

Józef Okulewicz
Politechnika Warszawska

Warunki wykorzystania identyfikacji radiowej w systemach logistycznych¹

Znaczenie identyfikacji wyrobów jest kluczowe dla wszelkich systemów sterowania przepływem materiałów. Kolejnym etapem w rozwoju systemów logistycznych jest zastosowanie tzw. „etykiet elektronicznych” do identyfikowania ładunków w produkcji i dystrybucji. Jednym z podstawowych motywów promowania techniki RFID (*ang. Radio Frequency Identification*)² jest obietnica lepszego śledzenia ruchu ładunków i szybszego rozsyłania danych o aktualnym rozmieszczeniu ładunków w procesach produkcyjnych oraz w dystrybucji. Oczekuje się, że w celu zarejestrowania ładunku w systemie komputerowym wystarczyłoby, aby paleta z towarem przemieściła się obok odpowiedniego czytnika, odbierającego sygnały od radiowych odpowiednich etykiet, przymocowanych do poszczególnych paczek umieszczonych na palecie.

Wiele firm zaangażowało się obecnie w realizację pilotowych wdrożeń tej technologii. Można jednak odnieść wrażenie, że pomija się aspekt informacyjny tej nowej technologii przyjmując, że jest to rodzaj udoskonalenia sprawdzonej techniki identyfikacji, jaką są kody kreskowe. Okazuje się jednak, że to, co leży u podstaw techniki RFID, jest jedynie zbiorem elementów umożliwiających zrealizowanie funkcji odczytania i przesłania numeru wyrobu z wykorzystaniem fal radiowych.

Odczyt kodu kreskowego (bar code)

i odczyt etykiety elektronicznej (RFID tag) wymagają podobnego zbioru elementów i działają według podobnej zasady odbijania wysyłanego przez czytnik sygnału. Mimo tych powierzchownych podobieństw, każdy z tych sposobów ma całkowicie odmienne własności. Ze względu na te różnice, wymagają one odmiennych warunków do poprawnego wykorzystania do celów, dla których zostały utworzone. Wynikiem zaniedbywania tych różnic są obserwowane niepowodzenia prób wdrożenia techniki RFID do praktyki logistycznej.

Przy okazji pilotowych wdrożeń techniki RFID w systemach logistycznych można też odnieść wrażenie chaosu panującego wokół wprowadzania nowej technologii. Zazwyczaj dopiero po zrealizowaniu pilotowego wdrożenia sprawdzano użyteczność zastosowanych rozwiązań, stwierdzając często nikłe pożytki z jej wprowadzenia.

Już na samym początku wdrożeń stwierdzono, że do identyfikowania wyrobów nie mogą być stosowane znaczniki, do których można w każdej chwili coś zapisać i wprowadzono dwie klasy znaczników pasywnych³. Po wprowadzeniu tej modyfikacji okazało się, że to nie wystarcza ze względu na ochronę prywatności. Nowe znaczniki – oprócz trzykrotnego zmniejszenia wymiarów i dziesięciokrotnego zwiększenia szybkości odczytu, mają na tyle inne własności, że systemy korzystające ze znaczników obu generacji prze-

stały być kompatybilne. W znacznikach tych można zapisać nie tylko numer towaru, ale także hasło do ochrony danych przed nieuprawnionym odczytem, a ponadto zapis może być niszczone przez czytnik⁴.

Te nowe wymagania zostały wymuszone dopiero po negatywnych doświadczeniach z wykorzystaniem tej techniki, służącej w założeniu do identyfikowania towarów, choć dotyczą takich własności, które powinny być spełnione od samego początku jej rozwoju.

Drugim ważnym, a nierozwiązanym problemem, jest reagowanie znaczników zamocowanych na towarach o rozmaitych własnościach materiałowych⁵. Okazało się bowiem, że fale radiowe propagują w zamkniętych pomieszczeniach, wypełnionych różnymi wyrobami, zupełnie inaczej niż w otwartych przestrzeniach, co ma miejsce w przypadku nadawania programów radiowych czy w przypadku łączności radiotelefonicznej.

