

І.А. Дичка, О.К. Сулема, А.А. Крайносвіт

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ЛОГІСТИЧНОГО ОБЛІКУ НА ОСНОВІ ДВОРІВНЕВОГО ШТРИХОВОГО КОДУ

Анотація. Статтю присвячено розробленню програмної системи логістичного обліку з розширеними можливостями оброблення даних на основі технології штрихового кодування. Запропоновано базову архітектуру програмної системи та шляхи її адаптації для вирішення задач логістики, які пов'язані з необхідністю доступу до інформації, поданої у машинокодованому вигляді за технологією штрихового кодування даних, а також шаблон проектування, що дозволяє ефективно реалізовувати архітектуру таких програмних систем. Розроблена архітектура дозволяє спростити процес проектування програмних систем, які застосовуються логістичними компаніями. Для подання інформації про об'єкт обліку у статті запропоновано дворівневий штриховий код.

Ключові слова: прикладна програмна система, архітектура програмного забезпечення, штрихове кодування, дворівневе подання даних, логістика.

Вступ. На сьогодні існує багато прикладів програмного забезпечення для вирішення задач, пов'язаних з автоматизованим обробленням інформації про одиниці обліку та супроводом різноманітних процесів у сфері логістики за допомогою інформаційних систем [1–4]. Процеси оброблення інформації в таких системах починаються з етапу введення даних про одиницю обліку. Первинне введення текстової інформації про об'єкт обліку зазвичай здійснюється оператором шляхом ручного набору текстових даних. Проте на наступних етапах оброблення інформації можуть використовуватися технології машиночитаного подання даних, в тому числі технологія штрихового кодування. Перевага технології штрихового кодування полягає у її низькій вартості за одночасного забезпечення високої точності оперування даними. Незважаючи на те, що штрихове кодування як технологія автоматизованого введення текстових даних відоме давно, на сьогодні не існує єдиного підходу до розроблення програмних систем на його основі для сфери логістики. Тому доцільно спрямовувати дослідження у галузі інженерії програмного забезпечення на розроблення базових

архітектур для спрощення процесу розроблення програмного забезпечення на основі технології штрихового кодування.

Постановка задачі. У цьому дослідженні вирішувалась задача розроблення базової архітектури програмної системи, яка дозволяє спростити процес розроблення програмного забезпечення для автоматизованого введення, оброблення та пошуку даних про одиниці обліку на основі технології штрихового кодування інформації.

Особливості функціонування розроблюваної системи. Основними процесами, які мають підтримуватись та забезпечуватись програмними системами обліку на основі технології штрихового кодування, є наступні:

- формування запису про об'єкт обліку;
- формування та оброблення текстових документів про об'єкти обліку;
- зберігання даних про об'єкти обліку у сховищі даних;
- аналіз даних про одиниці обліку;
- штрихове кодування даних та формування штрихкової позначки для нанесення на об'єкт обліку;
- автоматизоване введення даних у вигляді штрихового коду;
- виконання пошукових запитів різних типів, в тому числі безпосередній пошук інформації про одиницю обліку у сховищі даних.

При цьому у системі, що розробляється, передбачається використання дворівневого штрихового коду, особливістю якого є подання даних двох типів. Дані першого типу являють собою докладний текстовий опис об'єкта обліку, який утворює «автономну базу даних» про об'єкт. Максимальний обсяг даних такого типу може сягати 7 Кбайт. Дані другого типу являють собою посилання на відповідний запис у хмарному сховищі даних програмної системи. В цьому хмарному сховищі можуть зберігатись сукупності різнорідних файлів, які мають стосунок до об'єкта обліку: текстові документи, фотографії, відеозаписи тощо.

Таким чином, основна інформація про об'єкт зберігається у штрихковій позначці, що розміщується безпосередньо на об'єкті обліку. Інформація цього типу подається за допомогою нижнього рівня дворівневого штрихового коду. До цієї інформації завжди можна отримати доступ за допомогою портативного пристрою (смартфона, планшета з відповідним програмним забезпеченням або портативного сканера штрихових кодів). Повна інформація про об'єкт обліку міститься у хмарному сховищі. Доступ до цієї інформації можливий лише за умови підключення до мережі Інтернет та здійснюється за допомогою поси-

лання, закодованого на верхньому рівні дворівневого штрихового коду.

