

RFID UHF i HF w bibliotekach

Bartłomiej Gładysz

Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych, Politechnika Warszawska

Paweł Wiśniewski

HADATAP Sp. z o.o.

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania innowacyjnej technologii identyfikacji radiowej (RFID) do wsparcia, przyspieszenia i automatyzacji procesów związanych z obiegiem zbiorów w bibliotekach. Zaprezentowano zasady działania technologii, podstawowe elementy składowe infrastruktury oraz dwa wykorzystywane w bibliotekach standardy radiowe. Celem artykułu jest zaprezentowanie potencjału technologii RFID dla bibliotek oraz zasygnalizowanie różnic i zbudowanie podstaw do dalszych rozważań na temat standardów radiowych.

1. Wprowadzenie

Identyfikowalność to „zdolność do prześledzenia historii, zastosowania lub lokalizacji tego, co jest przedmiotem rozpatrywania” [bibliogr. poz. 32]. Przedmiotem rozpatrywania może być dowolny obiekt np. produkt, jednostka transportowa, środek trwały, dokument, który należy identyfikować. Organizacje zainteresowane są identyfikowaniem przedmiotów i pozyskiwaniem różnego rodzaju informacji jak np. data produkcji, numer partii, identyfikator asortymentowy itd. na potrzeby zasilenia informacjami procesów biznesowych. Najpowszechniejszą technologią automatyzującą identyfikację są kody kreskowe. Obecnie systemy identyfikacji obiektów są integralną częścią systemów informatycznych wielu organizacji, a wiodącą rolę zaczyna odgrywać identyfikacja radiowa (ang. *Radio Frequency Identification* – RFID) wdrażana przez wiele organizacji na świecie.

Poniżej przytoczono podstawowe definicje RFID:

„W najprostszy sposób, tak jak wynika to bezpośrednio z nazwy, identyfikacja radiowa - RFID - jest to proces i infrastruktura fizyczna, w oparciu o które, przy zastosowaniu określonego protokołu za pośrednictwem fal radiowych przesyłany jest unikalny identyfikator z urządzenia do czytelnika.” [bibliogr. poz. 1, s. 3 - tłum. Gładysz B.]

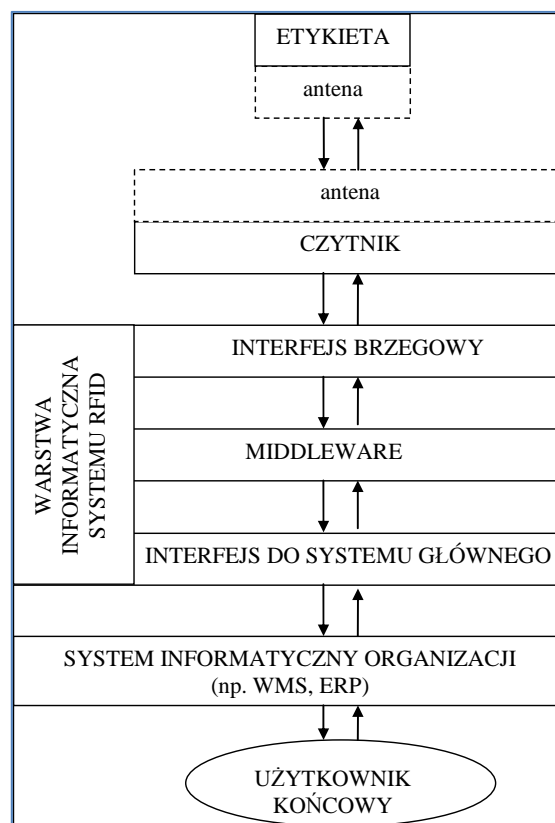
„RFID to akronim od *Radio Frequency Identification*, co oznacza bezprzewodową technologię komunikacji stosowaną do identyfikacji unikalnie oznaczonych obiektów (również ludzi)”. [bibliogr. poz. 25, s. 1 – tłum. Gładysz B.]

Podsumowując jest to „każda metoda identyfikacji unikalnych jednostek przy użyciu fal radiowych” [bibliogr. poz. 33].

Niektórzy nazywają RFID „radiowymi kodami kreskowymi”, ale jest to prawda tylko w nielicznych przypadkach. RFID umożliwia nowe sposoby realizacji procesów, niemożliwe do osiągnięcia w oparciu o inne technologie. Kevin Ashton, współzałożyciel Auto-ID Center w MIT i twórca pojęcia „Internetu rzeczy” stwierdził, że „nazywanie RFID radiowym kodem kreskowym jest jak nazywanie samochodu zmechanizowanym koniem” (cyt. za [bibliogr. poz. 34]).

2. RFID – podstawy i obszary wdrożeń

Podstawy fizyczne i organizacyjne wdrożeń RFID zostały opisane w licznych pozycjach literatury m.in. [bibliogr. poz. 11, 14, 25]. Rys. 1 przedstawia podstawowe zasady działania technologii RFID.



Rys. 1. Schemat zasady działania RFID [17].

Przebieg procesu identyfikacji można opisać w następujących krokach:

- czytnik za pomocą nadajnika wytwarza zmienne pole elektromagnetyczne wokół anteny,
- czytnik może wytwarzać pole w sposób ciągły lub być wzbudzony po wykryciu przez czujnik poruszającego się obiektu,
- tagi wysyłają informacje do czytnika,
- tagi pasywne tj. wzbudzone i zasilane energią otrzymaną z czytnika lub aktywne tj. z własnym zasilaniem i nadające z określoną częstotliwością,
- czytnik dekoduje odpowiedzi tagów,
- odpowiedzi przekazywane są do systemu informatycznego (co najmniej identyfikator i znacznik czasowy).

Tag (transponder, etykieta, chip) składa się z procesora oraz anteny (zazwyczaj napylanej na warstwie izolatora). Pojemność pamięci wynosi od kilkudziesięciu do kilku tysięcy bitów. Tagi występują w różnych formach w zależności od warunków aplikacji i stosowania. Mogą być np. w postaci etykiety papierowej lub PCV, w obudowie z tworzywa (np. PCV, ABS), w formie wkrętów, przywieszek, opasek itp. Przykładowe tagi przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Przykładowe tagi RFID. Źródło: materiały HADATAAP.