W rezultacie doświadczeń z pilotowymi projektami euforia wywołana pojawieniem się nowej technologii rozpoznawania towarów została nieco ostudzona⁶. Ponosząc znaczne koszty wykazano, że podobne efekty można byłoby uzyskać bez stosowania RFID. W efekcie rok 2005, który miał być rokiem RFID⁷, zakończył się sformułowaniem zarzutów⁸ wobec tej techniki oraz pojawiły się symptomy⁹ zmiany nastawienia do niej¹⁰. Obecnie oczekuje się na

¹ Na podstawie referatu Autora na ten temat, przedstawionego na Konferencji Logistyki Stosowanej w 2005 r. w Zakopanem.

² Termin jest mylący, gdyż w swej istocie oznacza jedynie radiowe przesyłanie identyfikatora rzeczy. Dopóki nie można tą drogą przesłać rzeczy, nie można mówić o identyfikacji radiowej.

³ Znaczniki klasy 0, do których numer jest wpisywany przez producenta znacznika i klasy 1, do którego numer jest wpisywany przez producenta znakowanego wyrobu.

⁴ Zebec B.: „RFID update”, mat. konf. „RFID – przyszłość czy teraźniejszość?”, Warszawa 12.09.2005.

⁵ Np. w firmie Del Monte przerwano po 18 miesiącach pilotowy projekt, po tym jak stwierdzono trudności z użyciem znaczników na metalowych puszkach z żywnością (za Lamb J.: „Slow road to RFID”, Logistics Europe, listopad 2005).

⁶ „When RFID doesn't pay”, Logistics Europe, październik 2004.

⁷ Allen N.: „Watch out for RFID”, Logistics Europe, marzec 2005.

⁸ W ramach odbywającego się pod koniec września Logistics and Supply Chain Forum, sformułowano zarzuty wobec RFID, że: (1o) oszukańczo prezentuje się jako spełnienie oczekiwań „wyznawców łańcucha dostaw” bez posiadania wiarygodnego potwierdzenia, (2o) potajemnie narzuciło się „społeczności łańcucha dostaw” ze słabymi dowodami na swą technologiczną siłę i skuteczność, (3o) oferuje otwarcie drzwi do najbardziej ohydnych pogwałcenia bezpieczeństwa (za Tulip S.: „RFID on trial”, Logistics Europe, październik 2005).

⁹ Mikołajczak Ł.: „Otrzeźwienie”, Logistyka a Jakość, 6/2005.

¹⁰ Allen N.: „The drum-beat of rfid”, Logistics Europe, czerwiec 2005.

wyniki drugiej fazy eksperymentów¹¹. Choć historia wdrażania techniki radiowej do identyfikowania towarów jeszcze nie jest zakończona, to dotychczasowy jej przebieg zmusza do zastanowienia się nad przyczynami niepowodzeń.

Komunikacja podczas identyfikacji

Procedura odczytu radiowego jest podobna z pozoru do tej, jaka jest stosowana przy wykorzystaniu czytników optycznych. Wzbudziło to nadzieje, że w przypadku zastosowania technologii RFID sukces będzie jeszcze większy, niż przy zastosowaniu kodów kreskowych, które zrobiły zawrotną karierę w usprawnianiu systemów dostarczania towarów. Podstawę do promowania nowej techniki odczytu z wykorzystaniem fal radiowych stanowi to, że przy odczycie kodu kreskowego trzeba w jakiś sposób dotrzeć z czytnikiem do towaru, co znacznie wydłuża czas odczytywania.

Jednak obie techniki odczytu różnią się zasadniczo sposobem komunikowania. Mogłoby się wydawać, że w obu przypadkach zachodzi komunikacja oparta na jednym aktywnym uczestniku, gdyż używa się pasywnych nośników identyfikatora towaru, a różnica sprowadza się jedynie do innego nośnika wiadomości.

