



**STATO DELL'ARTE SU SISTEMI DI IDENTIFICAZIONE,
LOCALIZZAZIONE ED ANTIFURTO PER
APPLICAZIONI DI CICLABILITA'**

<i>DI.1.1</i>	Stato dell'arte su sistemi di identificazione, localizzazione ed antifurto per applicazioni di ciclabilità	Azione	1.1
Partner Responsabile	Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII)		
Autori	Ing. V. Franchina, Ing. A. Buffi, Prof. Ing. P. Nepa		
Nome del file	Deliverable_1_1_1	Stato	Rev.



UNIVERSITÀ DI PISA



Cronologia di approvazione del documento:

Data	Stato (Bozza/Revisione/Finale)	Autore/Revisore
05.04.2017	Bozza	Vittorio Franchina
12.07.2017	Revisione	Vittorio Franchina Alice Buffi

Scopo del documento

Lo scopo del presente documento è quello di offrire una panoramica sui sistemi di identificazione, localizzazione e antifurto in applicazioni di ciclabilità. In particolare nella prima parte sono descritti i sistemi di identificazione che sfruttano la tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) per la gestione delle *ciclo stazioni* insieme a quelli per il monitoraggio dell'utilizzo delle biciclette ad esempio nelle gare ciclistiche. Nella seconda parte invece saranno riportati i sistemi antifurto basati su tecnologia *Bluetooth* e RFID, descrivendo anche i sistemi dotati di un proprio modulo di localizzazione basato sul sistema GPS (*Global Positioning System*).

Destinatari del documento

- OP Leaders
- Partners
- Associates
- Stakeholders
- Decision Makers
- Altri _____

Tipo di documento

- Private
- Non private
- Public

INDICE

STATO DELL'ARTE SU SISTEMI DI IDENTIFICAZIONE, LOCALIZZAZIONE ED ANTIFURTO PER APPLICAZIONI DI CICLABILITA'

Indice	3
Introduzione	4
1 Sistemi RFID in applicazioni di ciclabilità	7
1.1 Sistemi di identificazione in banda HF e LF	7
1.1.1 <i>Docking station</i> dotate di <i>reader</i> HF.....	7
1.1.2 Biciclette dotate di <i>reader</i> HF.....	12
1.2 Sistemi di identificazione in banda UHF.....	14
1.2.1 Sistemi anti-collisione operanti a 2.4 GHz	16
1.3 Tabella riassuntiva.....	17
2 Sistemi antifurto	19
2.1 Dispositivi antifurto <i>Bluetooth</i>	19
2.2 Dispositivi antifurto <i>Bluetooth</i> dotati di modulo GPS	22
2.3 Dispositivi antifurto RFID.....	24
2.4 Dispositivi antifurto meccanici.....	26
2.5 Tabella riassuntiva.....	27
Conclusioni.....	28
Bibliografia.....	29

Introduzione

La tecnologia RFID (*Radio Frequency IDentification*) si è rapidamente diffusa negli ultimi anni trovando applicazione in diversi settori quali logistica, gestione di inventari, sistemi per persone diversamente abili, antifurto, assistenza sanitaria remota, reti distribuite di sensori e così via.

Rispetto al codice a barre, che rappresenta il sistema di identificazione largamente diffuso, la tecnologia RFID consente l'identificazione di oggetti o persone senza la necessità di visibilità ottica. Inoltre permette la trasmissione di un maggiore volume di informazioni e la gestione contemporanea di più oggetti taggati. Gli elementi costitutivi di un sistema RFID sono il lettore (*reader*), il *tag* (*transponder*) e il sistema di gestione. Il *tag* include al proprio interno un *microchip* la cui memoria interna contiene il codice identificativo univoco (EPC, *Electronic Product Code*) [1].

In base all'alimentazione i sistemi RFID si distinguono in:

- Passivi: il *tag* è composto soltanto da un'antenna collegata ad un microchip e immagazzina la potenza necessaria dal segnale trasmesso dal *reader* per funzionare; l'identificativo viene comunicato tramite un meccanismo di *backscattering* modulato.
- Attivi: il *tag* è dotato di una batteria interna ed è un vero e proprio ricetrasmittitore.
- Semi-passivi: il *tag* ha al suo interno una batteria per alimentare eventuali sensori o la circuiteria interna, ma il principio di funzionamento è identico a quello di un *tag* passivo.