Czytnik RFID odpowiada za odczytanie informacji zakodowanej w tagu. Można wyróżnić czytniki stacjonarne (przeznaczone do zabudowy – np. czytniki w bramach) i przenośne (mobilne, urządzenia zintegrowane z przenośnym terminalem tzw. kolektorem danych). Czytniki stacjonarne mogą występować w postaci zintegrowanej z antenami lub w wersji z możliwością użycia różnych anten.

Do warstwy informatycznej systemu RFID zalicza się:

- interfejs brzegowy - łączy sprzęt z middlewarem, zapewnia odbiór danych z czytnika oraz kontroluje pracę sprzętu RFID,
- middleware - funkcjonuje pomiędzy interfejsem brzegowym a interfejsem do systemu głównego, jego funkcją jest zarządzanie pozyskiwanymi danymi, ich udostępnianie zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz przedsiębiorstwa oraz odwzorowywanie logiki biznesowej,
- interfejs do systemu głównego stosowanego w organizacji,
- platforma komunikacyjna - środek komunikacji pomiędzy komponentami systemu RFID, przewodowe lub bezprzewodowe połączenie czytników, kontrolerów i komputerów.

W literaturze można znaleźć liczne opisy wdrożeń RFID na świecie wraz z badaniami ich opłacalności. Znanych jest wiele zastosowań RFID. Podstawowe obszary możliwych aplikacji RFID opisano w postaci modelu referencyjnego w pracy [bibliogr. poz. 16]. Tab. 1 zawiera wykaz przykładowych możliwości wykorzystania RFID w różnych dziedzinach działalności człowieka. Studia przypadków wdrożeń RFID w różnych obszarach (m.in. logistyka, służba zdrowia, górnictwo, biblioteki) można znaleźć m.in. w [bibliogr. poz. 9, 12, 21-23, 26, 29, 35-37], zaś rozwój rynków technologii RFID w Polsce przedstawiono w [bibliogr. poz. 18, 19]. Tab. 1 przedstawia wybrane popularne obszary, w których wykorzystywana jest technologia RFID.

Obszar	Zastosowanie
Biblioteki i archiwa	znakowanie zbiorów, rejestrowanie wydań i zwrotów, samodzielne wypożyczenia i zwroty, automatyczne skontrum
Produkcja	śledzenie partii produkcyjnych, uzyskiwanie informacji o robotach w toku, kontrola zapasów w toku i stanu realizacji zleceń produkcyjnych
Magazynowanie	automatyczne śledzenie stanów magazynowych, dokładniejsze informacje o stanach magazynowych aktualizowane na bieżąco, szybszy dostęp do zapasów magazynowych
Wysyłki	automatyczna identyfikacja pożądanego towaru, mniej błędów w konfekcjonowaniu, krótszy czas przygotowania wysyłki, krótszy czas dostarczenia do klienta
Transport	śledzenie ładunków, dokładniejsze informacje o lokalizacji transportu, kontrola stanu realizacji zlecenia, zabezpieczenie przed kradzieżą, integracja GSM/GPS
Pozostałe	np. sprzedaż, gospodarka odpadami, szpitale (leki, sprzęt i pacjenci), środki trwałe (inventaryzacja), banki, parkingi, lotniska

Tab. 1. Przykładowe obszary zastosowania RFID. Źródło: opracowanie własne.

3. RFID w bibliotekach

3.1. Historia, korzyści, wdrożenia na świecie

Przyjmuje się, że pierwsze wdrożenie RFID w bibliotece miało miejsce w połowie lat 90. XX wieku, ale penetracja rynku jest nadal stosunkowo niska, biorąc pod uwagę liczbę wdrożeń w porównaniu do ilości bibliotek na świecie [bibliogr. poz. 10]. Ching i Tai [bibliogr. poz. 8] wskazują, że wiele bibliotek wciąż jest zorientowanych na wykorzystanie kodów kreskowych i pasków magnetycznych (antykradzieżowych). Jako główną wadę RFID wymienia się wysoki koszt wdrożenia, który jednak znacząco zmalał w ostatnich latach oraz możliwość zablokowania działania systemu poprzez ekranowanie znacznika (np. owinięciem folią aluminiową). W tym miejscu należy zauważyć, że RFID nie jest przede wszystkim technologią antykradzieżową i jeśli użytkownik będzie chciał świadomie wynieść niewypożyczoną książkę, to zarówno RFID, kody kreskowe, jak i paski magnetyczne nie są w stanie temu zapobiec.