Odczytanie kodu kreskowego polega na tym, że promień świetlny z czytnika musi być skierowany na kod kreskowy i – po zarejestrowaniu odbicia – czytnik musi potwierdzić poprawność odczytu. Oznacza to, że procedura odczytu kodu kreskowego wymaga spełnienia podczas każdego odczytu następujących warunków:

- wyrób musi być w dyspozycji operatora
- operator musi widzieć etykietę z kodem
- czytnik sygnałem musi potwierdzić nawiązanie łączności i rozpoznanie kodu.

Tym samym odczyt kodu kreskowego nie oznacza wbrew pozorom, że kod ten pełni swą rolę w sposób pasywny i przez analogię może być zastąpiony pasywnym znacznikiem RFID. Swego rodzaju „aktywność” kodu kreskowego jest realizowana przez operatora od-

czytującego ten kod, tzn. operator pełni – na przemian albo może i jednocześnie – podwójną rolę w procesie odczytu kodu kreskowego. W jednej reprezentuje czytnik ustawiając go odpowiednio względem kodu, a w drugiej reprezentuje kod kreskowy ustawiając go odpowiednio względem czytnika i nie oddalając go dopóki w pierwszej roli nie uzyska sygnału, że kod został poprawnie odczytany.

W przypadku etykiety elektronicznej można zauważyć, że odbiorca sygnału nie ma odpowiedniego partnera po drugiej stronie, czyli po stronie tej etykiety. Działa ona bowiem dopiero po otrzymaniu sygnału od czytnika i nie może podejmować żadnych działań samodzielnie. Na skutek tego operator nie może pełnić roli reprezentanta etykiety elektronicznej, bo zwyczajnie nie wie, gdzie ona jest i – co gorsze – nie wie czy w ogóle jest w zasięgu czytnika.

Rodzaje przesyłanych wiadomości

Sukces, związany z zastosowaniem kodów kreskowych, łączy się ze zdolnością do wygenerowania podczas każdego odczytu dwóch rodzajów wiadomości. Jedna jest oczywista, gdyż do tych celów został zbudowany czytnik kodu kreskowego. Sprowadza się ona do tego, że kod oznakowanego obiektu jest rejestrowany przez czytnik jeśli obiekt jest w określonym miejscu, wymuszonym przez operatora. Druga wiadomość powstaje przy tej okazji i jest nierozłącznie związana ze sposobem funkcjonowania czytnika. Jest to jednak swego rodzaju wiadomość wirtualna i dlatego pozornie wydaje się, że nie jest rejestrowana. Polega ona na tym, że kod obiektu nie jest rejestrowany jeśli nie znajduje się w danym miejscu¹².

Formalnie w systemie komputerowym, obsługującym odczyt kodu kreskowego, rejestruje się tylko pierwszą wiadomość, bo nie można rejestrować czegoś, czego fizycznie nie można doświadczyć. Jednak możliwość wytworzenia tej drugiej wiadomości¹³ powoduje, że nie są rejestrowane kody towarów, których nie ma w polu odczytu czytnika, a obiekty, które znajdują się w polu dzia-

łania czytnika nie są pomijane.

Niedostrzeżenie i niedocenianie znaczenia tej drugiej wiadomości spowodowało, że technikę odczytu radiowego znacznika potraktowano jako naturalne udoskonalenie odczytu kodu kreskowego, pozbawioną niedogodności związanej z koniecznością wycelowania skanera w kierunku etykiety z kodem i odczekania chwili, aż komputer rozpozna skanowany obraz kodu kreskowego lub powierzchniowego i potwierdzi to odpowiednim sygnałem. Wydawało się przy tym, że fala radiowa może z powodzeniem zastąpić promień świetlny. Jej pozorną zaletą jest to, że jej pole oddziaływania jest szersze, przez co obiekt nie musi być dokładnie ustawiany względem czytnika.