Передбачається, що зі системою можуть працювати три категорії користувачів, яких умовно назвемо «оператор», «експедитор» та «менеджер».

Оператор вводить первинні текстові дані про об'єкт обліку за допомогою відповідного інтерфейсу користувача.

Експедитор отримує доступ до даних про об'єкт обліку, використовуючи портативний пристрій, який дозволяє отримати доступ до «автономної бази даних», що міститься на нижньому рівні штрихкової позначки. Це дозволяє отримувати доступ до загальної інформації про одиницю обліку в дорозі та у невеликих населених пунктах, де немає стабільного доступу до мережі Інтернет.

Менеджер отримує доступ до даних про об'єкт обліку в умовах офісу, тобто за наявності доступу до мережі Інтернет. Тому він має можливість працювати з різнорідними файлами, які містять докладну та різнопланову інформацію про об'єкт обліку, що значно розширює можливості з виконання логістичних операцій. Доступ до докладної інформації про об'єкт обліку виконується шляхом сканування посилання поданого у вигляді верхнього рівня штрихкової позначки.

Такі варіанти застосування системи стають можливими за умови застосування дворівневого штрихового коду з трьома градаціями кольору, що пропонується в цій статті. Розглянемо його докладніше.

Дворівневий штриховий код з трьома градаціями кольору. Як було зазначено вище, основна ідея дворівневого штрихового кодування (ДШК) полягає у тому, щоб в одній штрихковій позначці зберігати два незалежних одне від одного набори даних. В загальному випадку, йдеться про будь-які два набори текстових даних, які можуть бути представлені символами ASCII. Кожний з цих двох наборів даних розміщується на окремому рівні ДШК-позначки. Для того, щоб дати визначення терміну «рівень», введемо декілька понять.

Під коміркою розумітимемо одну фізичну комірку (одиничний елемент) матриці. Штрихковим знаком називатимемо сукупність суміжних комірок. Тоді нижній рівень ДШК-позначки – це множина штрихкових знаків, які містять текстову інформацію. На верхньому рівні один ШК-знак розглядається як структурний елемент більшого розміру – квадрант (одиничний елемент верхнього рівня). Тоді під верхнім рівнем ДШК-позначки матимемо на увазі множину суміжних квадрантів, що містять цифрову інформацію. Кожному квадранту ставиться у відповідність цифровий еквівалент. У разі використання чорно-

сіро-білих штрихових кодів, наприклад, BGW-Code [5], оперуємо трійковими цифрами, де 0 означає білий колір, 1 – сірий колір та 2 – чорний колір. Цей цифровий еквівалент обчислюється наступним чином: у квадранті підраховується кількість комірок білого, сірого та чорного кольорів. При цьому, остання комірка цього квадранту (молодший біт, який має назву контрольного біту) за замовчуванням містить значення 0 та у розрахунках участі не бере. Цифровим еквівалентом кольору квадранту вважається той колір, у який забарвлена найбільша кількість комірок, з яких складається квадрант.

Цей підхід дозволяє забезпечити завадостійкість верхнього рівня ДШК-позначки – навіть у разі пошкодження контрольного біту дані верхнього рівня можуть бути успішно відновлені для доступу до віддаленої бази даних, що містить повну інформацію про об'єкт обліку.

Таким чином, розглядаючи ДШК-позначку як таку, що містить комірки на нижньому рівні та квадранти на верхньому рівні, отримуємо можливість кодувати дві незалежні одна від одної послідовності символів, зберігаючи їх в одній й тій самій графічній ДШК-позначці.

У цій статті розглядатимемо такі дві послідовності даних: цифрову, що складається з цифр від 0 до 9 і спеціальних знаків, та текстову, що складається з будь-яких символів з алфавіту ASCII.