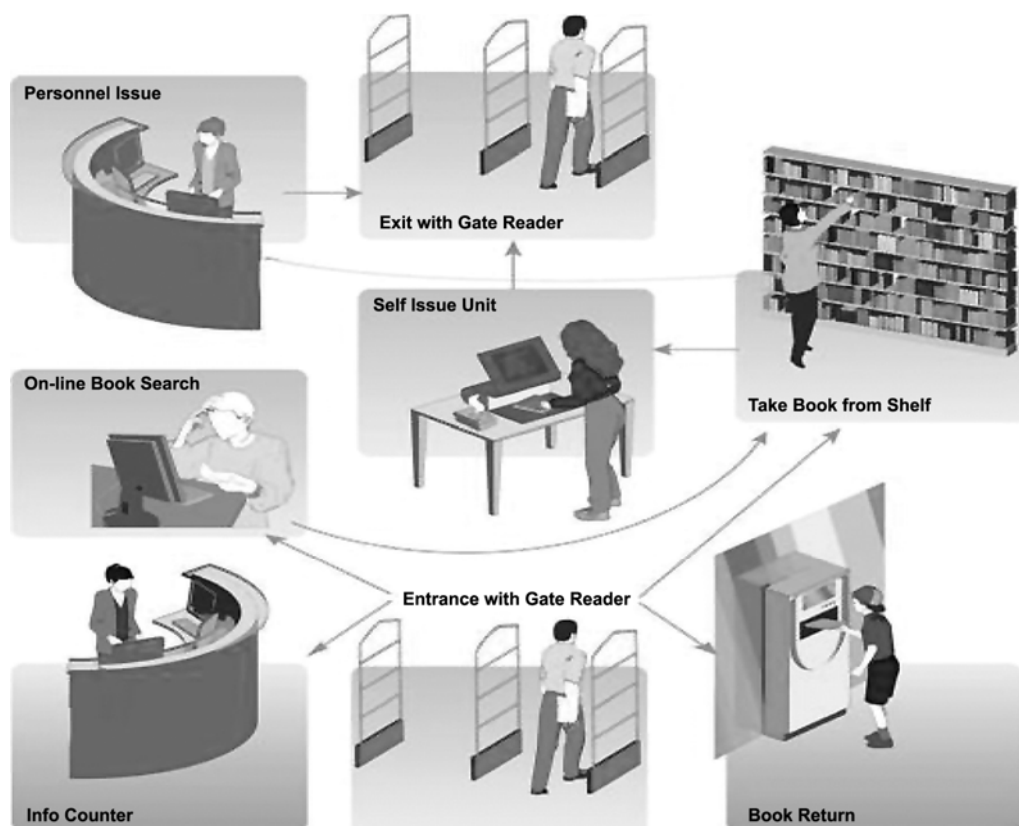
Edwards i Fortune [bibliogr. poz. 13] raportują, że setki brytyjskich bibliotek wdrożyło RFID i znaczna ich większość jest zadowolona z efektów. Do głównych wymienianych w literaturze korzyści z wdrożenia systemu RFID w bibliotece należy zaliczyć zwiększenie efektywności śledzenia, identyfikowania i kontroli zasobów [bibliogr. poz. 35]. Uzasadnienia dla wdrożenia RFID należy szukać w następujących obszarach [bibliogr. poz. 31]:

- procent czasu spędzanego na wydawaniu książek,
- procent czasu spędzanego na przyjmowaniu zwrotów książek,
- procent wydań realizowanych przez personel i samodzielnie przez czytelników,
- wzrost wydań realizowanych bez wzrostu liczby dodatkowego personelu,
- szybkość i dokładność realizacji skontrum,
- dokładność przyjmowania zwrotów książek i dystrybucji książek w magazynie,
- koszty związane z kontuzjami personelu z uwagi na powtarzalne czynności fizyczne,
- wzrost satysfakcji czytelników z uwagi na szybszy i dokładniejszy proces wydawania i przyjmowania zwrotów książek.

Wdrożenia RFID w bibliotekach są coraz popularniejsze na świecie, o czym świadczą liczne publikacje studiów przypadków (m.in. [bibliogr. poz. 1, 4, 5, 7, 8, 12, 30, 36]).

3.2. Sprzęt


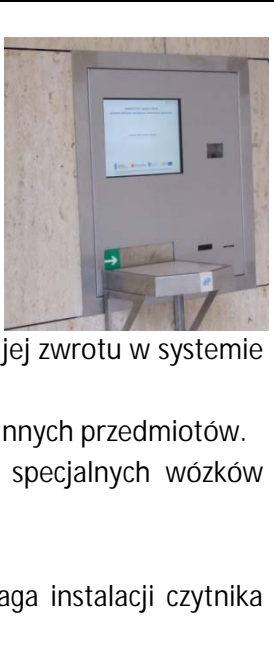
W bibliotekach zastosowane mogą być różne rodzaje urządzeń wykorzystujących technologię RFID. Rys. 3 przedstawia możliwości wykorzystania urządzeń RFID (por. tab. 1) w bibliotece.



Rys. 3. Możliwości wsparcia procesów w bibliotece technologią RFID [28].

Tab. 2 przedstawia podstawowe informacje o sprzęcie RFID stosowanym w bibliotekach. Wszystkie urządzenia muszą zapewniać prawidłowy odczyt etykiet RFID umieszczonych wewnątrz książek. Dodatkowo konieczne jest zapewnienie integracji urządzeń z systemem bibliotecznym. Prezentowane zdjęcia pochodzą z projektów zrealizowanych w Polsce w Wyższej Szkole Biznesu w Dąbrowie Górniczej (UHF) oraz na Wydziale Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytetu Jagiellońskiego (HF).

Sprzęt	Opis i zdjęcia
Stanowisko kodowania etykiet i bibliotekarza	Kodowanie etykieta. Wypożyczenia i zwroty Czytnik RFID i antena. Przygotowane do współpracy z komputerem klasy PC. Czytnik legitymacji. 
Bramka kontrolna	Czytnik RFID z multiplexerem. Specjalne anteny kontrolujące przejście dla czytelników. Specjalizowany mikrokomputer zarządzający. Szerokość przejścia: do 90 cm (RFID HF), do 140 cm (RFID UHF). Sygnał alarmowy w przypadku wykrycia przez bramkę książki, która nie ma statusu „wypożyczona”. Oprogramowanie: komunikaty, raporty, zarządzanie alarmami. Możliwość wkomponowania bramki w drzwi. 
Mobilny asystent bibliotekarza	Skontrum. Kontrola poprawności ułożenia książek na półkach (działy/regaly). Wyszukanie żądanej książki. Komputer mobilny z czytnikiem RFID i anteną. Odczyt etykiet umieszczonych wewnątrz książek ułożonych na półce z ok. 5 cm (RFID HF), 20-300 cm (regulowane programem, RFID UHF). 
Samoobsługowe stanowisko do wypożyczeń	Komputer PC. Ekran dotykowy LCD. Czytnik RFID i antena. Czytnik legitymacji. Drukarka. Kamera. Oprogramowanie: aktualizacja statusu książki na „wypożyczona”, opcja: zwrot książek dostępny dla osób uprawnionych lub dla wszystkich. 