I *tag* passivi sono maggiormente attrattivi per il loro basso costo che può essere inferiore a 0.20 € ad unità e sono tipicamente costituiti da una semplice etichetta adesiva (*tag inlay*). Le loro prestazioni sono determinate dall'antenna del *tag* ma soprattutto dalla sensibilità del microchip (*chip sensitivity*), quest'ultima rappresenta la potenza minima che il *tag* deve ricevere per potersi attivare e comunicare il proprio identificativo. Minore è la sensibilità, minore è la potenza necessaria al *tag* per rispondere e quindi maggiore è la distanza operativa del sistema (*read range*).

Esistono diversi sistemi RFID operanti in bande frequenziali differenti regolamentati attraverso standard ISO [2]. I primi sistemi sono stati sviluppati in banda *Low Frequency* (LF, 125 KHz e 134 KHz) per la tracciabilità animale e in banda *High Frequency* (HF, 13.56 MHz) per il controllo degli accessi e le *smart card*. Il funzionamento di tali sistemi è basato su un accoppiamento induttivo e per questo il loro

range di lettura è limitato a qualche centimetro. Più recentemente sono stati sviluppati i sistemi in banda *Ultra High Frequency* (UHF, 865-868 MHz in Europa e 902-928 MHz negli Stati Uniti) che consentono di raggiungere distanze superiori. In particolare, i *tag* con chip di ultima generazione consentono di ottenere distanze di lettura superiori a 10 metri consentendo di applicare la tecnologia RFID non solo per l'identificazione ma anche per la localizzazione. Le applicazioni sono numerose, basti pensare alla logistica in qualsiasi ambito industriale. In Tab. 1 sono riassunte le applicazioni RFID suddivise in base alla frequenza operativa.

A differenza dei sistemi LF e HF, i sistemi in banda UHF hanno prestazioni ridotte in presenza di liquidi o metalli, tuttavia esistono dei *tag* particolari di spessore maggiore in grado di funzionare in prossimità di tali materiali denominati *tag on metal* [3].

<i>Frequenza</i>	<i>Applicazioni</i>	<i>Tag</i>	<i>Read Range</i>
LF (125 e 134 kHz)	Tracciabilità animali, chiavi di apertura o avviamento automobili, serrature alberghiere.	passivi	~2-3 cm
HF (13.56 MHz)	Carte bancarie, documenti di identità elettronici, biglietti elettronici da viaggio.	passivi	<20 cm
UHF "bassa" (433 MHz)	Logistica d'azienda, protezione marchio, identificazione auto in movimento. In generale si usano in sistemi con pochi <i>reader</i> e molti <i>tag</i> .	attivi, semi-passivi, passivi	<15 m
UHF "media" (860-960 MHz)			
UHF "alta" (2.4 GHz)	Sistemi di mobilità	attivi, semi-passivi, passivi	~ 3 m
SHF (5.8 GHz)	Telepass autostradale, interporti ed altre applicazioni in campo di mobilità.	attivi	~ 10 m

Tab. 1 – Esempi di applicazioni RFID alle diverse frequenze operative.

	PROGETTO SaveMyBike	
	STATO DELL'ARTE SU SISTEMI DI IDENTIFICAZIONE, LOCALIZZAZIONE ED ANTIFURTO PER APPLICAZIONI DI CICLABILITA'	

Lo scopo del presente documento è quello di offrire una panoramica sull'utilizzo della tecnologia RFID nelle ciclo stazioni per applicazioni di ciclabilità. Saranno analizzati i sistemi di identificazione basati su tecnologia RFID HF distinguendo tra il caso in cui il *reader* è installato all'interno della *docking station* da quello in cui è installato direttamente sulla bicicletta. Saranno descritti i sistemi RFID passivi in banda UHF utilizzati per il monitoraggio delle biciclette insieme ad un sistema RFID attivo operante a 2.4 GHz per un sistema anti-collisione tra biciclette e mezzi di trasporto pesanti

In seguito saranno descritti i sistemi antifurto che utilizzano lucchetti elettronici basati su tecnologia *Bluetooth* o RFID, con attenzione a quelli che utilizzano un proprio modulo GPS per la localizzazione della bicicletta stessa. Infine sarà fatto un breve cenno ai sistemi antifurto meccanici.

1 Sistemi RFID in applicazioni di ciclabilità

In questo capitolo viene mostrata un'analisi dello stato dell'arte sull'utilizzo della tecnologia RFID in applicazioni di ciclabilità. In tale ambito, la possibilità di identificare in tempo reale le biciclette effettivamente presenti all'interno di ciascuna area di parcheggio è estremamente importante per la gestione del sistema. Infatti periodicamente è necessario spostare le biciclette da una stazione all'altra in modo che siano uniformemente distribuite.

