у єдину комунікаційну мережу, яка таким чином пропонує могутній і економічний засіб зв'язку.

У традиційній телефонії використовується принцип встановлення з'єднання, що має назву комутація каналів. Це означає, що під час зв'язку відбувається тимчасове з'єднання, якому виділяється весь канал зв'язку, незалежно від його завантаженості. Перевагою такого типу зв'язку є дуже незначний час затримки.

Під час передавання інформації через Інтернет відбувається зв'язок із комутацією пакетів. Це означає, що вся інформація розбивається на пакети, кожен з яких передається окремо від вузла до вузла без попереднього зв'язку між початковим та кінцевим пунктами. Кожен вузол мережі, через яки передається IP-пакет, повинен аналізувати цей пакет (тип, адреса відправлення і призначення, контроль цілісності та інші параметри). Через те що таких вузлів можуть бути десятки, кожен з них повинен проводити аналіз, і, крім того, зв'язок між ними часто залишає бажати кращого, виникають великі, непередбачені затримки в мережі.

Затримка також може виникати під час стиснення та відновлення голосового сигналу. Людське ж вухо починає сприймати уривчастість мови навіть при затримці 150 мс. Ось чому Інтернет не є ідеальним середовищем для комунікацій у реальному часі.

Процес встановлення IP-зв'язку майже нічим не відрізняється від традиційної телефонної розмови. Користувач, який хоче подзвонити через IP-мережу, на звичайному телефонному апараті замість традиційної вісімки набирає місцевий номер, що є номером найближчого телефонного сервера, і чує голосове запрошення з пропозицією набрати ідентифікаційний номер (так званий PIN-код), а потім — телефонний номер абонента, що викликається.

Після набору номера система IP-телефонії (через другий сервер) з'єднує з телефоном абонента, що викликається. Якщо розмова не може відбутися, той, хто дзвонить, приємним жіночим голосом буде проінформований про причину неможливості з'єднання. Система також передає

абоненту такі телефонні сигнали, як «виклик» і «зайнято». Отже, той, хто телефонує чує звичні йому сигнали телефонної мережі, що робить спілкування з системою зовсім нескладним.

Телефонна мережа була створена у такий спосіб, щоб гарантувати високу якість зв'язку навіть при великих навантаженнях. IP-телефонія, навпаки, не гарантує якості, причому при великих навантаженнях вона значно падає. І це навіть не проблема обладнання — просто Інтернет, по-перше, великий, а по-друге, він проектувався передусім для передавання даних і, відповідно, не придатний для голосу.

Зазвичай, ніякий інший досвід не замінить власного. Краще спробувати самому оцінити якість цього зв'язку, провівши розмову за допомогою IP-телефонії, і вже потім вирішувати, влаштовує така якість чи ні. Можна запропонувати хорошу вправу для аматорів усе перевірити на собі, якщо програма *ping* показує затримку між телефонними серверами порядку 30—50 мс, то вона не буде відчуватися взагалі (розмова буде йти як по звичайному телефону); якщо ж *ping* рівний 300—400 мс, затримка звуку буде рівна 1—2 с; якщо *ping* становить 800—900 мс, затримка 4—5 с.

При керуванні проходженням інформацій у IP-мережах, постають такі завдання:

- зниження рівня спотворення голосу;
- зниження частоти «обривання» голосових пакетів;
- зниження часу затримки (між вимовлянням фрази першим абонентом і моментом, коли вона буде почута другим абонентом);
- забезпечення гарантованого додзвону;
- забезпечення інформаційної безпеки.

Отже, склад процесів керування при поширенні інформації IP-мережі повинен включати:

1. Забезпечення генерації голосового повідомлення.
2. Точну і швидку маршрутизацію повідомлення.
3. Доставка (передавання, доки не отримують) повідомлення.
4. Захист від прослуховування.