<p>Wrzutnia wewnętrzna</p>	<p>Samoobsługowy zwrot książek przez czytelników. Czytnik RFID i antena. Komputer sterujący. Obudowa wolnostojąca. Brak możliwości zabrania książki po zarejestrowaniu jej zwrotu w systemie. Oprogramowanie: usunięcie statusu „wypożyczona”.</p>	
<p>Wrzutnia zewnętrzna</p>	<p>Samoobsługowy zwrot książek przez całą dobę. Możliwość umieszczenia w ścianie budynku. Czytnik RFID i antena. Komputer sterujący. Monitor dotykowy LCD. Drukarka. Taśmociąg. Obudowy do zabudowy. Brak możliwości zabrania książki po zarejestrowaniu jej zwrotu w systemie bibliotecznym. Zabezpieczenie przed przyjęciem obcych książek lub innych przedmiotów. Książki przenoszone taśmociągiem i ładowane do specjalnych wózków bibliotecznych. Oprogramowanie: usunięcie statusu „wypożyczona”. Opcja: kontrola i wydruk konta użytkownika (wymaga instalacji czytnika legitymacji studenckich).</p>	

Tab. 2. Przykładowe obszary zastosowania RFID. Cz. 1.
Źródło: opracowanie własne, materiały firmowe HADATAP.

3.3. Rynek polski i studium przypadku

Wdrożenia RFID w bibliotekach są coraz popularniejsze w Polsce, o czym świadczą wyniki badań polskich rynków RFID opublikowane w [bibliogr. poz. 18, 19]. 40% zidentyfikowanych wdrożeń RFID w Polsce stanowiły wdrożenia w bibliotekach i archiwach. Na początku 2014 zidentyfikowano 66 wdrożeń w polskich bibliotekach, w porównaniu do 52 wdrożeń w połowie 2012. Z 66 wdrożeń 9 miało miejsce w Krakowie, 8 w Warszawie, 6 w Poznaniu. Poza dużymi miastami i ośrodkami akademickimi należy zauważyć, że wdrożenia RFID miały miejsce również w publicznych bibliotekach mniejszych miejscowości jak np. Brzesko, Krosno, Mikołów czy Piekoszów. 62% wdrożeń miało miejsce w bibliotekach jednostek akademickich i naukowych. Rozpatrując wdrożenia na świecie proporcje są odwrotne [przypis 1]. Ogółem w Polsce w roku 2012 działało 10049 bibliotek, z czego większość to biblioteki publiczne [bibliogr. poz. 20]. Niekorzystny dla wdrożeń RFID jest fakt, że rynek maleje. W Polsce liczba bibliotek publicznych spada: z 10269 w roku 1990 do 8289 w 2008 i 8182 w 2012. Widoczne jest zatem znaczne zahamowanie trendu spadkowego. Środki na finansowanie bibliotek były obniżane np. w 2010 obniżono 4-krotnie środki na finansowanie bibliotek z budżetu ministerstwa (z 40 mln PLN do 10 mln PLN). Jednocześnie coraz łatwiejszy jest dostęp do artykułów i książek naukowych w Internecie, a duży procent bibliotek stanowią biblioteki uczelniane i naukowe.

Pomimo wspomnianych niekorzystnych warunków istnieją innowacyjne biblioteki w Polsce, które sięgają po finansowanie ze źródeł zewnętrznych takich jak fundusze unijne. Z powyższego wynika, że perspektywy wdrożeń są zwłaszcza tam, gdzie realizowane są duże inwestycje budowlane wspierane finansowaniem z UE i przede wszystkim w bibliotekach uczelnianych, choć to biblioteki publiczne stanowią większość ogółu bibliotek.

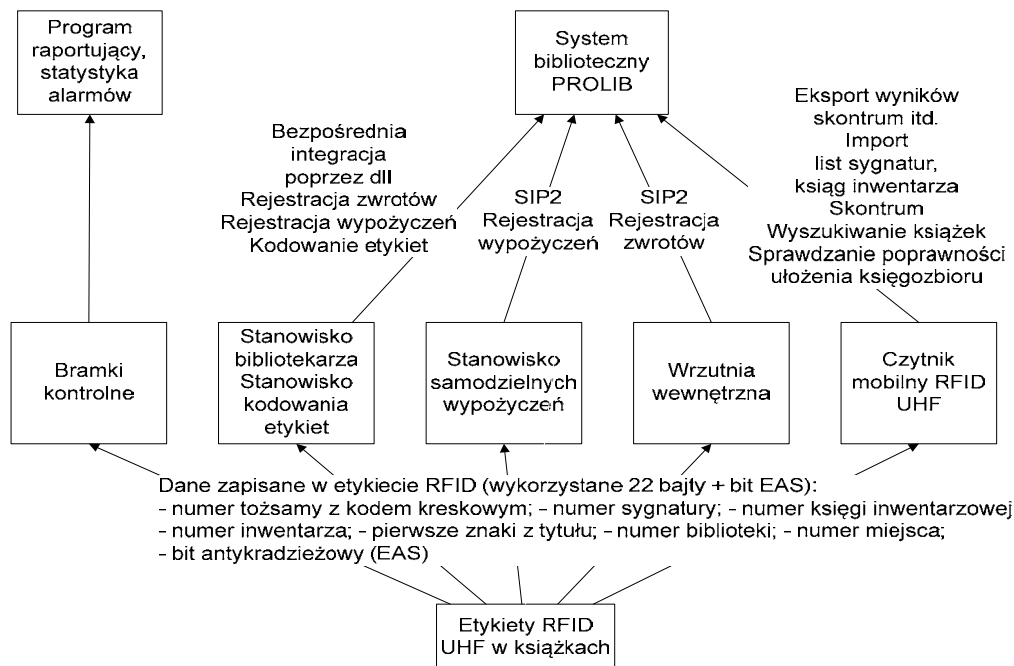
Ogólny schemat rzeczywistej architektury rozwiązania HADATAP RFID UHF w bibliotece Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej (WSB) przedstawiono na rys. 4. Wdrożenie w WSB zostało zrealizowane w technologii RFID UHF i obejmowało:

- 50 000 etykiet RFID na książki,
- czytnik mobilny do skontrum i odszukiwania książek,
- bramki kontrolne,
- stanowisko kodowania etykiet,
- stanowisko bibliotekarza,
- stanowisko samodzielnych wypożyczeń,
- wrzutnię wewnętrzną.

