

УДК 621.391 (07)

Б.Ю. Жураковський, Н.М. Довженко

Державний університет телекомунікацій, Київ

СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОВИМІРНИХ ШТРИХОВИХ КОДІВ

В статті проведено порівняльний аналіз застосування двовимірних кодів. Підкреслено та описано основні особливості формування та застосування даних кодів в сучасних сферах діяльності людства.

Ключові слова: *штрихове кодування, двовимірні коди,, шари даних, рівень корекції помилок.*

Вступ

Штриховий код — спосіб запису даних, зручний для зчитування машиною. Частіше трапляється штрих-код, записаний за допомогою смуг різної товщини, який містить інформацію про товар. Також існують штрихові коди, складені з крапок, квадратів та інших геометричних фігур, які легко розпізнаються машиною. Використовуються не лише в торгівлі для ідентифікації товару, а й на квитках, документах, авто, у дослідженнях ученими тощо.

Штрихове кодування винайшов молодий інженер Давид Коллінз, який після закінчення інженерного факультету Массачусетського технологічного інституту в 1950-х роках він пішов працювати у Пенсильванську залізницю, де йому довелося зіткнутися з сортуванням вагонів. Вагони треба було перерахувати, з'ясувати номери, та відповідно до документації визначити куди кожен вагон повинен проїхати. Процедура складна, та без гарантії уникнення помилок. Тоді й виникла ідея освітлювати номери вагонів прожекторами та зчитувати їх за допомогою фотоелементів. Коллінз, щоб зробити простішим упізнання номерів, запропонував записувати їх не лише простими цифрами, але й спеціальним кодом, що містив червоні й сині смуги, розташовані на вагоні в прямокутнику півметра довжиною. Випробування підтвердили, що сканувальний пристрій може правильно зчитувати код навіть при швидкості руху вагона близько 100 км/год. Це підштовхнуло його вдосконалювати систему. В 1968 році замість прожектора, котрий вимагав надто багато електроенергії, він використав сфокусований лазерний промінь, що навело Коллінза на думку використовувати штрихове кодування не тільки на залізниці, але й у якості товарного коду.

В 1973 році в США була створена організація «Універсальний товарний код» (UPC — Universal Product Code), котра пропагує використання штрих-кодів в промисловості та торгівлі.

Штрих код являє собою послідовність чорних ліній і білих проміжків чітко визначених розмірів, за допомогою яких відбувається кодування цифрової та іншої інформації в зручній для машинного зчитуван-

ня формі. Кожна цифра або знак кодується набором штрихів і проміжків за чітко визначеними правилами (стандарт штрих-коду). Існує два основні стандарти штрихового кодування - лінійні (одновимірні або 1D) і двовірні (2D) символіки штрих-кодів. Лінійними (одновимірними) називаються штрих коди, що читаються в одному напрямку (по горизонталі). Найбільш розповсюдженими є наступні лінійні символіки: EAN, UPC, Code39, Code128, Codabar, Interleaved 2 of 5. Лінійні штрих коди дозволяють кодувати невеликий об'єм інформації (до 20-30 символів - зазвичай цифр) за допомогою нескладних штрих-кодів, що читаються недорогими сканерами. Двовимірними називаються символіки, розроблені для кодування великого обсягу інформації (до декількох сторінок тексту). Двовимірний код зчитується за допомогою спеціального сканера двовимірних кодів і дозволяє швидко і безпомилково вводити великий обсяг інформації. Розшифровка такого коду проводиться у двох вимірах (по горизонталі і по вертикалі).

Двовимірні штрихові коди

Багато років штрихові коди використовувалися як машинно-читаємі ідентифікатори на виробках. Кожна етикетка містила унікальний серійний номер, закодований у вигляді чорних і білих смуг, який служив ключем в базі даних, яка містить детальну інформацію. Така була ідея фахівців. Але багато користувачів потребували кодування більших обсягів інформації. Їм був потрібний штрих-код, що виконує роль портативної бази даних, а не ключа в ній.

Історія двовимірних штрих-кодів розвивалася за двома напрямками. Перше - створення матричних кодів - народилося на початку 80-х з появи двох розробок: Vericode американської фірми Veritec і CP Code японської компанії ID Tech. Наприкінці 80-х представили свої матричні коди Data Matrix і Maxi Code компанії International Data Matrix і United Parcel Services (UPS) відповідно. У 1990 р канадська фірма Artag Tech Systems запропонувала оригінальний варіант матричного коду Artag Tag, в якому дані представлялися фігурами гексагональної і октагональної форми. Трохи пізніше - в 1991 р - з'явився матричний

код Code One американської фірми Laserlight Systems. Свій QR Code компанія Denso запропонувала в 1994 р, але слідом за нею - в 1995 р - з'явилася розробка Aztech Code американської фірми Welch Allyn.