Шлях до вирішення таких завдань пролягає через ефективне керування процесами. Для цього треба попередньо на кожному етапі рішення, що приймаються, перевіряти на моделях. Або краще генерувати їх на моделі. Побудувавши модель поширення інформації, вбудувати її в систему керування, та забезпечити, щоб сама модель керувала процесом. Такий підхід відповідає стратегії модельноорієнтованого керування. Налаштовуючи модель оптимальним методом, можна значно підвищити якість керування. Для побудови моделі ефективно можна використовувати керуючі E-мережі. При створенні програмних засобів, орієнтованих на керуючі E-мережі, упор було зроблено на забезпечення можливості побудови розподілених систем, у тому числі в мережі Internet. Як базове мовне середовище використовується мова програмування JAVA, яка не тільки відповідає обраному формальному

підходу, але й забезпечує кросплатформеність виконання програм. Крім того, JAVA найширше застосовується в сучасних інформаційних технологіях, включаючи мікропроцесорні системи. Саме на базі JAVA-віртуальної машини може бути побудований інтерпретатор Е-мережі, який складає основу ядра динамічно змінюваної КСУ.

Технології створення моделей пропонуються в рамках розробленої системи імітаційного моделювання JAVA E-net Simulation System (JESS), головною відмінністю якої є те, що вона поєднує потужність імітаційного моделювання із простою створення програмних моделей.

Функціональні можливості JESS, структура якої наведена на рис. 1, забезпечують підтримку повного життєвого циклу імітаційних моделей, включаючи розроблення концептуальних, формалізованих і програмних моделей реалізації та прогнозування. JESS дає змогу створювати нові моделі реалізації і прогнозування, модифікувати вже існуючі моделі й проводити статистичні експерименти з моделями на етапі проектування АУ. Важливою перевагою JESS є залучення графічної мови специфікацій, що забезпечує можливість її використання користувачем, який не має спеціальної підготовки у програмуванні.

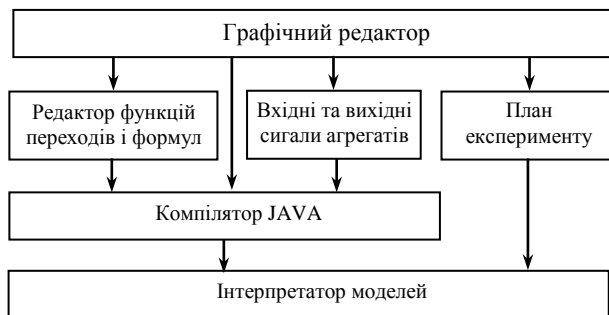


Рис. 1. Структурна схема системи імітаційного моделювання JESS

Виходячи з розробленої методології побудови агрегативних моделей реалізації, в JESS передбачені три ієрархічно розташованих рівні моделювання:

1. Рівень моделей, на якому модель реалізації подається у вигляді двійки $M = (A, R)$, де A — кінцева непуста множина агрегатів; R — схема сполучення агрегатів.

2. Рівень агрегатів, який служить для розкриття внутрішньої структури агрегатів $a \in A$ за допомогою CEN-схем та моделей прогнозування:

$a = \text{CEN} \cup \text{PM}$, де CEN — керуюча Е-мережа, що визначає структуру агрегату; PM — модель прогнозування, що задана на CEN-мережі агрегату a .

3. Рівень переходів, на якому реалізується процес функціонування окремих переходів CEN з урахуванням керуючих відображень:

$$t = (P_i, r, \sigma, \alpha, \tau, z).$$

Відповідно до рівнів моделювання розроблена мова специфікацій (МС), яка включає чотири види описів: графічну нотацію агрегативних моделей, графічну нотацію опису окремих агрегатів у вигляді CEN-мережі, текстовий опис функцій

переходів агрегатів та текстовий опис формул DCTL, що визначають динамічні властивості процесу управління.

Побудована за допомогою графічного редактора модель перетворюється в код на мові JAVA. Компілятор переводить написані мовою специфікацій функції й формули в байт-код. Потім інтерпретатор моделі виконує запуск і прогін моделі відповідно до заданого плану експерименту.

Допускається використання вже готових класів функцій, агрегатів і моделей, створених користувачами.