Di seguito sarà effettuata una classificazione basata sulla frequenza operativa del sistema RFID impiegato e sulla posizione del *tag* o del *reader* sulla bicicletta.

1.1 Sistemi di identificazione in banda HF e LF

I sistemi di identificazione più diffusi per la ciclabilità utilizzano la tecnologia RFID in banda HF. Tra di essi, è possibile distinguere due tipologie di sistemi, ovvero quelli in cui la *docking station* è dotata di *reader* e quelli in cui il *reader* è applicato sulla bicicletta.

1.1.1 *Docking station* dotate di *reader* HF

Una possibile configurazione largamente impiegata nei progetti di *smart cities*, prevede un sistema dotato dei seguenti elementi base (Fig. 1.1):

- la bicicletta dotata di *tag* RFID HF;
- lo stallo o colonnina (*dock*) dotato di sistema di sgancio, in cui riporre la bicicletta;
- il totem o chiosco per l'identificazione dell'utente e le operazioni di pagamento (di solito alimentato tramite un pannello solare);
- il software per la gestione del sistema che gestisce il database degli utenti ed eventualmente le applicazioni per il cellulare.

Ad ogni utente registrato è associata una carta RFID (RFID *key* o *card*) contenente il proprio identificativo univoco che consente lo sblocco della bicicletta selezionata nel momento in cui viene avvicinata al lettore

	PROGETTO SaveMyBike	
	STATO DELL'ARTE SU SISTEMI DI IDENTIFICAZIONE, LOCALIZZAZIONE ED ANTIFURTO PER APPLICAZIONI DI CICLABILITA'	

RFID HF installato nel totem (Fig. 1.1b). L'accesso di utenti occasionali è consentito mediante inserimento dei dati della propria carta di credito, in seguito a cui il sistema rilascia un codice da digitare per sbloccare il lucchetto della bicicletta. In alternativa è possibile utilizzare per le operazioni di pagamento un sistema *Near Field Communication (NFC)* tramite applicazione sullo *smartphone*.

Alla riconsegna, l'utente riposiziona la bicicletta nello stallo (della medesima stazione di partenza o in altra stazione della città), e l'antenna del *reader* HF collocato nella colonnina di parcheggio, identifica il *tag* posto sulla bicicletta provvedendo a registrare e comunicare al server le informazioni dell'avvenuta consegna.

Il *tag* sulla bicicletta viene quindi utilizzato sia per le operazioni di blocco che di sblocco a seguito dell'identificazione del *reader* presente nel *dock*, consentendo di tenere traccia della riconsegna della bicicletta nei tempi previsti dal noleggio.

Sono esempi del sistema appena descritto il sistema realizzato da *PBSC (Public Bike System Company)* [4] e già largamente diffuso in grandi città di Stati Uniti, Canada, Australia e Regno Unito e il sistema di dell'azienda *Nextbike* [5] sviluppato nel 2011.

Nello specifico, il sistema *PBSC* (Fig. 1.1) utilizza un *tag* HF passivo incassato nel lucchetto di sgancio installato nella parte frontale di ogni bicicletta (Fig. 1.2).

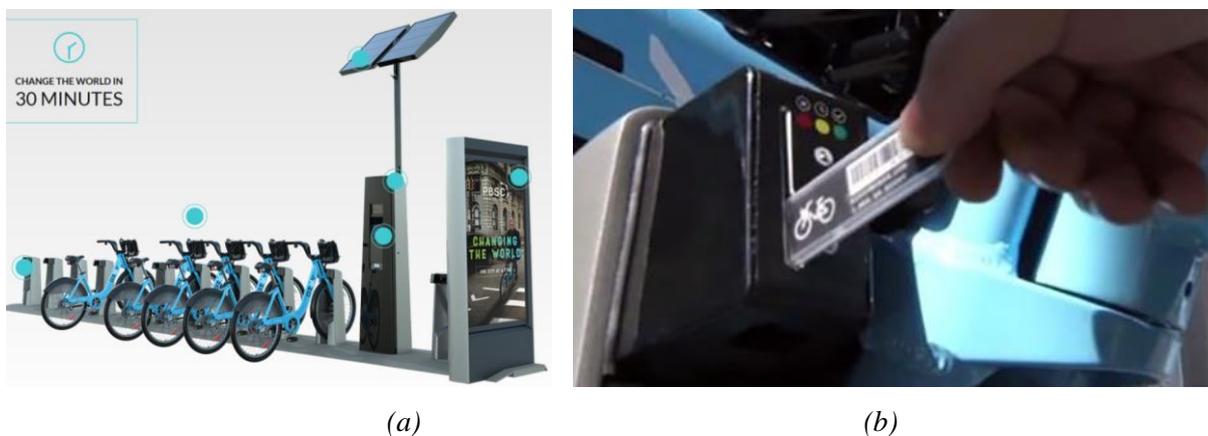


Fig. 1.1 – (a) Ciclostazione del sistema “PBSC” [4] provvista di chiosco alimentato a pannello solare e (b) stallo con reader RFID HF per l'identificazione della card utente.



