

Mirosław SIERGIEJCZYK¹

ANALIZA PORÓWNAWCZA TECHNOLOGII KONTROLI NAD PROCESAMI OBROTU TOWARÓW

W artykule scharakteryzowano technologie umożliwiające kontrolę nad obrotem towarów. Krótko omówiono najczęściej stosowaną, jaką są kody kreskowe. Następnie scharakteryzowano technologię RFID, która pomimo dość długiej historii dopiero ostatnich latach jest coraz częściej wykorzystywana w procesie kontroli obrotu towarów. Opisano elementy wchodzące w skład technologii RFID takie jak tagi oraz czytniki, a także scharakteryzowano globalny standard EPCGlobal. W części dotyczącej technologii RuBee przedstawiono ogólną charakterystykę tego standardu. W zakończeniu artykułu przedstawiono wyniki analizy porównawczej technologii kodów kreskowych i RFID z uwzględnieniem wybranych kryteriów oceny.

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL CONTROL OVER THE PROCESSES OF CIRCULATION OF GOODS

This article characterizes the technologies that allow control over the circulation of goods. Briefly is discussed the most commonly used technology, which uses bar codes. Then is characterized the RFID technology, which, despite a fairly long history, until recent years, is increasingly being used in the process of inspection of goods. There are described the elements included in the RFID technology, such as tags and readers, and characterized the global standard EPCGlobal. In the further part is presented the RuBee technology and general characteristics of this standard. In conclusion, the article presents the results of a comparative analysis of technology for barcodes and RFID tags, taking into account the selected evaluation criteria.

1. WSTĘP

W obecnej sytuacji, jaka panuje w gospodarce, przedsiębiorstwa za wszelką cenę szukają nowych miejsc, w których można znaleźć oszczędności. Począwszy od produkcji towarów z tańszych materiałów na podnoszeniu cen dla końcowego klienta kończąc. Często jednak metody te, skutkują zupełnie czymś odwrotnym, niż zwiększenie zysków przedsiębiorstwa. Towary wyprodukowane z tańszych, często gorszych jakościowo materiałów, nie spełniają już oczekiwań klientów, co za tym idzie szukają oni tożsamych

¹Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
Tel.(22)2347040, e-mail: msi@it.pw.edu.pl

produktów u innych producentów. Są jednak firmy, które obniżają koszt wyprodukowanych dóbr nie obniżając ich jakości. Przedsiębiorstwa te szukają oszczędności nie w samym procesie produkcji, ale w obszarach takich jak proces zakupu towarów, ich magazynowania, eliminowanie miejsc powstawania odpadu produkcyjnego, czy szybkości rozstrzygnięcia reklamacji. Tego typu działania stosuje na przykład amerykańska firma DELL Inc. W firmie tej, właściwie nie istnieją pojęcia magazynowania towarów, a każdy wyprodukowany komputer, można zidentyfikować po unikatowym numerze zwanym Service Tag'iem. Dzięki niemu, można uzyskać takie informacje jak: rodzaje podzespołów wchodzące w skład danego komputera, datę zakupu, datę końca gwarancji, historię napraw, dane osób, które wyprodukowały komputer itp. Aby wyżej wymienione procesy mogły być realizowane, przedsiębiorstwa muszą posiadać systemy, które pozwalają na tak pełną kontrolę. W skład takich systemów muszą wchodzić zarówno określone zachowania ludzkie, specjalistyczne oprogramowanie jak i sprzęt, który pozwala rejestrować przebieg procesów. Celem artykułu jest analiza technologii, które umożliwiają kontroli nad procesami obrotu towarów oraz przeprowadzenie analizy porównawczej technologii kodów kreskowych i RFID z uwzględnieniem wad i zalet tych technologii.

2. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII UMOŻLIWIAJĄCYCH KONTROLĘ NAD OBROTEM TOWARÓW

2.1 Kody kreskowe

Kody kreskowe są graficznym odzwierciedleniem znaków. Buduje się je, poprzez kombinację ciemnych i jasnych elementów zgodnie z ustalonymi regułami (symboliką). Symbolika jest to zbiór zasad opisujących tworzenie poszczególnych rodzajów kodów. Innymi słowy jest to sposób w jaki znaki pisma odwzorowane są poprzez ciemne i jasne elementy o różnej szerokości [5].

Linearne kody kreskowe

Kody tego typu zbudowane są z pionowych pasków o różnej szerokości występujących po sobie naprzemiennie. Dwa główne typy kodów linearnych to:

- 2W – kody te zbudowane są z pasków o dwóch różnych szerokościach, najpopularniejsze kody z tej grupy to *Codabar* i *Code 39*,
- 4W – składają się z czterech pasków o różnych szerokościach, najpopularniejsze kody tego typu to *Code 128*, *UPC*, *EAN-13*, *ISBN*.