З метою управління використовували Е-мережі, а конкретно — запропоновану модифікацію даного формального апарату, яка дістала назву керуючих Е-мереж (Control Evaluation Net — CEN). Формально CEN визначається шестіркою

$$\text{CEN} = (P, T, F, V, U, M_0),$$

де $P = \{P_S, P_R\}$ — кінцева непуста множина позицій, яка складається з підмножин P_S — простих позицій та P_R — вирішальних позицій, $P_S \cap P_R = \emptyset$; множина простих позицій може включати граничні вхідні $P_{in} \subseteq P_S$ та вихідні позиції $P_{out} \subseteq P_S$, $P_{in} \cap P_{out} = \emptyset$; T — кінцева непуста множина переходів, $T \cap P = \emptyset$; $F: P \times T \cup T \times P \rightarrow \{0,1\}$ функція інцидентності; $V = V_I \cup V_O$ — кінцева множина змінних мережі, яка складається з підмножин $V_I \subset V$ вхідних та $V_O \subset V$ вихідних сигналів, $V_I \cap V_O = \emptyset$; $U = \{\sigma, r, \alpha, \tau, z\}$ — множина керуючих відображень, які визначають правила спрацьовування переходів; $M_0: P \rightarrow \{0,1\}$ — функція початкового маркування, яка задає присутність маркерів у позиціях.

Відмінність CEN від звичайних Е-мереж полягає в такому:

1. Якщо звичайні Е-мережі були орієнтовані тільки на завдання моделювання, то в CEN, які виконують роль моделей реалізації АУ, всі дії узгоджуються з поточним станом ОУ та зовнішнього оточення. Взаємодія з ОУ здійснюється через відповідні вхідні та вихідні дискретні (D) чи аналогові (A) сигнали так, що $V_I = DI \cup AI$ і $V_O = DO \cup AO$.

2. Для всіх простих позицій CEN виконується $M(p_i) \leq 1$, що переводить CEN у клас безпечних мереж Петрі без можливості залучення позицій-черг. Однак для CEN збережено використання атрибутів маркерів $d_p, p \in P_S$, які можуть змінювати своє значення під час переміщення маркерів по позиціях.

3. У CEN використовується множина керуючих відображень $U = (r, \sigma, \alpha, \tau, z)$, яка включає п'ять функцій, асоційованих із переходами мережі:

- вирішальну функцію $r: P_R \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, K\}$ таку, що $r(q) = f_2(d_p, V_I, time)$,
 $q \in P_S, p \in P_R, time \in \mathcal{R}^+$;
- функцію готовності $\sigma: T \rightarrow \{0, 1\}$ таку, що $\sigma(t) = f_1[M(p), r]$;
- функцію активації $\alpha: T \rightarrow \{0, 1\}$ таку, що ;
- функцію затримки $\alpha(t) = f_3(DI, AI, time)$
- $\tau: T \rightarrow \mathcal{R}^+$ таку, що $\tau(t) = f_4(d_p, V_I, time)$;
- функцію перетворювання $z: T \rightarrow \delta$, де $\delta: \{d_p \cup V\} \rightarrow \{d_p \cup V\}$ таку, що $z(t) = f_5(time)$.

Визначення функції активації є абсолютно новим, оскільки її використання викликане необхідністю врахування стану ОУ при визначенні умов спрацювання переходів додатково до $\sigma(t)$. Крім того, всі керуючі відображення, окрім функції готовності, є функціями часу (*time*), що додає додаткової динаміки СЕН, забезпечуючи можливість зміни АУ під час його виконання при дотриманні низки умов.

4. У СЕН використовується розширений базовий набір переходів, який додатково до переходів типів «Т», «F», «J», «X» та «Y», що використовуються у звичайних Е-мережах, включає переходи-черги типів «QF» та «QL». Перехід «QF» забезпечує дисципліну обслуговування FIFO, а перехід «QL» — LIFO.

Семантика СЕН визначається, виходячи з принципу ситуаційного управління. При цьому вводяться поняття поточної ситуації, стану ОУ та стану СЕН. Поточна ситуація $s_i \in S$ визначається, як

$$s_i = (DI_i, AI_i, M_i),$$

де DI_i — вектор значень вхідних дискретних сигналів; AI_i — вектор значень вхідних аналогових сигналів; M_i — вектор маркувань позицій мережі.

З урахуванням s_i схема, що розкриває семантичний зміст СЕН, може бути подана у вигляді, показаному на рис. 3.