W ramach projektu trwającego ok. 4 miesiące zrealizowano kolejno zadania:

- dostarczenie etykiet,
- dostarczenie oprogramowania i sprzętu do kodowania etykiet,
- kodowanie etykiet realizowane przez WSB,
- produkcja i zakup pozostałego sprzętu RFID,
- dostarczenie pozostałego sprzętu RFID,
- instalacja pozostałego sprzętu RFID,
- oprogramowanie pozostałego sprzętu RFID i integracja z PROLIB.

W WSB uzyskano bardzo dobre wyniki przy przeprowadzaniu skontrum i odszukiwaniu książek na półkach.



Rys. 4. Ogólny schemat architektury systemu HADATAP RFID UHF w bibliotece WSB.

Źródło: opracowanie własne.

4. HF vs UHF

W bibliotekach wykorzystywane są dwie podstawowe częstotliwości fal radiowych. Jedną z możliwości jest wykorzystanie wysokich częstotliwości (HF), zaś drugą ultra wysokich częstotliwości (UHF).

Technologia RFID HF jest starszą technologią, szeroko już upowszechnioną. Większość bibliotek stosuje dziś technologie HF, co wynika przede wszystkim z wyboru dostępnej technologii przez dostawców w momencie rozpoczynania pierwszych wdrożeń. Częstotliwość HF to 13,56 MHz. Zaletą HF jest to, że pasmo 13,56 MHz jest dostępne w większości państw na świecie. Odległości odczytu tagów HF były dla wczesnych użytkowników RFID w bibliotekach wystarczające. Jednocześnie tagi HF są tagami pasywnymi, co zmniejsza ich koszt dla użytkownika i eliminuje niedogodności, które mogłyby wynikać z konieczności zasilania tagów aktywnych. Liczne biblioteki korzystają z HF. Są to m.in. Biblioteka Stanowa w Chicago [przypis 2], Biblioteka Uniwersytetu w Norwich [przypis 3], Biblioteka Publiczna w Hamburgu [przypis 4], Biblioteka Wydziału Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytetu Jagiellońskiego [przypis 5].

Technologia RFID rozwijała się i obecnie istnieje również nowa wersja RFID możliwa do wykorzystania w bibliotekach. Jest to technologia oparta o częstotliwość UHF. Są to również tagi pasywne szeroko stosowane obecnie w logistyce (m.in. przez Wal-Mart, Metro group, czy Departament Obrony USA). RFID UHF operuje w zakresie częstotliwości 860-960 MHz. Wśród części dostawców technologii RFID można spotkać przekonanie, że gdyby pierwsze wdrożenia w bibliotekach miały miejsce w czasach teraźniejszych, to UHF byłoby ogólnie przyjętą technologią RFID dla bibliotek [bibliogr. poz. 6]. Badacze raportują udane wdrożenia technologii UHF [bibliogr. poz. 1, 7, 8] i wskazują kryteria doboru tagów [bibliogr. poz. 8]. Badania [bibliogr. poz. 8] dowodzą, że wybór taga RFID jest kluczowy w zakresie skuteczności działania całego systemu, a jednocześnie jego kosztów.

Wśród wdrożeń UHF można wymienić: Wyższą Szkołę Biznesu w Dąbrowie Górniczej [przypis 6], Bibliotekę Publiczną w Grand Rapids (USA) [przypis 7], Bibliotekę Uniwersytetu w Tallinie [przypis 8], Uniwersytet w Pecs (Węgry) [przypis 9]. Trwają projekty wdrożenia technologii RFID UHF w bibliotekach: Paderevianum, Fizyka UJ, Akademia Morska, Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej. Mick Fortune [bibliogr. poz. 15] wskazuje, że istnieje również wdrożenie UHF na Słowenii i liczne wdrożenia w Japonii.

Głównymi czynnikami podnoszonymi w dyskusji o wykorzystaniu HF lub UHF w bibliotece są koszty i skuteczność odczytów. Z tych powodów pomimo, iż częstotliwość HF jest szeroko stosowana w bibliotekach, część praktyków zaproponowała wykorzystanie UHF, dla której to częstotliwości można poprawić niektóre parametry związane ze skutecznością działania systemu RFID (szybkość i odległość odczytu). Zarówno HF, jak i UHF posiada wady i zalety, które zostaną przedstawione w dalszej części artykułu. Zestawienie to ma na celu uporządkowanie dyskusji w tym zakresie, jak również stworzenie bazy dla bibliotek, które stają przed wyborem pomiędzy UHF i HF. Butters [bibliogr. poz. 6] już w 2008 wykazywał, że w zakresie kosztów odpowiedź nie może być jednoznaczna. Stwierdził on, iż ówczesne ceny znaczników UHF są niższe niż ceny HF, aczkolwiek:

- obecne ceny znaczników UHF mogą być zaniżane w celu stymulacji wzrostu rynku,
- HF wciąż posiada zwolenników i użytkowników opowiadających się za ich stosowaniem,
- trudno dokładnie przewidzieć przyszłe kształtowanie się cen znaczników UHF w porównaniu do HF mimo, iż wydaje się, że znaczniki UHF będą tańsze.

Od tego czasu minęło 7 lat i obserwując trendy cen etykiet UHF i HF od 2008 do 2015 należy stwierdzić, iż:

- ceny UHF są nadal tańsze,
- różnica jest nawet dwukrotna (por. tab. 1),
- nie widać przesłanek, aby proporcje miały się odwrócić,
- liczba użytkowników UHF rośnie w szybkim tempie przede wszystkim z uwagi na szeroką światową akceptację UHF [przypis 10] jako standardu w zastosowaniach w logistyce,
- wspomniane masowe użyciu UHF w logistyce i dalszy wzrost wolumenów produkcji etykiet UHF powoduje obniżanie cen jednostkowych w wyniku efektu skali.