Fig. 1.2 – Lucchetto di sgancio dotato di tag HF passivo e montato nel frontale della bicicletta utilizzato nel sistema “PBSC” [4].

Invece, il sistema dell'azienda *Nextbike* [5] prevede l'utilizzo di *tag* HF inglobato nel telaio. In particolare, un gancio metallico contenente un *tag* HF ricoperto da resina epossidica è fissato sulla forcella della ruota anteriore (*Fig. 1.3*).

La relativa colonnina dotata di *reader* RFID HF (*smart dock*) è rappresentato in *Fig. 1.4*.



Fig. 1.3 – Bicicletta equipaggiata con tag RFID HF all'interno del gancio posto nella forcella della ruota anteriore (sistema Nextbike [5]).



Fig. 1.4 – “Smart Dock” sviluppato dall’azienda Nextbike [5] e dotato di reader RFID operante in banda HF.

Vale la pena menzionare anche il sistema *B-cycle* [6] diffuso a Denver che utilizza la stessa configurazione descritta ma con un sistema operante in banda LF a 125 KHz.

Chiaramente un sistema di questo tipo può essere utilizzato non solo per il *bike sharing*, ma anche per il *bike charging*, come proposto nel sistema *Evo-Bike* [7] utilizzato per ricaricare le batterie delle biciclette con pedalata assistita. In questo caso, sulla barra dove vengono ancorate le biciclette è installato un lettore RFID HF che a seguito del riconoscimento dell’utente ammesso al servizio, mediante *card* RFID, consente di collegare la bicicletta per la ricarica (Fig. 1.5). Al termine dell’operazione, la bicicletta può essere prelevata soltanto dall’utente con *card* RFID autorizzata contenente lo stesso codice memorizzato nel *tag* RFID presente all’interno della spina. Si ha così l’associazione univoca tra veicolo e *card* RFID, che funziona come chiave per il prelievo del mezzo, lasciando libera la riconsegna.



Fig. 1.5 – Barra di ricarica dotata di reader RFID HF realizzata da Evo Bike per applicazioni di bike charging [7].

Infine vale la pena citare il sistema *Publock* [8] che prevede l'installazione di una singola colonnina dotata di *reader* RFID che può essere installata in vari punti della città come parcheggi pubblici o campus universitari. Solo gli utenti possessori della *card* RFID possono usufruire della bicicletta e procedere allo sblocco della serratura (*Fig. 1.6*).



Fig. 1.6 – Particolare del sistema “Publock” costituito da stalli metallici pubblici dotati di serratura RFID [8].

1.1.2 Biciclette dotate di *reader* HF

Un'ulteriore tipologia di ciclostazioni prevede l'uso del *reader* HF installato direttamente sulla bicicletta [9]. Un esempio di tale sistema, brevettato in Francia e denominato *Smoove*, è mostrato in Fig. 1.7. In particolare il *reader* RFID HF è posto all'interno di una *Smoove box* posizionata sul manubrio della bicicletta (*Smoove bike*) e alimentato dalla corrente derivante da una dinamo posta nel mozzo della ruota anteriore. Il *tag* è fissato in ogni colonnina della *docking station* per identificare il corretto stallo alla riconsegna del mezzo in ogni stazione. La corretta identificazione del *tag* determina la chiusura del lucchetto ed è notificata con segnale acustico.

Il pannello con tastiera numerica posto sul manubrio consente di registrare l'accesso degli utenti mediante *card* basata su tecnologia *Near Field Communication* (NFC, 13.56 MHz) senza utilizzare il totem. Inoltre consente anche l'accesso ad utenti occasionali mediante l'acquisto di un codice temporaneo.

La connessione dati tra la *Smoove box* e il totem, che in questo caso ha una struttura molto più semplice (*Solar relay box*), avviene mediante protocollo wireless *ZigBee*; la trasmissione dei dati dalla stazione al server centrale avviene mediante GPRS.



Fig. 1.7 - Particolare della "Smoove box" contenente un lettore RFID HF alimentato mediante dinamo per lettura di card utente implementato nel sistema di bike sharing francese "Smoove" [9].