Другий напрямок - створення квазидвухмерних складених штрих-кодів - почалося в 1985 р з появи Code 49 американської компанії Intermecc, в якому можна розташувати до 8 рядів штрихів на тому ж просторі, що займає лінійний код. Наприкінці 80-х вийшло ще декілька розробок: Codablock німецької фірми Identicode System, Code 16K компанії Laserlight Systems і PDF417 (PDF, Portable Data File) фірми Symbol Technologies (США). І, нарешті, в 1996 р американська компанія Zebra представила претендує на універсальність складовою код Ultracode.

У сенсі компактності і надійності зберігання інформації вони являють собою якісний стрибок вперед, у порівнянні з т.зв. лінійними (або одновимірними) штрих-кодами (наприклад: EAN13, Code 39, Interleaved 2 of 5). Якщо лінійні штрих-коди зазвичай дозволяють кодувати 10-30 символів (як правило, тільки цифр або букв латинського алфавіту), то двовимірні здатні вмщати в 100 разів більше даних (наприклад, всю цю сторінку), і це при тому, звичайно, що нічого не перешкоджає використанню їх для малих обсягів даних. Крім того, двовимірні штрих-коди містять інформацію про корекції помилок, тобто дані кодуються таким чином, щоб їх зчитування було можливо навіть при частковій псуванні штрих-коду (наприклад, якщо частина його стерта, відірвана або розлилася бруд). Таким чином, при рівному обсязі кодованих даних, двовимірний штрих-код буде одночасно і компактніше лінійного, і стійкіше до пошкоджень. Двовимірні матричні штрих-коди мають вигляд матриці, складеної з квадратних модулів.

Особливості двовимірних штрих-кодів

У разі звичайного (одновимірного) штрих-коду записана за допомогою поєднання штрихів і прогалів різної ширини інформація зчитується лінійно, в напрямку, ортогональному штрихам (довжина штриха при цьому інформаційного навантаження не несе). Звідси впливає обмеження на обсяг інформації - зазвичай він не перевищує декількох десятків символів. Головна відмінність двовимірного коду полягає в тому, що в ньому для зберігання інформації використовуються обидва ортогональних напрямки на площині - вертикальне і горизонтальне. У результаті за обсягом збереженої інформації ємність двовимірного коду може в сотні разів перевищувати ємність одновимірного. Якщо при роботі з одновимірним кодом необхідна комп'ютерна база даних, то в багатьох випадках застосування двовимірного коду дозволяє відмовитися від такої бази, оскільки

ємність коду достатня для зберігання повної інформації про об'єкт. У цьому полягає якісна відмінність двох технологій.

Двовимірні коди виявляються незамінними, наприклад, в автономних системах ідентифікації або при необхідності зберігання складних ієрогліфів таких мов, як японський або китайський. Практично всі сучасні технології двовимірних кодів, на відміну від одновимірних, містять засоби корекції помилок і, отже, гарантують більшу надійність захисту даних.

Однак пристрої для створення, нанесення, сканування і декодування двовимірного штрих-коду набагато складніше і, отже, дорожче, ніж широко поширене обладнання для лінійних кодів. Фактично по підтримуваним обсягами даних і функціональним можливостям технологія двовимірного кодування займає проміжне місце між технологіями одновимірних штрих-кодів і віддаленої ідентифікації.

Двовимірні коди діляться на складові і матричні. Складовий код являє собою послідовність лінійних кодів, розмістити яку на тій же площі, що і одновимірний код, вдається шляхом зменшення довжини штрихів. Закладена в цьому коді простота форм (прямокутники штрихів і пробілів) дозволяє зчитувати його за допомогою відносно нескладних лазерних сканерів або лінійних рідерів.

Матричний код являє собою частково заповнену чорним барвником сітку з (у більшості випадків) квадратних модулів - осередків даних. Такий код зчитується вже не лінійним, а спеціальним майданним рідером.

Розглянемо найбільш популярні двовимірні штрихові коди.

1. ArrayTag (рис. 1). ArrayTag був розроблений д-ром Уорреном Д. Літлом (Dr. Warren D. Little) в Університеті Вікторії і є фірмовим кодом. Символ складається з простих шестикутних символів з додатковою кордоном, які наносяться або окремо, або групами в певній послідовності.