Po wysłaniu fali radiowej o określonej częstotliwości czytnik oczekuje od etykiety wiadomości, że na przykład towar jest w jego polu aktywności i po jej odebraniu przekazuje tę wiadomość do systemu informatycznego. Sprawa jest oczywista, gdy czytnik odbiera taką wiadomość a towar faktycznie jest w polu czytnika. Jeśli jednak czytnik nie otrzymuje takiej wiadomości, to wcale nie oznacza, że towar nie został dostarczony, gdyż nie wiadomo czy:

- nie ma towaru z etykietą w polu aktywności czytnika
- etykieta jest uszkodzona, przez co nie wysyła sygnału
- sygnał z etykiety nie dotarł do czytnika, bo został zaekranowany lub pochłonięty i nie ma łączności z towarem.

Potwierdzeniem braku towaru powinno być coś w rodzaju wiadomości, że coś się nie wydarzyło. Wiadomość taka jest konieczna by – dopełniając wiadomość, że coś się wydarzyło – wyróżnić błędne odczyty o nieistniejących ładunkach i brakujące odczyty o istniejących ładunkach.

W efekcie, podczas odczytu kodu znacznika radiowego może być generowany tylko jeden rodzaj wiadomości, tzn. znacznik jest rejestrowany gdy znajdzie się w polu działania czytnika. Zarazem nie jest możliwe wygenerowanie drugiego rodzaju wiadomości, przez co w przypadku braku odczytu nie ma pewności, czy znacznik nie znajduje się w polu czytnika¹⁴.

¹¹ Ody P.: „Give RFID a second chance”, Logistics Europe, listopad-grudzień 2005.

¹² Jest to swego rodzaju wiadomość o tym, że coś się nie wydarzyło.

¹³ Świadectwem niedoceniania tego rodzaju wiadomości jest nagroda Plain English Campaign dla Donalda Rumsfelda za najbardziej ambarasującą wypowiedź roku 2003, w której przypomniał o istnieniu takiej wiadomości.

¹⁴ Z tych względów urządzenie do odczytu znacznika radiowego pełni swą funkcję nie jako czytnik, a raczej jako „odpytywacz” (ang. interrogator).

Integralność systemu identyfikacji ładunków

Jednak nie tylko istnienie wiarygodnej łączności jest konieczne przy stosowaniu RFID, lecz także zapewnienie integralności odczytu identyfikatora. W powszechnym rozumieniu systemu przyjmuje się, że jest to odpowiednik „zbioru elementów, między którymi zidentyfikowano relacje, jako wewnętrzne związki między elementami”¹⁵. Na skutek tego uwaga twórców systemów koncentruje się głównie na tym, by dla zrealizowania zadanej funkcji systemu dobrać odpowiednie elementy i połączyć je właściwymi relacjami. Wytwarza się przez to błędne mniemanie, że wystarczy, by zbiór elementów realizował zadaną funkcję, aby tym samym powstał system. Na plan dalszy schodzi to, że w każdym momencie powinno być możliwe potraktowanie zbioru elementów i relacji jako pewnej całości co oznacza, że dla systemu równie ważna – jak funkcjonalność jego elementów – jest jego integralność. Z oczywistych względów spełnianie funkcji systemu jest jedynie oznaką jego integralności. Dla jej zagwarantowania powinny być zachowane trzy kryteria: „przejrzystość”, „łączność” i „dostępność”¹⁶. W świetle tych kryteriów odczytanie z sukcesem kodu kreskowego jest możliwe gdyż:

- wyrób oznaczony kodem kreskowym oraz czytnik są dostępne operatorowi
- pomiędzy skanerem a etykietą jest zapewniona łączność optyczna potwierdzona tym, że widzialny promień skanera znajduje się na obszarze kodu
- sytuacja związana z odczytem jest dla operatora przejrzysta, gdyż dopóki nie zobaczy np. zielonego światła na czytniku i nie usłyszy odpowiedniego sygnału, nie uzna on operacji za zakończoną i będzie próbował odczytać kod aż do skutku.