На рис. 1 наведено приклад позначки з трьома градаціями кольору.



Рисунок 1 - Приклад позначки дворівневого штрихового коду

Для того щоб послідовність квадрантів можна було розглядати як графічне представлення певного цифрового коду, задану десяткову цифрову послідовність перетворюємо на трійкову цифрову послідовність.

З метою встановлення відповідності між трійковою послідовністю даних верхнього рівня та цифровими еквівалентами квадрантів, цифрові еквіваленти кольорів встановлюються відповідно до того, якими вони мали б бути згідно трійкової послідовності. Але оскільки ці значення не завжди збігатимуться з дійсними цифровими еквівалентами квадранту, на першому кроці необхідно перевірити, чи збігаються ці два значення.

Розглянемо це на прикладі. Нехай необхідно закодувати на верхньому рівні цифрову послідовність 0101. Ці чотири біти можуть бути представлені у ДШК-позначці чотирма суміжними квадрантами. Кожний квадрант вже має цифровий еквівалент відповідно до процедури його визначення, описаної вище. Цей цифровий еквівалент може не збігатись з відповідним значенням з трійкової послідовності, яку нам потрібно закодувати. У такому разі контрольному біту присвоюється значення 1 або 2, а комірки, з яких утворений квадрант, інвертуються шляхом обчислення суми дійсного трійкового значення комірки зі значенням контрольного біту за модулем три. Правила інвертування наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Правила визначення контрольного біту

Очікуваний цифровий еквівалент квадранту	Фактичний цифровий еквівалент квадранту	Значення контрольного біту
0	0	0
1		1
2		2
0	1	2
1		0
2		1
0	2	2
1		1
2		0

На етапі декодування даних нижнього рівня ДШК-позначки необхідно знову інвертувати кольори комірок цього квадранту.

На рис. 2 наведено приклад кодування цифрової послідовності 0101 на верхньому рівні ДШК-позначки. Чотири квадранти, які передбачається використати для кодування цієї послідовності, мають цифрові еквіваленти 2011. Відповідно, у цих двох трійкових послідовностях збігається лише молодший біт, а отже, три старших біти мають бути інвертовані.

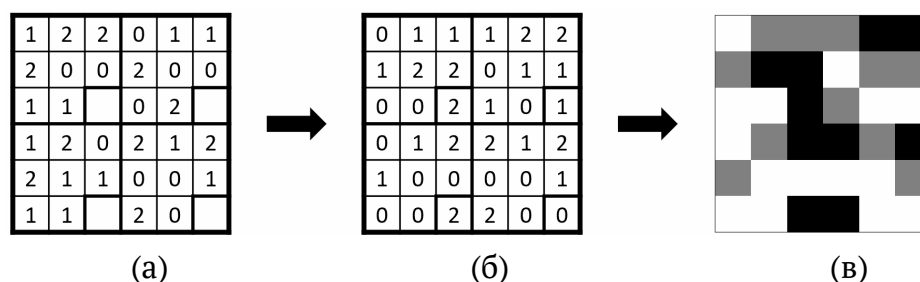


Рисунок 2 - Інвертування комірок у квадранті відповідно до значення контрольного біту: (а) початковий вміст квадрантів, (б) інвертовані значення комірок відповідно до значення контрольних бітів, (в) результуюче представлення трійкової послідовності 0101

Застосування дворівневого кодування інформації дозволяє розмежувати права доступу до даних, які мають експедитор та менеджер, що уможливорює захищено зберігати повну інформацію про об'єкту обліку, включаючи фінансову документацію, особисту інформацію про власника об'єкта тощо. Крім того, цей підхід збільшує продуктивність системи, дозволяючи швидко отримати доступ до посилання на віддалену базу даних, не розшифровуючи текст, що міститься на нижньому рівні ДШК-позначки.