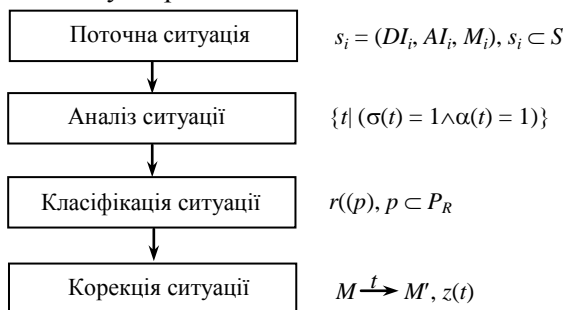


Рис. 3. Схема реалізації методу ситуаційного управління за допомогою СЕН

Наведена схема базується на п'яти принципах, що визначають особливості функціонування СЕН: *принцип локальності* (маркування позицій впливає тільки на інцидентні їм переходи), *принцип прямої дії* (

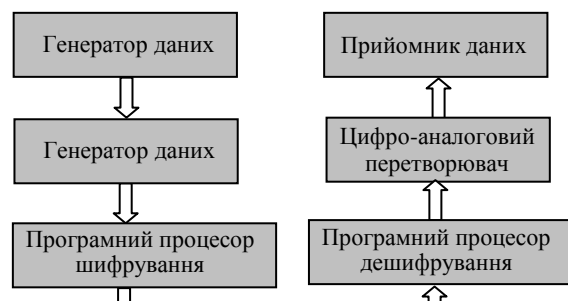
СЕН не використовуються кваліфікатори, які забезпечують виконання обмежених та відкладених дій), *принцип циклічності* (виконання СЕН відбувається циклічно; до закінчення циклу сформовані вихідні сигнали не видаються, а вхідні сигнали не змінюються), *принцип відсутності післядії* (вся передісторія розвитку процесу збережена в поточному маркуванні. і нема необхідності аналізувати попередній перебіг подій), *принцип детермінізму* (рішення, що приймаються, не повинні залежати від притаманного мережам Петрі внутрішнього недетермінізму, пов'язаного з послідовністю спрацьовування переходів).

Об'єктна орієнтація JAVA ідеально підходить для формальних агрегативних моделей АУ. Це стосується як інкапсуляції властивостей переходів і агрегатів, так і можливості їхнього паралельного виконання. Але особливо важливою перевагою JAVA є можливість динамічної компіляції функцій переходів. Тим самим створюються умови для динамічної зміни програмної моделі в процесі її виконання.

Функції переходів визначаються з використанням операторів JAVA шляхом заповнення шаблонів. При цьому можуть бути використані логічні та арифметичні вирази, що описують дії над атрибутами маркерів, математичні функції та спеціально реалізовані генератори випадкових чисел.

У нашому випадку маємо швидкісний потік даних, у який перетворюється голосова інформація. Проходячи по каналу зв'язку, ця інформація кілька разів змінює свою форму, що в кінцевому рахунку може приводити до її незворотної втрати. До того ж, слід додати проблеми, які зумовлені необхідністю проведення всіх перетворень інформації в реальному часі, а саме в темпі голосової розмови. Враховуючи обчислювальні витрати, пов'язані з реалізацією криптографічного алгоритму, проведенням перетворень аналог-код та код-аналог, стисканням та розтисканням цифрових даних, ми маємо складну програмно-апаратну систему реального часу, що працює до того ж в умовах невизначеної зовнішньої обстановки. Остання впливає насамперед на затримки, які виникають у каналі зв'язку. Аналіз визначених вище процесів керування процесом передавання інформації проводився з використанням методу імітаційного моделювання.

Для цього була побудована концептуальна модель, наведена на рис. 4. Вона складається з генератора даних (ГД), аналого-цифрового перетворювача (АЦП), програмного процесора шифрування (ППШ), каналу зв'язку (КЗ), цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), програмного процесора дешифрування (ППД) та приймача даних (ПП).



Побудова формалізованої та програмної моделей відбувається за допомогою системи імітаційного моделювання JESS, в якій використовується апарат Е-мереж для відображення процесу функціонування системи.

На рис. 5 наведено графічний вигляд формалізованої моделі.