Рис. 1. Графічне зображення коду ArrayTags

ArrayTags може кодувати сотні розпізнавальних знаків і зчитуються на відстані до 50 метрів. Він оптимальний для зчитування на різній відстані і при різному освітленні. Основна область застосування цього коду - відстеження лісо- та пиломатеріалів.

2. Codablock (рис. 2). Codablock – це складна символіка на основі ICS Identicode-Systeme. Він був розроблений Генріхом Елманном (H. Oehlmann) та спочатку являв собою пакет символів Code 39.

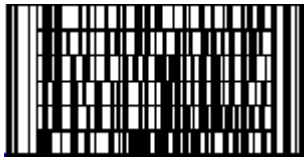


Рис. 2. Графічне представлення коду Codablock

Кожен символ Codablock містить від 1 до 22 рядків. Число знаків в ряду є функцією x -розміру символу. Іншими словами, кожен ряд може містити різну кількість символів. Кожен символ має початкові і кінцеві штрихи по всій висоті символу. Кожен ряд має двозначний покажчик ряду, а останній ряд символу може мати додатковий контрольну цифру. Програма друку символу повинна розраховувати не тільки число необхідних рядків, як в інших складених символіки, але також визначати число знаків в ряду і щільність друку, необхідні для найкращого розміщення інформації в символі Codablock.

Перевагою цього коду є те, що його можна зчитувати сканером з рухомим лазерним променем без особливих відхилень спотворень. Codablock був прийнятий німецькими станціями заготівлі донорської крові для ідентифікації крові.

3. Code 16K (рис. 3). Code 16K був розроблений Тедом Вільямсом (Ted Williams) в 1989 як багаторядна символіка, що відрізняється простою друку і декодування. Вільямс розробив також Code 128, а структура 16K заснована на Code 128.

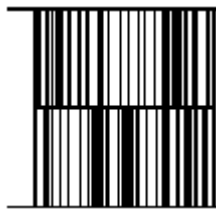


Рис. 3. Графічне представлення коду Code 16K

Назва коду не випадковий - 128 в квадраті дорівнює 16000, або коротко 16K. За допомогою Code 16K вдалося вирішити проблему Code 49, структура якого вимагає великого обсягу пам'яті для кодування і декодування таблиць і алгоритмів. 16K є складеною символікою.

Символи Code 16K можуть зчитуватися модифікованим лазером з рухомим променем чи сканерами CCD. Ряди можна сканувати в будь-якому порядку. Після того, як лічений останній ряд, пристрій, що зчитує штрих-код, вибудовує інформацію в правильній послідовності. Етикетки можуть друкуватися за допомогою стандартних технологій друку.

4. Code 49 (рис. 4). Code 49 був розроблений Девідом Елаїсом (Favid Allais) в 1987 в Intermec Corporation з метою вирішення задачі розміщення великої кількості інформації в символі дуже малих розмірів. Code 49 вирішує цю задачу за допомогою використання послідовностей символів штрих-коду, роз-

ташованих у кілька рівнів один над одним. Кожен символ може мати від двох до восьми рядків. Кожен ряд складається з початкової зони мовчання, стартовою комбінації, чотирьох інформаційних слів, що кодують восьмий знаків, де останній знак - знак перевірки рядків; стопову комбінацію і завершальну зону мовчання. Кожен ряд кодує інформацію за допомогою 18 штрихів і 17 прогалін і розділяється високим модульним розділовим штрихом (роздільником рядків).

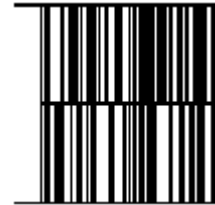


Рис. 4. Графічне зображення коду Code 49

Даний код являє собою безперервну символіку змінної довжини, яка може кодувати повний набір з 128 символів ASCII. Насправді його структура є певним гібридом UPC і Code 39. Intermec зробив цей код загальнодоступним (безліцензійний).

Сканування Code 49 може проводитися за допомогою модифікованих сканерів з рухомим лазерним променем або сканера CCD. Intermec виробляє сканери CCD, які можуть декодувати символи Code 49 поряд зі стандартними штрих-кодними символіками. Етикетки можуть друкуватися з використанням стандартних технологій друку.

5. MaxiCode (рис. 5). Maxicode (спочатку іменувався UPSCode і іноді Code 6) являє собою матричний код, розроблений United Parcel Service в 1992. Тим не менш, це не послідовність квадратних точок - MaxiCode складається з комбінації з 866 переплетених шестикутників, розміром 1 дюйм на 1 дюйм. У результаті щільність цього коду принаймні на 15 відсотків вище, ніж щільність звичайного коду, що використовує точки квадратної форми, однак, для друку таких символів потрібні принтери з більш високою роздільною здатністю, наприклад, термографічні або лазерні принтери. У центрі символу перебувати мішень «котяче око», що дозволяє сканеру відрізнити етикетку незалежно від її положення.