Dwuwymiarowe kody kreskowe

Innym typem kodów kreskowych stosowanym coraz powszechniej w przemyśle są kody 2D. Zbudowane są z uporządkowanych zbiorów jasnych i ciemnych komórek o regularnych kształtach. Podstawowe zalety kodów 2D w stosunku do kodów liniowych to:

- - możliwość umieszczania na mniejszej powierzchni większej ilości informacji,
- - odczyt kodów, które uległy częściowemu uszkodzeniu,
- - dzięki możliwości kodowania do kilku tysięcy znaków kod 2D może być używany jako podręczna baza danych,
- - specyficzna budowa kodu pozwala na jego odczyt z powierzchni zakrzywionych lub zagiętych.

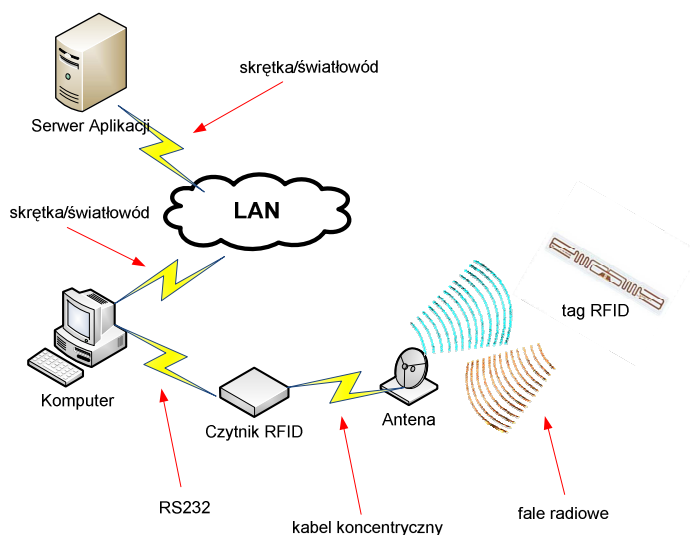
Najpopularniejsze kody 2D stosowane obecnie w przemyśle to: *DataMatrix*, *PDF417*, *MaxiCode*, *Aztec*, *QRCode*.

Kody hybrydowe

Kody hybrydowe stanowią połączenie właściwości kodów kreskowych i kodów 2D. Najpopularniejsze ich typy to *AztecMesas* i *RSS*.

2.2 Technologia RFID**2.2.1 Charakterystyka technologii RFID**

Dwoma zasadniczymi elementami technologii RFID są identyfikatory, które mogą mieć postać np. taga, etykiety samoprzylepnej lub transpondera a także czytniki których funkcją jest pobieranie informacji z identyfikatorów. Poza tym w skład każdego systemu wykorzystującego technologię RFID wchodzi serwer, umożliwiające kolekcjonowanie danych czytanych z tagów i oprogramowanie dające użytkownikowi pewne funkcjonalności jak np. programowanie tagów lub przetwarzanie informacji na nich się znajdujących. Architektura systemu z wykorzystaniem technologii RFID przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Architektura systemu z wykorzystaniem technologii RFID

2.2.2 Tagi RFID

Tagi RFID są zaawansowanymi technicznie etykietami zbudowanymi z anteny będącej bardzo często wielozwojową cewką, układu odpowiedzialnego za komunikację z czytnikiem, pamięci i/lub procesora oraz opcjonalnie z baterii. W momencie, w którym tag znajdzie się w obrębie promieniowania anteny zostają czytane informacje, które się na nim znajdują. O zasięgu w jakim musi się on znaleźć od anteny aby informacje na nim zapisane mogły zostać poprawnie czytane decyduje jego rodzaj. Tagi RFID możemy podzielić według następujących kategorii [7]:

- źródło zasilania,
- zapis danych,

- częstotliwość działania (tagi pasywne).

Źródło zasilania

Tagi pasywne nie posiadają własnego źródła zasilania i pobierają energię z pola elektromagnetycznego generowanego przez czytniki poprzez sprzężenie zwrotne dwóch cewek. Z tego powodu tagi pasywne należą do najmniejszych tagów charakteryzujących się długim czasem użytkowania. Ze względu na brak zasilania wewnętrznego zasięg ich działania nie przekracza kilku metrów a szybkość przemieszczania się towarów na których tagi się znajdują nie powinna być większa niż kilkanaście kilometrów na godzinę. Nie sprawdzają się zbyt dobrze w środowiskach trudnych dla RFID takich jak woda czy metal.