Una variante è rappresentata dal sistema *SoBi* sviluppato da *Coast* [10]. Le biciclette sono equipaggiate con un computer dotato di *reader* RFID HF posto nella parte posteriore della bicicletta. L'utente registrato inserisce il proprio pin o avvicina la *card* RFID al display del computer (Fig. 1.8) e

procede allo sblocco del gancio metallico “ad U” (in giallo in *Fig. 1.9*). Il computer è dotato anche di modulo GPS per poter localizzare la bicicletta e permettere ad altri utenti nelle vicinanze di usufruire del servizio del noleggio. Il vantaggio di questa soluzione è la possibilità di posteggiare in sicurezza la bici in vari stalli metallici senza necessariamente tornare nella stazione dedicata. Inoltre, in caso di guasto meccanico (ad es. foratura), il software implementato permette di segnalare all’operatore la posizione GPS in cui si trova la bici per effettuare l’intervento tecnico.



Fig. 1.8 – Particolare del display del computer di bordo dotato di reader RFID HF che equipaggia le bici “SoBi”. Oltre il meccanismo di sgancio è presente un modulo GPS per la localizzazione [10].



Fig. 1.9 – Bicicletta del sistema “SoBi” dotata di lucchetto “ad U” sganciabile mediante computer di bordo dotato di reader RFID HF.

In tale contesto vale la pena citare anche la soluzione proposta dall’azienda *Nextbike* nel 2014 [5] che prevede l’installazione di un lettore NFC a bordo della bicicletta senza utilizzare un sistema RFID (Fig. 1.10). L’utente che intenda noleggiare la bici può acquistare un biglietto prepagato oppure utilizzare un’apposita applicazione dello *smartphone*.



Fig. 1.10 – Reader NFC installato sul telaio della bicicletta e sviluppato da NextBike nel 2014 [5].

1.2 Sistemi di identificazione in banda UHF

In questo paragrafo viene analizzato l'utilizzo della tecnologia RFID in banda UHF per l'identificazione di utenti equipaggiati con *tag* RFID UHF (860-960 MHz) che si muovono in bicicletta. In particolare, il *range* di lettura di tali sistemi consente di identificare il *tag* a distanze dell'ordine dei metri e questo consente di monitorare ad esempio gli utenti che transitano in una certa zona oppure i ciclisti durante le gare. Il *tag* può essere applicato direttamente sulla bicicletta oppure su un accessorio dell'utente come il casco o la pettorina.

Nel sistema ZAP proposto da Dero [11], il *tag* passivo viene installato con fissaggio antimanomissione sui raggi della ruota (Fig. 1.11). Lo scopo del sistema è quello di monitorare l'utilizzo delle bici per incentivarne l'utilizzo tramite agevolazioni sull'acquisto di accessori e sui costi di manutenzione. L'antenna del *reader* viene posizionata su un palo ed il *reader* a cui è connessa è alimentato mediante pannello solare. Il sistema è stato testato in alcuni campus universitari americani (Fig. 1.12) per il monitoraggio dello spostamento degli studenti che applicano un *tag* sul casco o sullo zaino. Il *reader* emette un segnale acustico ed un avviso video ogni qualvolta l'utente passa e la lettura è rilevata correttamente; inoltre registra in un database luogo e data di ogni lettura che viene poi trasformata in punti fedeltà.



Fig. 1.11 – Tag passivo in banda UHF impiegato nel sistema “Dero-ZAP” [11] e installato con dispositivo antimanomissione nei raggi della ruota della bicicletta.



Fig. 1.12 – Antenna del sistema “Dero-ZAP” [11] installata in un campus universitario americano. L'alimentazione è fornita da pannello solare ed il range di lettura massimo è di circa 10 metri.

Sullo stesso principio si basa il sistema Synotag [12] utilizzato per il monitoraggio dei tempi di percorrenza nelle gare ciclistiche. In tal caso, il tag passivo è applicato all'interno dell'adesivo del numero di gara sul casco del ciclista (Fig. 1.13) e il varco per l'identificazione è dotato di più antenne connesse al reader RFID UHF (Fig. 1.14).



Fig. 1.13 – Tag passivo in banda UHF inserito all'interno dell'adesivo del numero di gara sul casco del ciclista [12].