W zakresie skuteczności odczytów głównym ograniczeniem RFID w zastosowaniach w bibliotekach jest zakłócanie odczytów przez ludzkie ciało, co ma przede wszystkim znaczenie w scenariuszu odczytu przez bramkę kontrolną. Problem dotyczy w większym stopniu technologii UHF, ale występuje również dla HF. Jako zalety UHF należy wymienić:

- większe możliwe do uzyskania odległości odczytu, co przekłada się m.in. na:
 - lepsze osiągi w zakresie mobilnego skontrum niż dla HF,
 - możliwość odszukania książki na półce z większej odległości (nawet do kilku metrów),
 - lepsze osiągi w zakresie kontroli poprawności ułożenia zbiorów niż dla skontrum w HF
- dla HF często wymagane jest wyjęcie książki z półki lub włożenie anteny czytnika mobilnego pomiędzy książki (por. rys. 6),
- szybsze odczyty niż dla HF, aczkolwiek nie jest to znaczna różnica,
- mniejsze rozmiary etykiety i możliwość jej ukrycia w książce (por. rys. 5),
- rozmiary etykiet są zdeternowane rozmiarem anteny, który wynika z właściwości fal radiowych w częstotliwości UHF i HF,
- zaprojektowanie bramki kontrolnej, która nie wygląda jak bramka antykradzieżowa, lecz jest zintegrowana w drzwiach lub anteny znajdują się nad przejściem.

Rys. 5 przedstawia wklejone w książkę etykiety RFID dla technologii UHF i HF. Parametry przedstawionych etykiet zebrano w tab. 3.



Rys. 5. Przykładowe etykiety RFID HF i UHF. Źródło: opracowanie własne.

	HF	UHF
<i>Wymiary</i>	54 x 84 mm	5,5 x 95 mm lub 3 x 120 mm
<i>Powierzchnia</i>	ok. 4500 mm ²	ok. 525 mm ² lub 360 mm ²
<i>Widoczność</i>	widoczne, aplikowane na wewnętrznej stronie okładki	niewidoczne, ukryte w środku książki
<i>Trwałość</i>	10 lat	50 lat lub 100 000 odczytów (zakładając 5 odczytów dziennie, codziennie bez wyłączenia dni wolnych, daje to ponad 54 lata)
<i>Koszt</i> [przypis 11]	ok. 1,9 PLN/szt.	ok. 0,95 PLN/szt.
<i>Pamięć</i>	256 – 2048 bitów	96 bitów

Tab. 3. Parametry przykładowych etykiet RFID HF i UHF.
Źródło: opracowanie własne, materiały firmowe HADATAP.

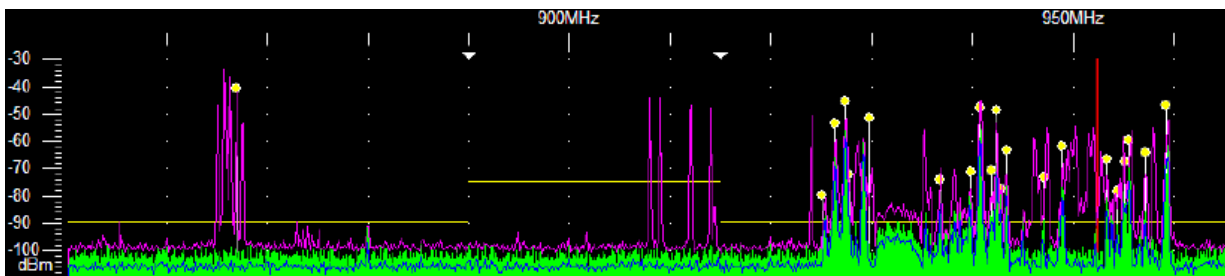


Rys. 6. Przykładowe mobilne skonstrum w technologii UHF (po prawej) i HF (po lewej) [przypis 12].

Należy również wspomnieć, że standard ISO 28560 i modele danych istnieją dla wykorzystania HF w bibliotekach znacznie dłużej niż dla UHF (od 2014). W zakresie ilości informacji możliwych do zakodowania w znaczniku RFID oraz dodatkowego bitu EAS (antykradzieżowego) zarówno HF, jak i UHF spełnia wymagania bibliotek. Mick Fortune [bibliogr. poz. 15] wskazuje, że popularność telefonów i tabletów z czytnikami NFC, które mogą współpracować z RFID HF przesunęła przewagę w stronę HF. Z drugiej strony należy zastanowić się, jak ten obraz może ulec zmianie w przypadku zaadoptowania przez łańcuchy wydawnicze RFID UHF na potrzeby logistyki, a UHF jest już często wykorzystywane w logistyce w różnych branżach.

Często podnoszonym zagadnieniem jest również wpływ technologii UHF na zdrowie. W celu zobrazowania rzeczywistych wartości wykonano pomiary w bibliotece WSB i zaprezentowano na rys. 7. Średni poziom sygnału dla telefonii GSM jest wyższy niż dla RFID UHF. W trakcie wdrożenia w WSB pojawiła się sytuacja, w której na bramce kontrolnej czytane były książki znajdujące się na półkach z odległości 4-5 m. Zmiana mocy nie eliminowała problemu i wpływała negatywnie na skuteczność odczytu książek przenoszonych przez bramkę.

Zespół projektowy przeprowadził badania widma radiowego. Okazało się, że fale RFID UHF odbijały się od osoby wchodzącej w bramkę i wtedy czytnik „odpytywał” etykiety na półce. Etykiety te były cały czas zasilone przez nadajnik BTS telefonii GSM. Zielony kolor na rys. 7 oznacza średni poziom sygnału. Dla RFID UHF (lewa strona rys. 7) średni poziom sygnału jest znacznie niższy niż dla GSM (prawa strona). Kolorem fioletowym oznaczone są odczyty chwilowe w plikach, które dla RFID UHF i GSM są zbliżone. Konieczne było dostosowanie projektu sprzętu i oprogramowania bramki (wykorzystanie odpowiednich absorberów i opracowanie właściwego algorytmu), tak aby wykluczyć czytanie książek z półki. Wdrożenie UHF może wymagać dokładnych pomiarów, a konfiguracja sprzętu może być znacząco uzależniona od specyfiki otoczenia, co potwierdzają również badania Hui, Luk i Liu [bibliogr. poz. 24].



Rys. 7. Badania widma radiowego – studium wdrożenia RFID UHF w bibliotece.
Źródło: materiały HADATAP.

Spośród polskich wdrożeń w bibliotekach autorzy znają 5 wdrożeń w technologii UHF, z czego 2 wdrożenia są w toku. W celu pogłębienia wiedzy na temat różnic pomiędzy UHF i HF, korzyści i zagrożeń wynikających ze stosowania obu technologii polecamy dyskusje na blogu internetowym Mick'a Fortune'a [przypis 13] oraz publikacje w światowych żurnalach np. [bibliogr. poz. 7].