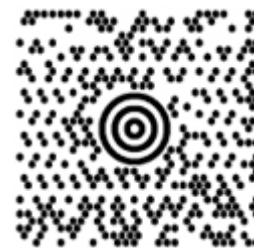


Рис. 5. Графічне представлення коду MaxiCode

У символі розміром 1 дюйм може розташовуватися близько 100 знаків ASCII. Символ може бути прочитаний, навіть якщо до 25 відсотків його були

пошкоджені, Він також може зчитуватися за допомогою камери або сканера CCD.

6. DataMatrix (рис. 6). Data Matrix, розроблений Siemens, являє собою двовимірний код, призначений для розміщення великої кількості інформації на дуже обмеженому просторі.



Рис. 6. Графічне представлення коду Data Matrix

Символ Data Matrix може зберігати від 1 до 500 знаків. Розмір символу може варіюватися від 1 квадратного міліметра до 14 квадратних дюймів. Це означає, що символ Data Matrix може мати щільність до 500 000 000 знаків на 1 квадратний дюйм. Насправді, щільність, звичайно ж, залежить від рішення при друку і використовуваної технології зчитування.

7. Code 1 (Code One) (рис. 7). Code 1 був винайдений Тедом Вільямсом (Ted Williams) в 1992 і є найпершою безліцензійною матричною символікою. У цьому коді використовується шаблон пошуку, що складається з горизонтальних і вертикальних штрихів, які перетинають середню частину символу.



Рис. 7. Графічне представлення коду Code 1

Символ може кодувати інформацію ASCII, інформацію щодо усунення помилок, символи, що управляють і закодовані двійкові дані. Прийнято 8 розмірів - від коду 1A до коду 1H. Код 1A може містити 13 буквено-цифрових знаків або 22 цифри, а код 1H - 2218 буквено-цифрових знаків або 3 550 цифр. Найбільший символ має 134x в ширину і 148x у висоту. Сам код може мати різноманітну форму, наприклад, L, U, або T-подібну форму.

Code 1 в даний час використовується в медичній промисловості для маркування етикеток медичних товарів, а також у переробній промисловості для кодування вмісту контейнерів для сортування.

8. PDF 417 (рис. 8). PDF417 являє собою багаторівневу символіку і був розроблений Інджіуном Вангом в 1991 в Symbol Technologies, яка тепер належить Motorola. PDF означає Portable Data File (портативний інформаційний файл) і символіка складається з 17 модулів, що містять 4 штриха і проміжки між ними (звідси число "417"). Код відкритий для загального користування.



Рис. 8. Графічне представлення коду PDF417

Структура коду дозволяє розміщувати від 1000 до 2000 знаків в одному символі з щільність інформації від 100 до 340 знаків. Кожен символ має стартову і стопову групу штрихів протяжністю по всій висоті символу. Символ PDF417 може зчитуватися за допомогою модифікованого ручного лазерного пристрою або сканерів CCD. Для друку цієї символіки слід використовувати принтери з високою щільністю друку (термографічні або лазерні).

9. QR Code (рис. 9). QR Code (Quick Response Code) являє собою матричний код, розроблений Nippondenso ID Systems і є безліцензійний.



Рис. 9. Графічне представлення коду QR Code

Символи QR Code мають квадратну форму і легко визначаються завдяки шаблону пошуку, який представляє собою комбінацію вкладених один в одного переміжних темних і світлих квадратів, розташованих за трьома кутами символу. Максимальний розмір символу - 177 квадратних модулів, що дозволяє кодувати 7366 цифрових знаків, або 4 464 буквено-цифрових знаків. Однією з найважливіших відмінностей символіки є її здатність здійснювати пряму кодування символів і літер японського алфавіту. QR Code призначений для швидкого зчитування з використанням камер CCD і технологій обробки зображень завдяки шаблону пошуку.