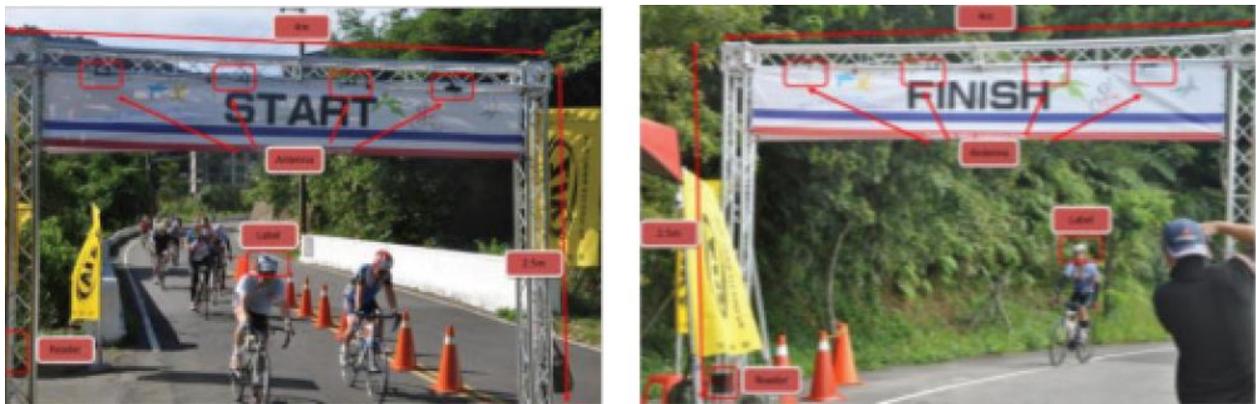


Fig. 1.14 – Varco di accesso dotato di reader RFID UHF e più antenne utilizzato nelle gare ciclistiche.

1.2.1 Sistemi anti-collisione operanti a 2.4 GHz

La tecnologia RFID in banda UHF può essere impiegata anche per la realizzazione di sistemi di anticollisione per la sicurezza stradale dei ciclisti. In particolare in [13] è stato progettato il sistema *Cycle-Alert* operante a 2.4 GHz per evitare gli incidenti tra camionisti e ciclisti (Fig. 1.15). A bordo del camion sono disposti più lettori che rilevano la presenza di un *tag* attivo montato sulla bicicletta Fig. 1.15b) che emette un segnale ogni secondo. Sul camion è presente una centralina con un display che visualizza quale sensore (frontale, posteriore o laterale) rileva la posizione del ciclista rispetto al camion. Nel caso in cui il ciclista sia ad una distanza inferiore a 2.5 m, il sistema rileva il *tag* e produce un avviso sonoro all'unità in cabina.



(a)

(b)

Fig. 1.15 – Sistema “Cycle-Alert” [13]: (a) unità centrale da montare nella cabina del camion e reader a 2.4 GHz da installare lungo il perimetro del camion e (b) tag attivi da installare sul manubrio della bicicletta o sul casco del ciclista.

1.3 Tabella riassuntiva

Le principali caratteristiche dei sistemi di identificazione per applicazioni di *bike sharing* analizzati in questo capitolo sono riassunti nella Tab. 2.

<i>Sistema</i>	<i>Frequenza</i>	<i>Posizione Tag</i>	<i>Posizione Reader</i>	<i>Applicazioni</i>
PBSC	HF- RFID	Telaio della bicicletta	Stallo	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
		Card Utente	Totem	
Nextbike	HF- RFID	Telaio della bicicletta	Stallo	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
		Card Utente	Totem	
B-cycle	LF-RFID	Telaio della bicicletta	Stallo	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
EVO-BIKE	HF-RFID	Card Utente	Stallo	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
		Spina della presa elettrica		

<i>Publock</i>	-	Card Utente	Colonna parcheggio	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
<i>Smoove</i>	HF- RFID	Stallo	Manubrio della bici	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
<i>SoBi</i>	HF- RFID	Card Utente	Telaio della bicicletta	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i> e di localizzazione con modulo GPS
<i>Nextbike</i>	NFC	-	-	Sistema di identificazione per <i>bike sharing</i>
<i>ZAP</i>	UHF-RFID	Tag sui raggi della ruota	Palo lungo il percorso	Sistema di identificazione di utenti lungo un percorso
<i>Synotag</i>	UHF-RFID	Tag sul casco	Varco di arrivo	Sistema di identificazione di utenti in gare ciclistiche
<i>Cycle-Alert</i>	UHF-RFID 2.4 GHz	Tag attivo sul manubrio bicicletta	Sui lati di mezzi pesanti	Sistema di anticollisione stradale

Tab. 2 - Tabella riepilogativa dei sistemi di identificazione analizzati.