Tagi aktywne w przeciwieństwie do pasywnych posiadają własne źródło zasilania, najczęściej jest to wbudowana bateria która zasila układ elektroniczny taga i transmisję. Pozwalają na odczyt danych z odległości nawet kilkuset metrów od anteny z towarów poruszających się z prędkością do kilkudziesięciu kilometrów na godzinę. Posiadają one możliwość zapisu danych w pamięci, której wielkość może wahać się od pojedynczych bajtów do megabajtów. Układy tego typu są wiarygodniejsze od tagów pasywnych ze względu na możliwość nawiązania sesji z czytnikiem i większą pamięć. Sprawują się także lepiej w środowiskach wodnych lub w obecności dużej ilości metalu. Tagi tego typu są jednak droższe niż rozwiązania pasywne, także czas ich życia jest ograniczony do kilku lat.

Tagi semi-aktywne (semi-pasywne) są połączeniem funkcjonalności tagów pasywnych i aktywnych. Posiadają one źródło prądu zasilające układ mikroprocesora, transmisją sygnałów natomiast wykorzystuje energię fal radiowych odebranych z czytnika. Tego typu układy są o wiele bardziej czułe, niż układy pasywne co przekłada się na większą odległość działania a także większą dokładność odczytu. Przy korzystaniu z tego typu rozwiązania należy zwrócić szczególną uwagę na moc czytnika, gdyż najslabszym ogniwem odczytu takiego taga jest transmisja na linii tag – czytnik. Tagi tego typu bardzo często posiadają układy umożliwiające mierzenie i zapisywanie danych dotyczących np. temperatury lub wilgotności bez konieczności korzystania z czytnika. Pozwala to na przykład zbierać dane o kolejnych etapach produkcji danego materiału. Największą zaletą takiego rozwiązania jest fakt, że informacje dotyczące danego produktu nie znajdują się wyłącznie w bazie danych systemu produkcyjnego, ale również na samym produkcie, co pozwala wiarygodnie udokumentować zgodność procesów produkcji i dystrybucji z wcześniej przyjętymi normami.

Zapis danych

- tagi typu R/O (ang. Read / Only) – charakteryzują się brakiem możliwości zapisu jakichkolwiek danych. Na tagu znajduje się numer seryjny zapisane podczas procesu produkcji, którego także nie można nadpisać.
- tagi typu WORM (ang. Write Once Read Many Times) – umożliwiają jednorazowy zapis danych na tagu przy pomocy czytnika, bez możliwości zmiany wartości numeru seryjnego, który został zapisany w procesie produkcji.
- tagi typu R/W (ang. Read / Write) – pozwalają na wielokrotny zapis informacji na tagu bez możliwości zmiany wartości numeru seryjnego zapisanego w procesie produkcji.

Częstotliwość działania (tagi pasywne)

- 100 – 500 kHz (LF ang. Low Frequency) – najczęściej wykorzystywany zakres od 125 do 134 kHz. Charakteryzuje się krótką odległością odczytu danych (do ok. 50cm) a także niską prędkością transmisji i brakiem możliwości odczytu wielu

- tagów jednocześnie. Przy czym cechuje się dobrą przenikalnością przez wodę i metale.
- 13,56 MHz (HF ang. High Frequency) – częstotliwość tą cechuje stosunkowo krótka odległość odczytu (do ok. 1m) oraz średnia prędkość odczytu i możliwość czytania wielu tagów jednocześnie (do 50 sztuk). Umożliwia odczyt tagów znajdujących się na cieczach.
 - 860 – 960 MHz (UHF) – tagi pracujące w tym przedziale częstotliwości charakteryzują się dużą odległością (do 13m) oraz prędkością odczytu, a także możliwością czytania kilkuset tagów jednocześnie (do 500 sztuk). Jednak przy tych częstotliwościach mogą wystąpić problemy przy próbie czytania tagów znajdujących się na cieczach. Od 2005 roku globalny standard – EPC GEN 2.

2.2.3 Czytniki RFID

Czytnik RFID jest to elektroniczne urządzenie wyposażone w jedną lub kilka anten nadawczo-odbiorczych, a także w nadajnik i dekodery. Główną funkcją czytnika jest odczyt danych znajdujących się na tagu RFID.