Gdy podobną analizę przeprowadzi się dla odczytu znacznika radiowego to można zauważyć, że żadne z tych kryteriów nie jest spełnione. Etykieta elektroniczna nie jest dostępna na skutek czego nie wiadomo, czy znajduje się w polu czytnika. Łączność z etykietą,

realizowana za pośrednictwem fali radiowej, uniemożliwia sprawdzenie czy jest nawiązana. Sytuacja odczytu nie jest także przejrzysta, bo nie wiadomo czy brak sygnału od etykiety jest wynikiem braku wyrobu, czy skutkiem jego niedostępności dla sygnału radiowego, czy też braku łączności ze względu na zakłócenia. W efekcie, z pozycji czytnika zbliżonego do koszyka czy palety z towarami:

- nie wiadomo gdzie jest towar
- nie wiadomo gdzie jest etykieta
- nie wiadomo czy jest łączność z etykietą.

Tak więc zmiana nośnika wiadomości spowodowała zerwanie wiarygodnej łączności pomiędzy czytnikiem a identyfikatorem towaru, co z kolei naruszyło integralność systemu odczytu identyfikatora.

Zastosowania praktyczne

Technika RFID, która miała usprawnić odczytywanie kodów towarów – przez uniezależnienie się od konieczności skojarzenia oznakowanego towaru z czytnikiem – jest w istocie nieprzydatna do wiarygodnego rejestrowania kodu towaru. Nie może zatem być wykorzystywana do identyfikowania towarów, a jedynie może służyć do przesyłania tego identyfikatora w specyficznych warunkach. Sama zaś etykieta elektroniczna nie jest wystarczającym identyfikatorem ładunku.

Ponieważ podczas odczytu etykiety elektronicznej nie są spełnione kryteria integralności systemu, potrzebne są uzupełniające działania umożliwiające spełnienie tych kryteriów w całym systemie dostarczania towarów. Możliwe jest to na dwa sposoby.

Pierwszy polega na spowodowaniu, by podczas pojedynczego odczytu była również generowana druga wiadomość, co sprowadza się do zastosowania procedury odczytu takiej, jak podczas odczytywania kodu kreskowego. Oznacza to konieczność umieszczenia etykiety elektronicznej na ładunku w określonym miejscu i zatrzymania ruchu ładunku w przypadku braku potwierdzenia odczytu.

Drugi sposób wymaga odpowiedniego skonstruowania systemu przepływu towarów i przetwarzania danych, tak by w każdej chwili można było zbilansować liczbę ładunków znajdujących się w systemie objętym radiową identyfikacją danych. Tylko wtedy można by stwierdzić, że brak odczytu jest równoważny brakowi towaru w zasięgu czytnika radiowego.

Jednak utworzenie i użytkowanie takiego systemu przy wykorzystaniu pasywnych znaczników radiowych może wiązać się z poważnymi trudnościami. Może to oznaczać, że pasywne znaczniki nie nadają się w ogóle do identyfikacji wyrobów. Dopiero bowiem znaczniki aktywne, sygnalizujące swą obecność niezależnie od działania czytnika radiowego, umożliwiłyby nawiązanie skutecznej łączności¹⁷.

Potwierdzeniem słuszności powyższych rozważań mogą być relacje z już zakończonych projektów pilotowych. Można bowiem stwierdzić, że sukces osiągnięto tam, gdzie zbudowano odpowiedni system wokół elementu jaki stanowi odczyt identyfikatora, dopełniając niewiarygodną łączność ze znacznikiem.

Rozwiązanie, zastosowane z sukcesem przez firmę **Metro**¹⁸, polegało na wymuszeniu warunków integralności w ramach pojedynczego odczytu. W tym celu umieszczono czytniki radiowe we wszystkich 58 dokach transportowych magazynu. Każdy transport palet do i z magazynu musiał przejść przez specjalną bramę. Przejazd był możliwy dopiero po zapaleniu się zielonego światła, które następowało po zidentyfikowaniu przez system komputerowy przewożonego ładunku. Ponieważ w przypadku automatycznej identyfikacji przemieszczanie ładunków musi być nadzorowane przez system informatyczny, to dane o ładunku odczytane przez czytnik mogą być porównywane z tymi przechowywanymi w systemie informatycznym, w którym wiadomo wcześniej, jaki towar ma przejechać przez jaką bramę. Jakkolwiek niezgodności lub trudności z odczytaniem sygnałów radiowych blokowały wysłanie sygnału zezwala-

¹⁵ Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT Warszawa 1978.