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono podstawy działania RFID oraz możliwości wykorzystania tej technologii w bibliotekach. Zaprezentowano podstawowe informacje na temat dwóch wykorzystywanych w bibliotekach standardów UHF i HF. Obie technologie posiadają wady i zalety. Autorzy nie dokonują bezpośredniej oceny UHF i HF, ale dają podstawy do rozpoczęcia dyskusji w polskim środowisku na temat możliwości wykorzystania obu technologii. Obecnie przeważająca większość polskich bibliotek (ok. 97%) stosuje technologię HF. Również wyniki badań na świecie potwierdzają tę zależność, choć dysproporcje są znacznie mniejsze [przypis 14].

Główną zaletą tej technologii jest stosunkowo długi czas, który minął od pierwszych zastosowań. Biblioteki nie czują strachu przed wdrożeniem HF, która postrzegana jest jako *de facto* standard przez wiele bibliotek. Normy z serii ISO 28560 [przypis 15] do niedawna przewidywały wykorzystanie w bibliotekach jedynie technologii HF. Część normy dotycząca wykorzystania HF jest rekomendowana przez ciała standaryzujące kilku krajów [przypis 16]. Pod koniec 2014 roku ISO opublikowało nowy standard danych do wykorzystania w technologii UHF dla bibliotek i rozszerzyło serię norm dla bibliotek o część ISO/TS 28560-4. Większość bibliotek węgierskich również korzysta z UHF. Są to jednak na dzień dzisiejszy wyjątki, zaś decyzja o wdrożeniu HF daje znacznie większe możliwości kompatybilności z systemami w innych bibliotekach na potrzeby wypożyczeń międzybibliotecznych.

Technologia UHF posiada główną zaletę, jaką jest możliwość odczytu z większych odległości. Podnoszone to jest niekiedy jako wada, gdyż w niektórych przypadkach (jak np. kodowanie etykiet) odległość odczytu powinna być ograniczona. W rzeczywistości jednak ten problem nie jest istotny, gdyż odległości odczytu można regulować dzięki zmniejszaniu i zwiększaniu mocy czytnika RFID UHF. UHF jest w Polsce jednak wciąż nie dość dobrze znana i naturalny jest odczuwany przed wdrożeniem strach. Decyzja wyboru pomiędzy UHF a HF powinna zostać przemyślana przez bibliotekę na wczesnym etapie podejmowania decyzji zarówno w kontekście kosztów, skuteczności działania (w tym odległości odczytów, szybkości odczytów, wpływu ludzkiego ciała na skuteczność), jak i upowszechnienia standardów i kompatybilności z systemami w innych bibliotekach. Te same argumenty podnosi m.in. Ayre [bibliogr. poz. 2] wskazując, że możliwe jest poszukiwanie rozwiązań dla bibliotek poprzez analizę zastosowań RFID w innych obszarach niż biblioteki. Wybór nie jest oczywisty, ani prosty.

Przypisy:

- [1] Fortune M., *The 2012 survey of RFID use in the library*. In *Slideshare* [online], 2012 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.slideshare.net/mickfortune/2012-library-rfid-survey-report-to-iflawlic>.
- [2] O'Connor M. C., *University of East Anglia's Library automates circulation tasks*. In *RFID Journal* [online], 2007 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?3528/2>.
- [3] Wessel R., *Hamburg Library moves to RFID*. In *RFID Journal* [online], 2006 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?2665>.
- [4] Tamże.
- [5] *Projekt MRPO*. In *Biblioteka Wydziału Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytetu Jagiellońskiego* [online], 2009 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://biblioteka.wzks.uj.edu.pl/system-rfid>.
- [6] *RFID*. In *Biblioteka Akademicka Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej* [online], 2011 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://wsb.edu.pl/index.php?p=m&idg=bibl,1363,1412>.
- [7] Swedberg C., *Grand Rapids Library adopts UHF RFID technology*. In *RFID Journal* [online], 2012 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?9914>.
- [8] *Tallinna Ülikooli Akadeemiline Raamatukogu* [online], 2015 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.tlulib.ee/index.php/en/>.
- [9] *University of Pécs* [online], 2015 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://english.pte.hu/>.
- [10] Standard EPC wprowadzany przez GS1. Zob. *EPCglobal*. In *GS1* [online], 2015 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.gs1.org/epcglobal>.

[11] Podano ceny przy zakupie 1000 sztuk. Ceny zależą znacząco od zamawianej ilości oraz użytego w etykiecie chipa i mogą wahać się nawet o kilkadziesiąt groszy za sztukę. Można przyjąć, że obecnie etykieta UHF jest około dwa razy tańsza od etykiety HF.

[12] Źródło: *3M™ Digital Library Assistant (DLA): weeding your collection*. In *YouTube* [online], 2010 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://youtu.be/UisRYZYVcpE> (lewa strona); *Portable RFID Reader Quickly Scan Collections in a library.flv* In *YouTube* [online], 2012 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://youtu.be/4IfJgvzj4E> (prawa strona).

[13] *UHF in action at the University of Pécs*. In *Changing libraries* [online], 2012 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.mickfortune.com/Wordpress/?p=882>.

[14] *libraryrfid.co.uk* [online], 2015 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.libraryrfid.co.uk/frequencies.html>.

[15] Ang. *RFID for libraries*, RFID dla bibliotek; przyjęte jako norma przez Danię.

[16] Np. przez Australię, Danię, USA, Wielką Brytanię.

Bibliografia:

[1] Aydin K., Yildirim S., *Case study about RFID system in library services*, "International Journal of Synergy and Research", 2012, Vol. 1, nr 2, s. 91-102.

[2] Ayre L. B., *Finding library solutions in adjacent industries*, "Collaborative Librarianship", [online], 2013, Vol. 5, nr 4, s. 256-257 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/madvfp2>.

[3] Banks J.[et al.], *RFID applied*, Hoboken 2007.