Można wyróżnić trzy główne typy czytników:

- stacjonarne, które wykorzystuje się jako czytniki zabudowane w bramkach na halach produkcyjnych czy magazynach. Charakteryzują się one dużą gęstością odczytu, posiadają wiele interfejsów takich jak Ethernet 10/100, RS485, RS323, USB (ang. Universal Serial Bus) co pozwala na ich integrację z innymi urządzeniami np. czujnikami oświetlenia, ruchu czy zewnętrznymi ekranami,
- przenośne - zintegrowane z kolektorem danych. Ze względu na swoją mobilność nadają się idealnie do przeprowadzania inwentaryzacji czy odczytu danych z towarów znajdujących się w trudno dostępnych miejscach. Odczytywanie danych z takiego czytnika może odbywać się on-line dzięki interfejsom takim jak Wi-Fi czy Bluetooth lub po umieszczeniu czytnika w specjalnej stacji dokującej podłączonej do komputera,
- zintegrowane - np. wbudowane w drukarki kodów kreskowych. Podczas druku kodów na specjalnych etykietach z zatopionym tagiem RFID czytnik znajdujący się w drukarce programuje odpowiednio tag znajdujący się na etykietce umieszczając na nim komplet informacji dotyczących danego towaru.

2.2.4 Standard EPCglobal

Podstawową rolą standardów w światowym handlu, jest ujednoczenie technologii i rozwiązań stosowanych przez przedsiębiorstwa, co w konsekwencji ma poprawić możliwość integracji i współpracy przedsiębiorstw w globalnym łańcuchu dostaw. Do takich właśnie standardów należy EPCglobal stworzony przez organizację GS1². Kilka lat temu wiodącą technologią identyfikacji były kody kreskowe, wykorzystywane zresztą do dnia dzisiejszego. Jednym z głównym powodów powszechnego jej stosowania są koszty, które w obecnych czasach są bardzo niewielkie, drugim może nawet ważniejszym jest wykorzystanie globalnych identyfikatorów systemu, które w sposób jednoznaczny w skali całego świata identyfikują np. produkt, paletę czy opakowanie zbiorcze. Od kilkunastu lat

² Globalna organizacja o charakterze non-profit zajmująca się standaryzacją w obszarze zarządzania łańcuchem dostaw oraz zarządzania popytem.

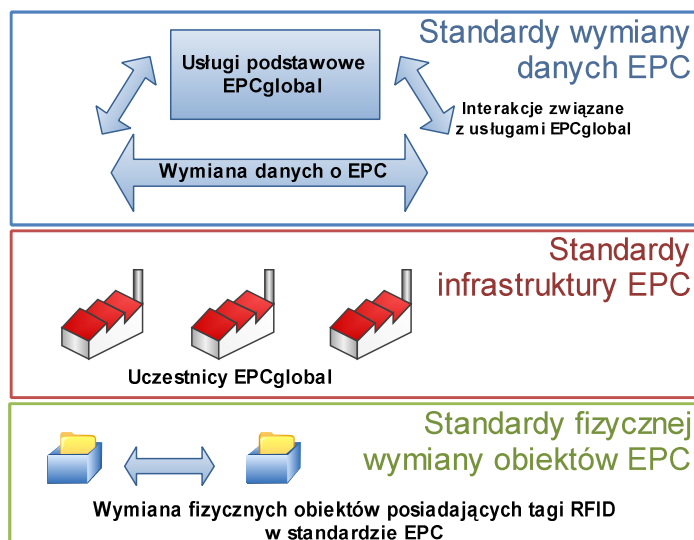
daje się obserwować naturalną ewolucję kodów kreskowych do innych nośników danych, umożliwiających przechowywanie większej ilości informacji, co za tym idzie tworzą się nowe standardy. Nośnikami tymi są transpondery (tagi), które przechowują informację w postaci binarnej, a przy pomocy odpowiednich czytników przetwarza się je do postaci liczbowej. Technologia ta (RFID) w znacznym stopniu podnosi ilość danych możliwych do zapisania dotyczących konkretnego obiektu. Jednym z innowacyjnych rozwiązań bazującym na technologii RFID jest Elektroniczny Kod Produktu EPC (ang. Electronic Product Code) którego zastosowania dotyczy standard EPCglobal [11].

W Elektronicznym Kodzie Produktu (EPC) nazywanym inaczej „radiowym kodem kreskowym” lub „kodem kreskowym następnej generacji” wykorzystano technologię RFID. Numer identyfikacyjny produktu jest zapisywany na specjalnym znaczniku (tagu), który jest umieszczany na produkcie a do jego odczytu wykorzystuje się fale radiowe o wysokiej częstotliwości. Dzięki możliwościom technologii RFID w niedalekiej przyszłości będzie możliwa indywidualna identyfikacja pojedynczych towarów, oraz możliwość ich śledzenia w trybie on-line.