Базова архітектура програмної системи. Для розроблення базової архітектури програмної системи для вирішення задач у сфері логістики, потрібно визначити функціональні та нефункціональні вимоги до такої системи [6-8]. Функціональними вимогами називають вимоги до програмної системи, які визначають базову поведінку цієї системи. Вони включають в себе опис характеристик та функцій системи, що мають бути реалізовані розробниками для того, щоб кінцеві користувачі могли здійснювати ефективну взаємодію зі системою відповідно до її призначення. Нефункціональні вимоги, в свою чергу, визначають атрибути програмної системи, такі як безпека, надійність, швидкодія, масштабованість, зручність у використанні тощо.

Аналіз логістичних процедур [9] дозволяє віднести до основних функціональних вимог до програмних систем, які використовуються у сфері логістики, такі вимоги: (1) забезпечення введення даних про одиниці обліку; (2) забезпечення зберігання даних про одиниці обліку; (3) забезпечення пошуку інформації про одиниці обліку; (4) забезпечення передавання даних про одиниці обліку. До нефункціональних вимог можна віднести: (1) забезпечення зручності роботи зі системою; (2) забезпечення точності подання даних про одиниці обліку.

Для підвищення ефективності розроблення програмних систем для вирі-

шення задач у сфері логістики доцільно скористатись шаблоном проектування, який є типовим способом вирішення проблем, які можуть часто зустрічатись при проектуванні архітектури таких систем. Оскільки наразі серед існуючих шаблонів проектування відсутні такі, що повністю задовільнили б потреби розробника при проектуванні логістичної програмної системи, у цьому дослідженні пропонується шаблон проектування «Конвертор» (Converter).

На рис. 3 у вигляді UML-діаграми показана структура пропонованого шаблону проектування.

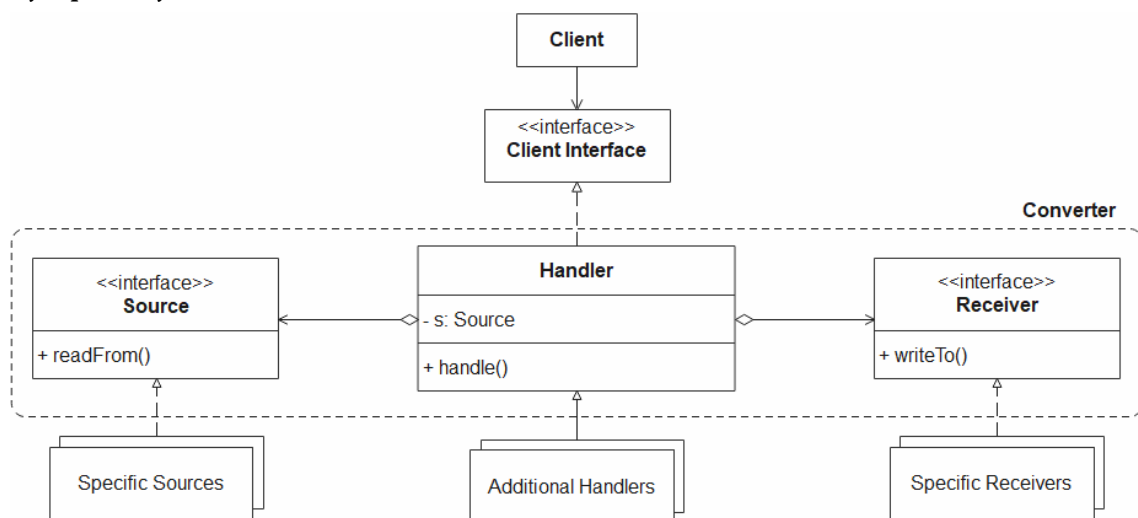


Рисунок 3 - Структура шаблону проектування «Конвертор»

Таким чином, враховуючи вищезазначені вимоги та запропонований шаблон проектування, можна визначити базову архітектуру програмної системи на основі технології штрихового кодування (рис. 4).

Схема включає в себе три основні модулі: «Опрацювання об'єкту обліку», «Створення ШК-позначки» та «Отримання початкових даних з ШК-позначки».

Модуль «Опрацювання об'єкту обліку» включає до себе такі компоненти: формування запису про ОО та опрацювання супровідної документації про ОО.