2 Sistemi antifurto

In questo capitolo saranno analizzati i sistemi antifurto utilizzati per le biciclette che utilizzano dispositivi di blocco elettronici e azionabili tramite tecnologia *Bluetooth* distinguendo tra quelli che utilizzano il modulo *GPS* dello *smartphone* dell'utente da quelli che sfruttano un proprio modulo *GPS* installato direttamente sulla bicicletta. Infine saranno descritti i dispositivi di blocco basati su tecnologia *RFID* e brevemente quelli meccanici.

2.1 Dispositivi antifurto *Bluetooth*

I lucchetti elettronici basati su protocollo *Bluetooth* sono serrature a comando elettronico tipicamente azionabili sfruttando il sistema *Bluetooth* presente nel cellulare dell'utente che usa la bicicletta. Un primo esempio è rappresentato dallo *Smart Bike Lock* dell'azienda *LINKA* [14]. Esso è un lucchetto elettronico dotato di tecnologia *Bluetooth* capace di identificare l'utente che si sta avvicinando e di sbloccare tempestivamente la bicicletta. Tipicamente viene installato nella parte posteriore del telaio, in modo che la chiusura cinga il cerchio della ruota posteriore (Fig. 2.1).



Fig. 2.1 – Dispositivo “Smart Bike Lock” con lucchetto con Bluetooth dell’azienda LINKA [14].

Il dispositivo è altresì dotato di accelerometro che, in caso di rimozione della bici dal luogo di parcheggio, emette un segnale acustico e comunica con altri lucchetti LINKA nelle vicinanze fino a raggiungere l’utente desiderato con l’intento di creare un sistema di *tracking* comunitario (*community-based tracking*). Lo sblocco può essere effettuato anche mediante l’inserimento di un codice pin.

Sullo stesso principio si basano anche altri sistemi che utilizzano un lucchetto a forma di “U” con dispositivo Bluetooth come *U-lock* dell’azienda Noke (Fig. 2.2) [15]; *Skylock* proposto dall’azienda statunitense *Velo Lab* [16] che in più ha un’alimentazione a pannelli solari (Fig. 2.3) e ed un pannello capacitivo per l’inserimento manuale del codice di sblocco/blocco nel caso in cui la batteria dello *smartphone* fosse scarica (Fig. 2.4); e *Bitlock* (Fig. 2.5) [17]. In particolare all’interno di *Skylock* è presente un sensore di movimento che, in caso di incidente, lo comunica tramite applicazione *smartphone* ad amici e/o soccorsi.



Fig. 2.2 – Lucchetto con Bluetooth “U-Lock” prodotto da Noke [15].



Fig. 2.3 – Lucchetto con Bluetooth “Skylock” prodotto da Velo Lab dotato di alimentazione a pannelli solari [16].

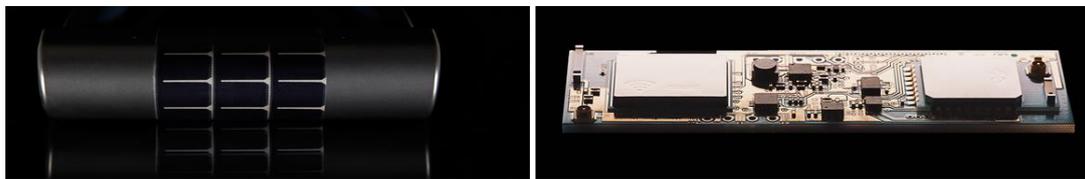


Fig. 2.4 – Scheda elettronica all'interno della scocca di “Skylock” con particolare del pannello capacitivo per digitazione manuale del pin [16].



Fig. 2.5 – Lucchetto con Bluetooth “Bitlock” [17].

I sistemi appena descritti si avvalgono della posizione GPS rilevata dallo *smartphone* al fine di poter condividere la posizione della bicicletta parcheggiata con altri utenti abilitati ad utilizzarla.

L'idea che è alla base è quella di creare tramite un'applicazione *smartphone* una *community* di membri che oltre a scambiarsi consigli potranno addirittura noleggiare la propria bicicletta ad altre persone.

2.2 Dispositivi antifurto *Bluetooth* dotati di modulo GPS

Esistono lucchetti *Bluetooth* dotati di un proprio modulo *GPS* che consente la localizzazione della bicicletta. Essi funzionano sia come antifurto che per la condivisione della posizione della bicicletta con altri utenti autorizzati all'utilizzo. Anche in questo caso è possibile scambiarsi le credenziali di accesso per lo sblocco del lucchetto mediante apposita applicazione sullo *smartphone*. Rappresentano un esempio di tali sistemi il *LOCK8* [18] in cui il dispositivo è applicato al telaio posteriore della bicicletta per fissare la catena (Fig. 2.6) e il *Deeper* [19] in cui il lucchetto in acciaio rinforzato è applicato alla ruota posteriore (Fig. 2.7).