Sieć EPCglobal oparta jest na globalnych standardach, dostawcy sprzętu i oprogramowania powinni budować swoje produkty w taki sposób, aby interfejsy w nich obecne były oparte właśnie na nich. Architektura EPCglobal jest opisana w sposób niekomercyjny, wszystkie interfejsy znajdujące się pomiędzy elementami sieci określone są jako otwarte standardy, rozwijane przez społeczności związane z procesem rozwoju standardu EPCglobal. Standard ten opracowany jest w taki sposób by móc być użytecznym we wszystkich istniejących strukturach i standardach branżowych. Rozróżniamy trzy grupy standardów związanych z EPCglobal (rys. 2)[13]:

- fizyczna wymiana obiektów EPC – architektura EPCglobal opisuje standardy wymiany fizycznych obiektów i jest zaprojektowana w ten sposób, aby zapewnić uczestnikowi procesu który dostarcza fizyczne obiekty innemu podmiotowi, prawidłowe określenie i interpretację tych obiektów. Standardy, które występują w ramach tej grupy to: protokół tagu EPC który definiuje sposób w jaki dane są przenoszone przy pomocy sygnału radiowego do czytnika RFID i specyfikacja danych tagu EPC która opisuje format i znaczenie tych danych,
- wymiana danych EPC – architektura opisuje w jaki sposób wymieniać dane z innymi uczestnikami EPCglobal, poza tym dzięki standardom subskrybent ma zapewniony dostęp do podstawowych usług EPCglobal oraz innych usług ułatwiających wymianę informacji o numerach EPC. W skład interfejsów wymiany danych EPC wchodzi: Interfejs aplikacji ONS, interfejs zapytań EPC IS (serwis informacyjny EPC). Sprzęt i oprogramowanie obecne w tej grupie standardów to: EPC IS czyli aplikacja wyszukująca określone dane o numerach, ONS Root czyli serwis „szukający”, dla którego kody EPC są danymi wejściowymi, natomiast zwraca on adresy URL (ang. Uniform Resource Locator) z serwisu EPC IS które zostały stworzone przez subskrybenta nadającego poszukiwany numer EPC,
- infrastruktura EPC – każdy uczestnik systemu EPCglobal jest odpowiedzialny za tworzenie nowych obiektów EPC znajdujących się na jego towarach. Unikalność tych obiektów pozwala śledzić ich ruchy i gromadzić informację na ich temat w centralnej bazie danych swojej organizacji. Aby tego typu procesy były możliwe, należy trzymać się standardów, które opisują poszczególne interfejsy np. protokół czytników EPC, metody filtrowania i gromadzenie danych, interfejs zapytań do EPC

IS. Oprogramowanie i sprzęt działający poprzez te interfejsy to: czytniki tagów RFID, aplikacja RFID Middleware (filtruje i gromadzi dane o numerach EPC), programatory tagów RFID, EPC IS Dostępowy (przekazuje dane o numerach EPC do innych uczestników sieci EPCglobal), lokalny ONS (daje możliwość wyszukiwania konkretnego numeru EPC przy pomocy ONS Root).



Rys. 2. Architektury i standardy EPCglobal [13]

2.2.5 Standard RuBee

Główną technologią bezprzewodowej identyfikacji towarów obecną na rynku jest RFID. Jednakże firma Visible Assets wraz z Seiko Epson stworzyły nowy standard o nazwie RuBee który został zatwierdzony przez IEEE (ang. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) pod nazwą 1902.1. Technologie tą należy postrzegać nie jako konkurencję dla RFID, ale jako rozwiązanie pozwalające stosować bezprzewodową identyfikację towarów tam, gdzie RFID nie dawało sobie rady. Nowe znaczniki (rys. 3.) wykorzystują pole magnetyczne i niską częstotliwość działania. Z racji tego, że pole magnetyczne dobrze przenika przez metale i wodę korzystające z niego nadajniki będą dokładniejsze. Niska częstotliwość natomiast nie wymaga wysokiej energii do zasilania. Wykonane są w technologii półprzewodnikowej 4µm i przygotowane są do pracy przez 10 lat przy korzystaniu z wbudowanej baterii litowej o wielkości małej monety. Niska częstotliwość pracy skutkuje ograniczoną szybkością transferu, który w technologii RuBee wynosi 9600 bps. W praktyce oznacza to mniejszą prędkość skanowania grup znaczników (do 6 znaczników na sekundę). Natomiast jeśli chodzi o prędkość zapisu na tagach sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Dzięki wykorzystaniu pamięci RAM (ang. *Random Access Memory*) podtrzymywanej przez baterię zapis jest szybki i nie wymaga dłuższych czasów oczekiwania. W pojedynczym znaczniku wielkość pamięci wynosi od 256 bajtów do 5 kB.