Модуль «Створення ШК-позначки» відповідає за аналізування вхідних даних, їх кодування та представлення у вигляді штрихкової позначки відповідно до технології її створення, що використовується (в цій статті наведено приклади із використанням BGW-Code).

Модуль «Отримання початкових даних з ШК-позначки» дозволяє здійснити декодування штрихкоданих даних, отриманих зі сканера, та отримати відновлені автономні дані або ж доступитись до віддаленої бази даних для отримання необхідної документації.

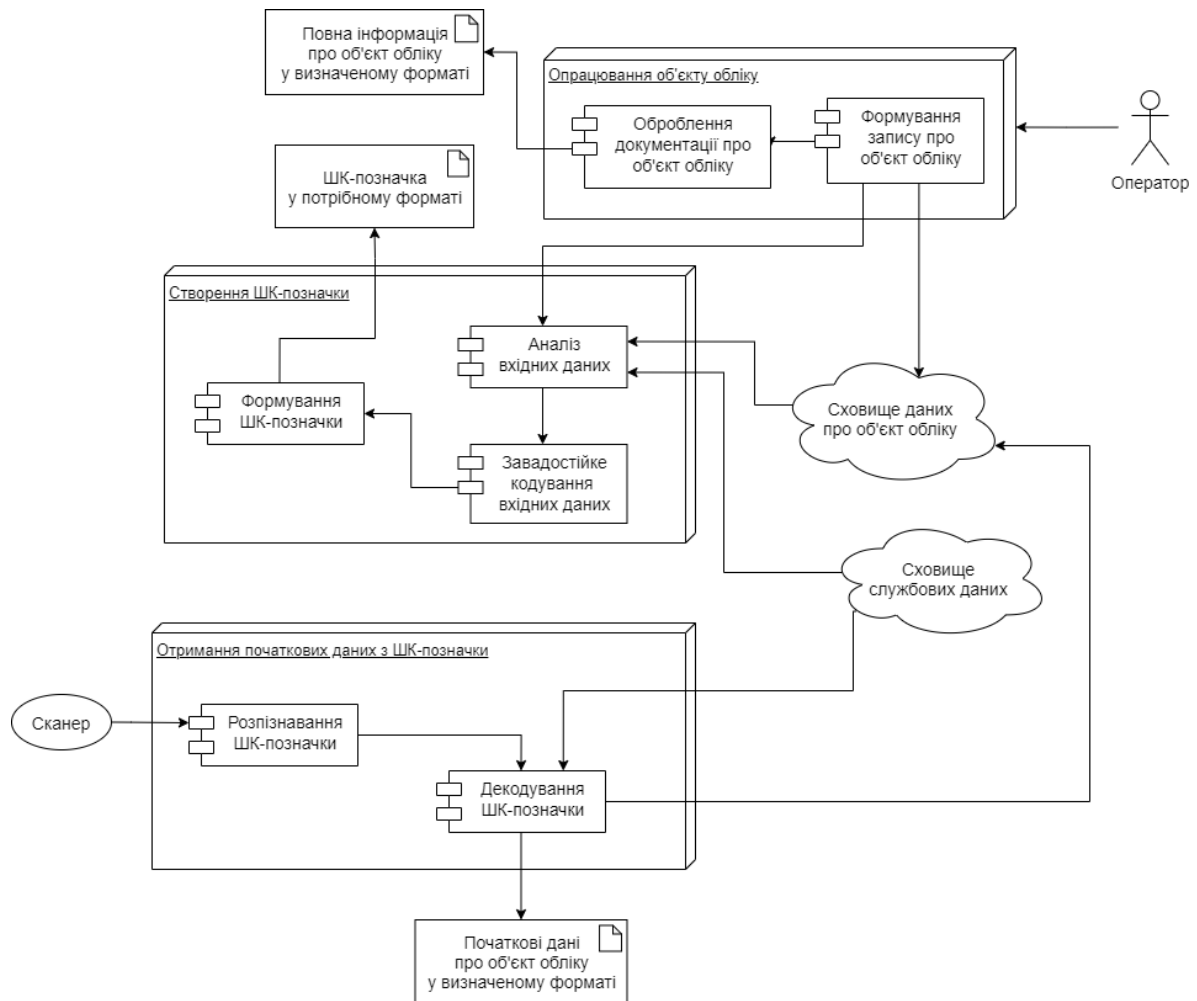


Рисунок 4- Базова архітектура логістичної програмної системи

Таким чином, запропонована система є базовою, оскільки вона містить універсальний набір компонентів, що уможлиблює адаптування цієї архітектури до будь-яких потреб логістичних компаній та, відповідно, спрощує процес розроблення програмного забезпечення для сфери логістики.

Висновки. Запропонована базова архітектура програмної системи ґрунтується на використанні технології штрихового кодування, а саме – на концепції дворівневого штрихового коду, яка пропонується у цьому дослідженні. Ця базова архітектура включає до себе універсальний набір модулів, що забезпечують реалізацію основних операцій зі сфери логістики. Для розроблення конкретної логістичної програмної системи достатньо адаптувати цей універсальний набір до потреб конкретної логістичної компанії. Такий підхід дозволяє спростити процес розроблення програмного забезпечення для галузі логістики.

ЛИТЕРАТУРА / ЛІТЕРАТУРА

1. Design of Modern Logistics Management System Based on RFID and NB-IoT / [Pang J., Shen L., Zhang Q. et al.] – [Vol. 927]. – Springer, Cham, 2019.

2. Innovation Management and Automated Accounting in the Chaotic Storage Logistics / [З.-М. Задорожний, В. Муравський, Н. Починок, А. Грицишин]. – [№2]. – Суми : Маркетинг і менеджмент інновацій, 2020. – с. 313-323.
3. Transportation & Logistics Software by EMS Barcode. – Режим доступу : <https://www.emsbarcode.com/transportation-logistics-barcode-solution/>.