¹⁶ Okulewicz J.: „Kryteria analizy systemów transportowych”. Mat. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Transport XXI wieku”, Warszawa 2004.

¹⁷ Największe obecnie jednostkowe zamówienie dotyczy znaczników aktywnych (za Harrop P.: „2000 RFID Case Studies Reveal Surprises”, 18.07.2006, url: www.idtechex.com/products/en/articles/00000484.asp).

¹⁸ Zebec B.: „RFID update”, jw...

jącego na przejazd, a próba przejazdu bez zezwolenia była wykrywana przez zamontowany w bramie czujnik ruchu i powodowała alarm.

Projekt od samego początku był ograniczony do takiego sposobu wykorzystania RFID i nawet nie przewidyje się, by wyposażać w znaczniki indywidualne produkty. W takim bowiem przypadku nie udałoby się zachować tych warunków integralności systemu, jakie zastosowano w dokach transportowych magazynu.

W projekcie, realizowanym w firmie **Wal-Mart**¹⁹, zastosowano drugi możliwy sposób, polegający na zamknięciu obszaru stosowania tej techniki. W tym celu zainstalowano czytniki w 140 sklepach we wszystkich miejscach, przez które przepływają pojemniki z towarami, tzn.: na wejściu do sklepu, na wyjściu ze sklepu, na przejściu do hali sprzedaży i na wyjściu do kasowania pojemników. Na podstawie danych, zebranych z tych wszystkich punktów, automatycznie planuje się zaopatrzenie sklepów.

W obu przedstawionych przypadkach korzyści były skutkiem skrócenia czasu związanego z rozpoznawaniem i przesyłaniem identyfikatorów ładunków w wyniku wyeliminowania manualnych czynności, wykonywanych przez pracowników magazynu w połączeniu ze skalą przedsięwzięcia. Wprowadzenie czytników radiowych nie polegało jednak na zwykłym zastąpieniu czytników optycznych, lecz wymagało odpowiedniego rozbudowania otoczenia, w których funkcjonują czytniki.

Zakończenie

Przy tworzeniu systemu logistycznego z wykorzystaniem RFID, rodzaj użytych znaczników i sposób ich użycia musi być wkomponowany w odpowiednio dostosowany system sterowania przepływem ładunków, by spełnić wymagania dotyczące wiarygodności ich identyfikacji. Stosowane obecnie kryterium funkcjonalności jest – jak pokazuje doświadczenie – niewystarczające, gdyż wymaga eksperymentowania na gotowym systemie. Takie testowanie nowej techniki identyfikacji, realizowane w ramach pilotowych wdrożeń bez wstępnego rozważenia możliwych trudności, może być usprawiedliwione tym, że za przedmiot badań w logistyce przyjęto tzw. „łańcuch dostaw”, którego usprawnieniu miało służyć zastosowanie RFID. Ponieważ jednak nie ma on bytu samoistnego, a jest skutkiem działania systemu, to należało utworzyć odpowiedni system, w którym możliwe byłoby obserwowanie skutków dostarczania towarów z wykorzystaniem RFID. Dopiero na tej podstawie możliwe było przekonanie się o tym, czy wprowadzenie nowej technologii coś poprawia w „łańcuchu”.

Alternatywą dla tej, nie tylko kłopotliwej, ale i kosztownej procedury, jest stosowanie kryteriów integralności systemu, które można zastosować już na etapie projektowania systemu, by zadbać o warunki realizowania jego funkcji.

¹⁹ „Report Shows How Wal-Mart Did It”, 15.11.2005,

url: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1983/2/1/>