Całość obsługiwana jest przez cztero bitowy procesor umożliwiający wzajemną wymianę danych. Transmisja danych przy pomocy pola magnetycznego ma jeszcze jedną konsekwencję. Z racji tego, że pole to zanika stosunkowo szybko ogranicza to zasięg czytników. Z drugiej jednak strony dzięki temu transmisja w mniejszym stopniu narażona jest na szumy, które także zanikają szybciej niż np. w polu elektrycznym. W związku z małym zasięgiem znaczników istnieje możliwość tworzenia ich hybrydowych odmian, które czytane z małej odległości nadawać będą fale magnetyczne, natomiast przy odpytywaniu z większej emitować będą fale podobne do tych emitowanych przez RFID. Innym typem układu istniejącego w tym standardzie są znaczniki pasywne. Aby móc sczytać informację z tego typu znaczników konieczne jest użycie czytnika wyposażonego w dodatkowy kanał częstotliwości, dzięki któremu przesyłana będzie energia potrzebna do naładowania odpytywanego układu, który po zgromadzeniu odpowiedniej ilości energii wykorzysta ją do nadania odpowiedzi. Innym typem układu będącego częścią RuBee są układy pasywne. Ponadto w ramach standardu przewiduje się prowadzenie znacznie większej ilości urządzeń niż tylko znaczniki i czytniki dzięki którym system będzie bardziej elastyczny [10].



Rys. 3. Tag wykonany w technologii RuBee [en.wikipedia.org]

Najciekawszą technologią będzie implementacja komunikacji peer-to-peer, dzięki niej możliwa będzie komunikacja pomiędzy samymi tagami. Jako mechanizm komunikacji sieciowej wykorzystany zostanie protokół IP (ang. Internet Protocol). Twórcy technologii chcą, aby sieć RuBee zachowywała się jak część sieci Internet w tym celu stosowane są modemo-routery łączące z sobą sieć zgodną z technologią Ethernet z siecią P1902.1. Dostęp do danych, znajdujących się na znacznikach możliwy jest przez przeglądarkę a wyświetlana zawartość generowana jest przy pomocy formularzy XML (ang. Extensible Markup Language). W celu ułatwienia dostępu do odpowiednich znaczników planuje się wprowadzenie technologii TLD (ang. Top Level Domain), która w swym działaniu przypomina Ethernetową technologię DNS czy ONS związaną z EPCGlobal [13].

RuBee jest technologią nowatorską, która może być znakomitym uzupełnieniem technologii RFID. Wykorzystanie jej do szybkiej identyfikacji dużej liczby produktów nie jest możliwe ze względu na niskie przepustowości z drugiej jednak strony jej dokładność

może okazać się kluczem do sukcesu w miejscach gdzie identyfikacja nie musi być szybka ale za to powinna być bardzo dokładna.

4. ANALIZA PORÓWNAWCZA TECHNOLOGII KODÓW KRESKOWYCH I TECHNOLOGII RFID

Do analizy porównawczej przyjęto wielokryterialną metodę analizy porównawczej Bellingera. Metoda ta polega na doprowadzeniu wyników oceny przy pomocy różnorodnych kryteriów cząstkowych do stanu addytywności i na określeniu oceny łącznej jako sumy ocen cząstkowych. Aby można było spełnić te założenia, należy dla każdego kryterium wyznaczyć dwa stany, najmniej i najbardziej pożądany. Następnie należy wyrazić wszystkie rzeczywiste wartości dla kryteriów cząstkowych, jako ułamek drogi od stany najmniej do najbardziej pożądane. Łączna ocena otrzymywana jest po zsumowaniu procentów przebytych dróg, pomnożonych przez wagę określoną na początku dla każdego kryterium.