10. AztecCode (рис. 10). Aztec Code був розроблений Енді Лонакром (Andy Longacre) з Welch Allyn Inc. в 1995 р.



Рис. 10. Графічне представлення коду Aztec Code

Цей код відкритий для загального користування. Aztec Code розроблявся для забезпечення простоти друку і декодування. Квадратні символи розташовані на квадратній сітці з квадратною мішенню «котяче око» в центрі. Найменший символ Aztec Code являє собою квадрат 15x15 модулів, а найбільший - 151x151. Найменший символ Aztec Code кодує 13 цифрових або 12 буквених знаків, у той час як найбільший символ Aztec Code кодує 3832 цифрових або 3 067 літерних знаків, що становить 1914 бітів інформації. Цей код не вимагає «зони мовчання» за межами символу. В цілому пропонується 32 розміру символів і користувач сам визначає рівень кодування виправлення помилок за технологією Ріда-Соломона (Reed-Solomon) - від 5% до 95%. Рекомендований рівень - 23% розміру символу плюс 3 кодових слова Ріда-Соломона.

11. Ultracode (рис. 11). Ultracode був розроблений Zebra Technologies і відкритий для загального доступу. Символ складається зі смуги колонок змінної довжини, що складаються з елементів зображення, ширина яких не є строго визначеною.

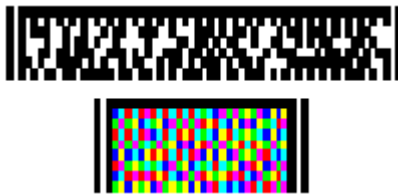


Рис. 11. Графічне представлення коду Ultracode

Код включає цифровий і буквено-цифровий режими з новітніми технологіями обробки сторінки (мова програмування/код), і різними рівнями корекції помилок Ріда-Соломона, які може вибирати сам користувач. Підтримується як чорно-біла, так і кольорова версії, що володіє більшою щільністю. У символіці використовуються пари вертикальних колонок з 7 монохромних (чорно-білих) або 8 багатобарвних (зазвичай білих, червоних, зелених, синіх, бірюзових, бузкових, жовтих і чорних) осередків для кодування одиниці інформації у вигляді точки на різних рівнях символу (43 рівня мовних груп). Символіки Ultracode відрізняються від більшості двовимірних штрихових кодів з корекцією помилок

тим, що відношення висоти символів до їх довжини таке ж, як у існуючих лінійних штрих-кодів, і тому не відносяться до числа кодів великої ємності. Ultracode найкраще підходить для прямого друку з низькою лінійною точністю.

Висновки

Двовимірні штрих коди добре пристосовані для візуальної технології зчитування і для кодування як малих, так і великих обсягів даних. Вони цікаві для застосувань, що вимагають розміщення коду на обмеженому просторі (виробництво, комерція, медицина, фармацевтика і т.д.), оскільки код забезпечує високу щільність розміщення інформації і не вимагає вільного простору навколо коду.

Деякі поштові відомства розглядають можливість використання двовимірних штрихових кодів в якості 'електронного штамп' поштового відправлення, в той же час електронне кодування підпису за допомогою цих кодів привернуло увагу деяких транспортних компаній. Штрих-код дозволяє розпізнавати інформаційну фальсифікацію, супроводжуючу зазвичай інші види підробок. Все це дає підставу вважати, що всі сфери застосування двовимірних кодів ще достеменно не досліджені і є ще багато можливостей їх використання.

Список літератури

1. Рынок QR-кодов в России и в мире [Електронний ресурс]. – Режим доступу до матеріалу статті: http://web.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/market-qr-codes-in-russia-and-the-world-ru/
2. Логачев В.. Что несет QR-код? [Електронний ресурс] / В. Логачев. – Режим доступу до матеріалу: <http://www.ridcom.ru/publications/131/>
3. Читаем QR код [Електронний ресурс]. – Режим доступу до матеріалу статті: <http://habrahabr.ru/post/127197/>.
4. Жураковський Б.Ю. Особливості застосування технології QR-кодування в телекомунікаційній мережі України / Б.Ю. Жураковський, Н.М. Довженко // 1 Науково-технічна конференція "Актуальні проблеми розвитку науки і техніки", ДУТ, м.Київ.– 22.10.15. – С. 18-21.

Надійшла до редколегії 12.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ШТРИХОВЫХ КОДОВ

Б.Ю. Жураковский, Н.М. Довженко

В данной статье проведен сравнительный анализ применения двумерных кодов. Подчеркнуто и описано основные особенности формирования и применения данных кодов в современных сферах деятельности человечества.

Ключевые слова: штриховое кодирование, двумерные коды, слои данных, уровень коррекции ошибок.

THE FIELD OF APPLICATION OF TWO DIMENSIONAL BARCODES

B.Yu. Zhurakovskyy, N.M. Dovzhenko

This article is about a comparative analysis of the two-dimensional codes. The main features of the formation and application of these codes in modern fields of human activity were highlighted and described.

Keywords: bar coding, barcode scanners, data layers, the level of error correction.