[4] Bahri S., Ibrahim A., *RFID in libraries: a case study on implementation*, "Library Hi Tech News", 2013, Vol. 30, nr 5, s. 21-26.

[5] Bi Ch., Cao J., Sheng X., *Radio Frequency Identification Technology and its application in the library*. In Liu Ch., Chang J., Yang A. (eds.), *Information Computing and Applications: Second International Conference, Qinhuangdao, China, October 28-31, 2011. Proceedings, Part 2*, Berlin - Heidelberg, 2011, s. 646-651. DOI 10.1007/978-3-642-27452-7_87.

[6] Butters A., *RFID for libraries: a comparison of High Frequency (HF) and Ultra High Frequency (UHF) options*, "Australasian Public Libraries and Information Services", 2008, Vol. 21, nr 3, s. 120-134.

[7] Ching S., Tai A., *HF RFID versus UHF RFID - technology for library service transformation at City University of Hong Kong*, "Journal of Academic Librarianship", 2009, Vol. 35, nr 4, s. 347-359. DOI 10.1016/j.acalib.2009.04.005.

- [8] Ching S. H. [et al.], *The right UHF RFID tags for libraries – criteria, concern and issues*. In Turcu C. (ed.), *Designing and deploying RFID applications* [online], 2011, s. 345-362 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/lgsddut>.
- [9] Chrobak P., *Zastosowanie technologii RFID i EPC w systemach globalnej identyfikacji*. In Goliński J. [et al.] (red.), *Współczesne aspekty informatyzacji. T. 2*, Warszawa, 2010, s. 401-408.
- [10] Danish Agency for Culture, *RFID in libraries. Q&A* [online], 2014 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/lnmuma>.
- [11] Dobkin D., *The RF in RFID: UHF RFID in practice*, Oxford 2012.
- [12] Dwivedi Y. [et al.], *RFID systems in libraries: an empirical examination of factors affecting system use and user satisfaction*, "International Journal of Information Management", 2013, Vol. 33, nr 2, s. 367-377.
- [13] Edwards S., Fortune M., *Guide to RFID in libraries* [online], 2008 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/nssaetz>.
- [14] Finkenzeller K., *RFID Handbook*, New York, 2010.
- [15] Fortune M., E-mail. Temat: *RE:Survey*. Adresat: Bartłomiej Gładysz. Data: 8.01.2015 20:27.
- [16] Gaml B., Robeck M., Clasen M., *The RFID reference model*. IN *GIL Jahrestagung* [online], 2008, s. 55-58 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/oramzop>.
- [17] Gładysz B., *Analiza systemów identyfikacji obiektów w łańcuchach logistycznych*, Warszawa 2007.
- [18] Gładysz B., *Rynki technologii RFID w Polsce*, „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*”, 2012, nr 7, s. 32-41.
- [19] Gładysz B., *Rynki technologii RFID w Polsce (2014)*, „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*”, 2014, nr 3, s. 45-54.
- [20] GUS, *Działalność instytucji kultury w Polsce w 2012 r.* Warszawa 2012.
- [21] Hardgrave B., Armstrong D., Riemenschneider C., *RFID assimilation hierarchy*. In *40th Hawaii International International Conference on Systems Science: abstracts proceedings*, Waikoloa, 2007, s. 224b. DOI 10.1109/HICSS.2007.469.
- [22] Hardgrave B., Waller M., Miller R., *RFID's impact on out of stocks: a sales velocity analysis*, Fayetteville 2006.
- [23] Hardgrave B., Aloysius J., Goyal S., *Does RFID improve inventory accuracy? A preliminary analysis*, "International Journal of RF Technologies", 2009, Vol. 1, nr 1, s. 44-56. DOI 10.1080/17545730802338333.

- [24] Hui W.-Y., Luk B., Liu L., *EPC RFID technology for library applications*, "Measurement and Control", 2013, Vol. 46, nr 1, s. 26-30. DOI 10.1177/002029401304600104.
- [25] Hunt V. D., Puglia A., Puglia M., *RFID – a guide to radio frequency identification*, Hoboken 2007.
- [26] *The RFID Knowledgebase*. In *IDTechEx* [online], 2015 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.idtechex.com/knowledgebase>.
- [27] ISO 28560:2011 *Information and documentation - RFID in libraries*.
- [28] Kern Ch., *Radio-frequency-identification for security and media circulation in libraries*, "Electronic Library", 2004, Vol. 22, nr 4, s. 317-324. DOI 10.1108/02640470410552947.
- [29] Li S., Godon D., Visich J., *An exploratory study of RFID implementation in the supply chain*, "Management Research Review", 2010, Vol. 33, nr 10, s. 1005-1015. DOI 10.1108/01409171011084003.
- [30] Madhusudhan M., *RFID technology implementation in two libraries in New Delhi*, "Program: electronic library and information systems", 2010, Vol. 44, nr 2, s. 149-157. DOI 10.1108/00330331011039508.
- [31] NISO, *RFID in U.S. libraries* [online], 2012 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/nf834p8>.
- [32] PN-EN ISO 9000:2001.
- [33] *Glossary of RFID terms*. In *RFID Journal* [online], 2015 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/or8a5vd>.
- [34] Roberti M., *What Is RFID?*. In *RFID Journal* [online], 2011 [dostęp: 2015-05-25]. Dostępny w World Wide Web: <http://tinyurl.com/omu2aeg>.
- [35] Roh J. J., Kunnathur A., Tarafdar M., *Classification of RFID adoption: an expected benefits approach*, "Information and Management", 2009, Vol. 46, nr 6, s. 357-363. DOI 10.1016/j.im.2009.07.001.
- [36] Yao W., Chu Ch.-H., Li Z., *The adoption and implementation of RFID technologies in healthcare: a literature review*, "Journal of Medical Systems", 2012, Vol. 36, nr 6, s. 3507-3525. DOI 10.1007/s10916-011-9789-8.

Informacja o autorach:

mgr inż. Bartłomiej Gładysz - Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych, Politechnika Warszawska;
e-mail: b.gladysz@wip.pw.edu.pl.

Paweł Wiśniewski - Dyrektor Handlowy HADATAP Sp. z o.o.; e-mail: pawel.wisniewski@hadatap.pl.