Do oceny technologii umożliwiających kontrolę nad obrotem towarów przyjęto następujące kryteria [10]:

- C₁ – zasięg odczytu znacznika z informacjami przez czytnik,
- C₂ – ilość informacji możliwych do zapisania w znaczniku,
- C₃ – korekcja błędów przy sczytywaniu informacji z częściowo uszkodzonego znacznika,
- C₄ – cena wytworzenia znacznika znajdującego się na produkcie³
cena jednego taga RFID przy zakupie 100.000 sztuk = 15gr
cena wydruku jednej etykiety z kodem kreskowym = 3gr
- C₅ – szybkość odczytu towarów oznakowanych znacznikami
- C₆ – działanie systemu w trudnych warunkach środowiskowych
- C₇ – możliwość odczytu znacznika bez kontaktu optycznego

Następnie określono jednostki pomiarowe wraz z ustaleniem pożądanego kierunku zmian dla poszczególnego kryterium. Do tych jednostek zaliczono:

- C₁ – zasięg odczytu znacznika przez czytnik wyrażony w metrach, pożądanym kierunkiem zmian stymulanta
- C₂ – ilość informacji możliwych do zapisania na danym znaczniku, wyrażony w punktach od 1 do 100, pożądanym kierunkiem zmian stymulanta
- C₃ – korekcja błędów przy sczytywaniu uszkodzonych znaczników, wyrażona w punktach 0 do 10
- C₄ – cena wytworzenia pojedynczego znacznika wyrażona w groszach, pożądanym kierunkiem zmian destymulanta
- C₅ – szybkość odczytu pojedynczych towarów wyposażonych w znacznik w sztukach na minutę, pożądanym kierunkiem zmian stymulanta
- C₆ – możliwość działania w trudnych warunkach środowiskowych wyrażona w punktach od 1 do 20, pożądanym kierunkiem zmian stymulanta

³ Zakłada się, że jednemu elementowi mebla przyporządkowujemy jeden znacznik

- C_7 – możliwość odczytu znacznika przez czytnik bez konieczności kontaktu optycznego wyrażona w punktach od 0 do 10, pożądany kierunek zmian stymulanta

Wyznaczono następujące granice zmian dla każdego z kryteriów

C_1 - [1 – 20], C_2 - [1 – 100], C_3 - [0 – 10], C_4 - [1 – 20], C_5 - [100 – 15000], C_6 - [1 – 20]
 C_7 - [0 – 10]

W kolejnym etapie metodyki oceny określono wagi dla poszczególnych kryteriów (wagi mogą się różnić, w zależności od osoby przeprowadzającej analizę):

W_1 - [0,10], W_2 - [0,19], W_3 - [0,10], W_4 - [0,12], W_5 - [0,16], W_6 - [0,14], W_7 - [0,19]

Największa waga została przypisana kryterium dotyczącemu ilości informacji możliwych do zapisania na pojedynczym tagu, a także możliwości odczytu znacznika bez optycznego kontaktu obydwu elementów systemu. Drugim w kolejności kryterium jest szybkość odczytu mająca bardzo duże znaczenie przy przesuwaniu mebli z Wydziału Pakowni na Magazyn Wyrobów gotowych. Trzecie w kolejności jest kryterium mówiące o możliwości działania w trudnym środowisku w szczególności chodzi tu o duże zapylenie mające miejsce w niektórych miejscach powstawania półproduktów. Cena wytworzonego pojedynczego tagu została uznana, za ważniejsze kryterium niż zasięg odczytu znacznika przez czytnik i korekcja błędów przy uszkodzonym znaczniku. Oba ostatnio wymienione kryteria otrzymały najmniejsze wagi [10].

Tab. 1. Rzeczywiste wartości kryteriów analizy

Wagi	0,10	0,19	0,10	0,12	0,16	0,14	0,19
Kryterium → Technologia ↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Kody kreskowe	18	20	8	3	300	5	0
RFID	12	90	0	15	12000	15	10

Każda liczba z tabeli 1 przedstawiona została jako procent przebytej „drogi” od stanu najmniej pożądanego do najbardziej pożądanego.

Tab. 2. Wartości procentowe przebytych dróg

Wagi	0,10	0,19	0,10	0,12	0,16	0,14	0,19
Kryterium → Technologia ↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Kody kreskowe	89,50%	19,20%	80,00%	89,50%	1,40%	21,10%	0,00%
RFID	57,90%	89,90%	0,00%	26,30%	85,00%	73,70%	80,00%

W tym etapie otrzymane wartości zostały pomnożone przez przyjęte wagi

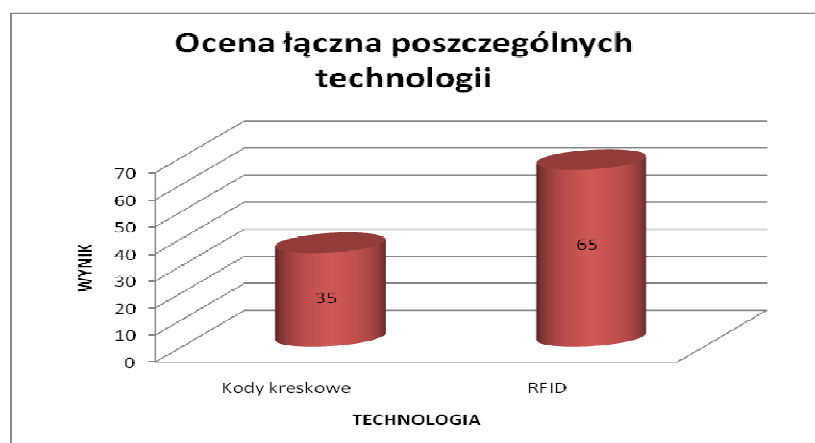
Tab. 3. Iloczyn wartości procentowych i wag dla poszczególnych kryteriów