4. Fully-Automated Packaging Structure Recognition in Logistics Environments / [Dörr L., Brandt F., Pouls M., Naumann A.]. – [Vol. 1]. – IEEE, 2020. – pp. 526-533.
5. Дичка І. А. Data Compression and Representation as Multicolor Barcodes / І. Дичка, О. Сулема. – ICT in Education, Research and Industrial Applications, 2019. – pp. 534-541.
6. Capilla R. Quality requirements engineering for systems and software architecting: methods, approaches, and tools / R. Capilla, M. A. Babar, O. Pastor. – [Vol. 17(4)]. – Springer, Requirements Engineering, 2012. – pp. 255-258.
7. Chung L. On non-functional requirements in software engineering conceptual modeling: foundations and applications / [L. Chung, B. A. Nixon, E. Yu, J. Mylopoulos]. – [Vol. 5]. – Springer Science & Business Media, 2012.
8. Achimugu P. A systematic literature review of software requirements prioritization research / [P. Achimugu, A. Selamat, R. Ibrahim, M. N. Mahrin]. – [Vol. 56(6)]. – Information and software technology, 2014. – pp. 568-585.
9. Farahani R. Logistics operations and management: concepts and models / R. Farahani, S. Rezapour. – Elsevier, 2011.
10. What is Cloud Storage? – Режим доступу : <https://aws.amazon.com/what-is-cloud-storage/>.

REFERENCES

1. Pang J., Shen L., Zhang Q., Xu H., Li P. (2019) Design of Modern Logistics Management System Based on RFID and NB-IoT. Springer, Cham, vol. 927.
2. Zadorozhnyi Z.-M., Muravskiy V., Pochynok N., Hrytsyshyn A. (2020) Innovation Management and Automated Accounting in the Chaotic Storage Logistics. Marketing and Management of Innovations, №2, pp. 313-323.
3. Transportation & Logistics Software by EMS Barcode. Access at <https://www.emsbarcode.com/transportation-logistics-barcode-solution/>
4. Dörr L., Brandt F., Pouls M., Naumann A. (2020) Fully-Automated Packaging Structure Recognition in Logistics Environments. IEEE, vol. 1, pp. 526-533.
5. Dychka I., Sulema O. (2019) Data Compression and Representation as Multicolor Barcodes. ICT in Education, Research and Industrial Applications, vol. 1, pp. 534-541.