Рис. 4. Концептуальна модель

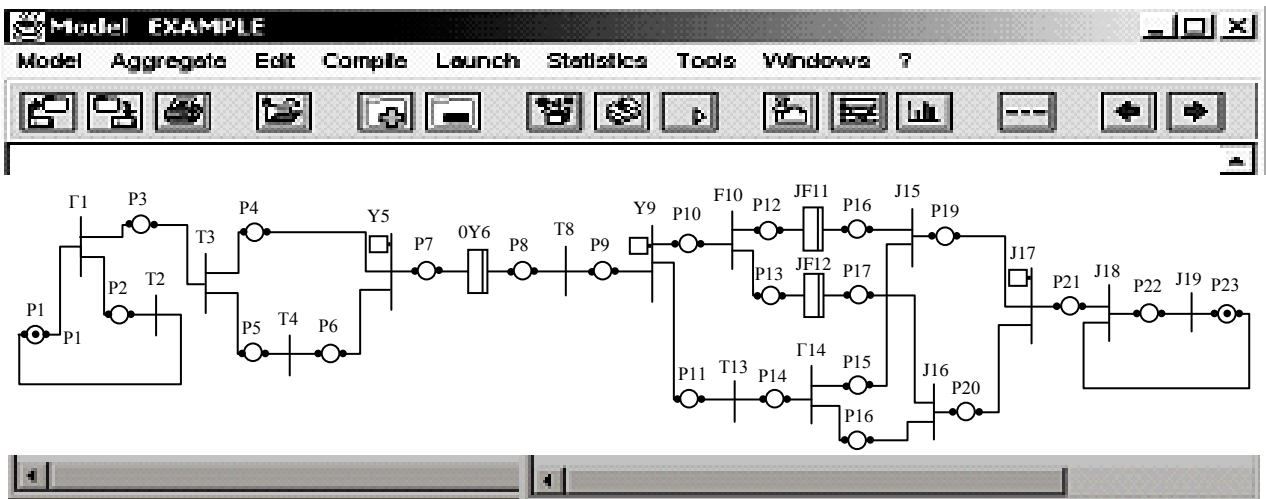


Рис. 5. Формалізована модель

Динаміка процесу відтворюється в результаті переміщення позначок по позиціях мережі.

Позначки, що генеруються, являють собою окремі пакети даних, над якими виконуються заплановані перетворення на відповідних переходах мережі. Термін виконання тієї чи іншої операції моделюється установленням часу затримки на переходах, який обчислюється за допомогою заданих законів розподілу. Завдяки тому, що кожна позначка має пам'ять для зберігання окремих даних, вдається накопичувати інформацію про стан пакетів.

Висновки. У результаті проведення модельних експериментів вдається отримати статистичні оцінки чисельних характеристик процесу. Наведену модель використовують при розробленні нових та модифікації існуючих систем керування процесом передавання інформації в системах стільникового зв'язку. Щоб забезпечити необхідну якість передавання голосової інформації, треба визначити граничні показники обчислювальних витрат по кожному з наведених вище факторів та відстежити їхній вплив на кінцевий системний показник. Як останній може бути використаний, наприклад, загальний час затримки між передаванням та отриманням голосового повідомлення. Що ж стосується текстових повідомлень, то тут завдання дещо пом'якшується за

рахунок того, що в цьому разі передаються тільки цифрові дані.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Kazymyr V., Demshevska N.* Application of Java-Technologies for Simulation in the Web // Lecture Notes in Informatics (LNI) Proceedings. Series of the German Informatics Society (GI): Bohn. — 2001. — Vol. 2. — P. 173—184.

2. *Казимир В.В., Кенііз Я.Я., Черних Д.О.* Моделювання процесів захисту інформації в мережах стільникового зв'язку // Друга науково-практична конференція з міжнародною участю «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2007», тези доповідей. — Київ. — 2007. — 25—29 червня. — С. 197—199.

3. *Казимир В.В., Гавсевич І.Б., Чупрын А.Д., Полікарпов А.И.* Моделирование процессов распространения информации в IP сетях // Друга науково-практична конференція з міжнародною участю «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2007», тези доп. — К. — 2007. — 25—29 червня. — С. 200—202.

4. *Литвинов В.В., Казимир В.В.* Модельно-ориентированное управление как стратегия функционирования интеллектуальных производственных систем // Математичні машини і системи. — 2004. — № 4. — С. 143—156.

Стаття надійшла до редакції 18.02.09