Wagi	0,10	0,19	0,10	0,12	0,16	0,14	0,19
Kryterium → Technologia ↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
CN1	8,95	3,65	8,00	10,74	0,22	2,95	0,00
CN2	5,79	17,24	0,00	3,16	13,60	10,32	15,20

Ustalenie najwyższej wartości łącznej, będącej zaokrągloną sumą wszystkich wskaźników danego obiektu.

Tab. 4. Łączne oceny badań

Suma wartości wskaźników	
Kody kreskowe	35
RFID	65



Rys. 4. Graficzne przedstawienie wyniku porównania technologii kodów kreskowych i RFID metodą Bellingera

4. ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzona analiza dowodzi, że przy przyjętych kryteriach takich jak, zasięg odczytu znacznika, ilość informacji możliwych do zapisania na nim, korekcja błędów, cena rozwiązania, szybkość odczytu informacji, niezawodność pracy systemu w trudnych warunkach środowiskowych czy możliwość odczytu informacji bez konieczności kontaktu optycznego pomiędzy znacznikiem a czytnikiem, technologią która w większym stopniu spełni wymagania klienta jest RFID. Należy jednak pamiętać, że ocena, która jest wynikiem analizy zależy głównie od wag, które przydziela się poszczególnym kryteriom i jest bardzo subiektywna. W badanym środowisku położono duży nacisk na ilość informacji

możliwych do zapisania w znaczniku, możliwość pracy systemu, bez konieczności optycznego kontaktu pomiędzy czytnikiem a znacznikiem, nie przejmując się takimi cechami jak zasięg odczytu czy korekcja błędów. Osoba, która wykonywać będzie podobną analizę przy założeniu innych wag dla poszczególnych kryteriów może otrzymać inny wynik niż ten przedstawiony w powyższej analizie. Jednak prawie dwukrotna ilość punktów zdobytych przez RFID w przeprowadzonym badaniu świadczy o tym, że RFID jest technologią, która w większym stopniu zadowala klientów.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Augustyniak Sz.: *Wdrażając RFID*. NetWorld IDG, czerwiec 2004.
- [2] Chustecki J.: *Technologia do wdrażania rozwiązań RFID*. NetWorld IDG, wrzesień 2005.
- [3] Chrobak P.: *Zastosowanie technologii RFID i EPC w systemach globalnej identyfikacji*. Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu Katedra Teorii Informatyki, Dokument PDF, Wrocław 2007.
- [4] Finkenzeller K.: *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester England 2003.
- [5] Hałas E.: *Nowe kody kreskowe i technologie przyszłości*. Logistyka, kwiecień 2008.
- [6] Hałas E.: *Kody kreskowe, tagi radiowe i co dalej....* Logistyka, lipiec 2009.
- [7] Hunt D., Puglia M., Puglia A.: *A guide to radio frequency identification*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken New Jersey 2007.
- [8] Muszyński J.: *Systemy RFID w przedsiębiorstwie*. NetWorld IDG, wrzesień 2006.
- [9] Muszyński J.: *Usługi RFID dla użytkowników mobilnych*. NetWorld IDG, sierpień 2008.
- [10] Rowiński M.: *Koncepcja systemu zarządzania procesami obrotu towarów z wykorzystaniem technologii RFID*. Praca dyplomowa WSISiZ wykonana pod kier. dr hab. inż. Miroslaw Siergiejczyka, Warszawa 2009.
- [11] Sokołowski G.: *Wdrożenia technologii EPC/RFID w oparciu o standardy GS1*. Logistyka, marzec 2009.
- [12] www.epcglobal.pl – polska strona organizacji GS1 na temat standardu EPCGlobal
- [13] www.epcglobalinc.org – międzynarodowa strona organizacji GS1 na temat standardu EPCGlobal
- [14] www.rfid.citi-lab.pl – Akademicki Portal Wiedzy o technologiach automatycznej identyfikacji obiektów
- [15] www.rfid.net.pl – portal o tematyce RFID