6. Capilla R., Babar M. A., Pastor O. (2012) Quality requirements engineering for systems and software architecting: methods, approaches, and tools. Requirements Engineering, vol. 17(4), pp. 255–258.
7. Chung L., Nixon B. A., Yu E., Mylopoulos J. (2012) On non-functional requirements in software engineering conceptual modeling: foundations and applications. Springer Science & Business Media.
8. Achimugu P., Selamat A., Ibrahim R., Mahrin M. N. (2014) A systematic literature review of software requirements prioritization research. Information and software technology, vol. 56(6), pp. 568-585.
9. Farahani R., Rezapour S. (2011) Logistics operations and management: concepts and models. Elsevier.
10. What is Cloud Storage? Access at <https://aws.amazon.com/what-is-cloud-storage/>

Received 10.11.2020.
Accepted 02.11.2020.

**Программная система логистического учёта
на основе технологии штрихового кодирования**

Статья посвящена разработке программной системы логистического учёта с расширенными возможностями обработки данных на основе технологии штрихового кодирования. Предложены шаблон проектирования и базовая архитектура программной системы для решения логистических задач, связанных с необходимостью доступа к информации, представленной в машинокодированном виде по технологии штрихового кодирования данных. Предложенный шаблон проектирования и разработанная архитектура позволяют упростить процесс проектирования программных систем, используемых логистическими компаниями. Для представления информации об объекте учёта в статье предложена концепция двухуровневого штрихового кода.

Supply and logistics software system based on barcoding technology

The paper discusses the development of the supply and logistics software system with data processing advanced means based on barcoding technology. Even though barcoding technology is well-known and widely used technology to automated data input into a computer system, nowadays there is no sole approach to a computer system development based on barcoding in the area of supply and logistics. Thus, the authors focus their research on developing a basic software system architecture, which can simplify the process of software development, as well as ways of its adaptation for solving logistic problems that require access to data represented in a form of a barcode. To represent information of an accounting object, a two-layer barcode approach is proposed in the paper. The main idea of two-layer barcoding is to encode two independent data sequences to the same barcode. The bottom layer contains autonomous textual data about an accounting object. Usually, it is a relatively short description in a given format. The top layer stores numeric data, which is the object ID in the remote database. It is assumed in the paper that three groups of users can operate the logistics computer system: operator, forwarder, and manager. Each of these groups has its own access permissions. An

operator can only input data into the system. A forwarder is allowed to access bottom-layer data; it gives a possibility to get basic information about an object without accessing the Internet that might be unstable on the journey and in small villages. A manager can access the full information about the object through a top layer. A basic system architecture bases on functional and non-functional requirements and consists of the modules for the object processing, barcode symbol creating, and restoring initial data. This architecture contains a universal set of components that allows to adapt it to any needs of logistics companies, which simplifies the logistics software process. In order to implement developed architecture, a new design pattern “Converter” has been proposed.

Дичка Іван Андрійович – д.т.н., професор, декан факультету прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Сулема Ольга Костянтинівна – аспірант кафедри програмного забезпечення комп’ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Крайносвіт Аркадій Артемович – асистент кафедри системного програмування і спеціалізованих комп’ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дичка Иван Андреевич – д.т.н., профессор, декан факультета прикладной математики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Сулема Ольга Константиновна – аспирант кафедры программного обеспечения компьютерных систем Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Крайносвит Аркадий Артёмович – ассистент кафедры системного программирования и специализированных компьютерных систем Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Ivan Dychka – DScs, Prof., Dean of the Faculty of Applied Mathematics of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

Olga Sulema – PhD student of the Computer Systems Software Department of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

Arkadii Krainosvit – assistant lecturer of the System Programming and Specialized Computer Systems Department of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.