Il sistema *LOCK8* è dotato sia di sensori di temperatura per rilevare il surriscaldamento della catena che di sensori di movimento, per cui in caso di furto viene inviata una segnalazione all'utente tramite applicazione *smartphone*. L'alimentazione del sistema avviene per induzione, mediante appositi magneti installati nei raggi della ruota. E' presente anche una scheda SIM per il collegamento dati.

Anche il sistema *Deeper* è dotato di sensore di movimento che è in grado di rilevare attività sospette ed attivare un allarme sonoro. Il sistema è alimentato da una coppia di batterie ricaricabili ad energia solare (tre giorni di esposizione all'aperto consentono una carica che dura un mese).



Fig. 2.6 – Sistema “LOCK8” dotato di lucchetto *Bluetooth* applicabile su telaio posteriore della bicicletta e con sistema *GPS* integrato [18].



Fig. 2.7 – Sistema “Deeper” dotato di lucchetto Bluetooth applicato alla ruota posteriore e con sistema GPS integrato [19].

Nei sistemi descritti finora, il modulo GPS è integrato all’interno del lucchetto elettronico. Esistono altre soluzioni in cui il modulo GPS è indipendente e può essere installato in diversi punti della bicicletta, come ad esempio il sistema *Sherlock* [20] e il sistema dell’azienda *Spybike* [21]. Entrambi sono dotati di sensori di movimento e in caso di movimenti sospetti, l’utente è avvisato da messaggi inviati tramite la scheda SIM presente all’interno. Tali sistemi sono tipicamente alimentati con batteria ricaricabile.

Il sistema *Sherlock* (Fig. 2.8) è progettato su un supporto di gomma per essere collocato all’interno della cavità tubolare del manubrio, risultando totalmente invisibile (Fig. 2.9). Mediante applicazione *smartphone* è possibile fare un controllo dello stato e della ricezione del segnale GPS in tempo reale, ed in caso di furto è possibile condividere la posizione della bicicletta con le forze dell’ordine comunicando il codice di tracciamento univoco associato al dispositivo.



Fig. 2.8 – Sistema di localizzazione “Sherlock” dotato di modulo GPS, Bluetooth, scheda SIM e sensore di movimento [20].



Fig. 2.9 – Dispositivo “Sherlock” collocato all’interno del manubrio di una bicicletta.

Il sistema *Spybike* è stato sviluppato per l’installazione in tre punti diversi del telaio della bicicletta (Fig. 2.10): sotto la sella (*seatpost*), all’interno del tubo della forcella anteriore (*top cap*), all’interno del faro posteriore (*spylamp*). Il sistema GPS implementato consente di conoscere la posizione della bicicletta con precisione che va da 5 m a 25 m in tempo reale.

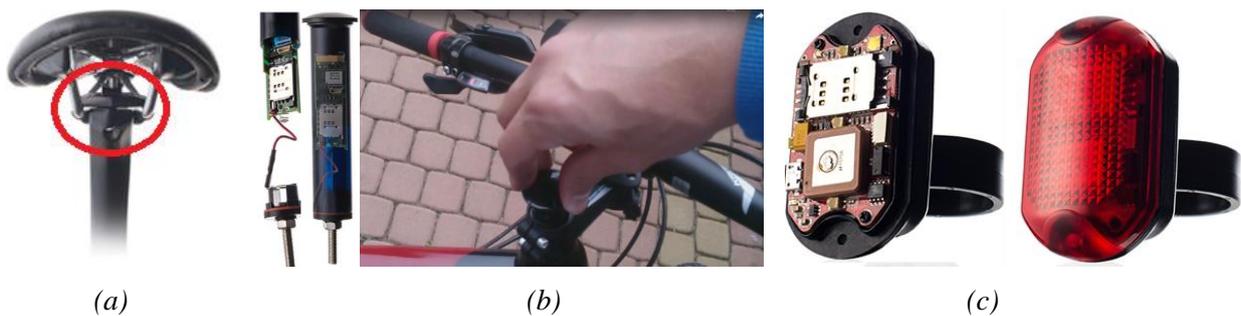


Fig. 2.10 – Sistema di localizzazione sviluppato da “Spybike” dotato di GPS e modulo GSM (a) installato sotto la sella (*seatpost*), (b) avvitato all’interno del telaio tubolare della forcella anteriore (*top cap*) e (c) installato all’interno del faretto posteriore (*spylamp*) [21].

2.3 Dispositivi antifurto RFID

E’ possibile realizzare dispositivi antifurto dotati di serratura RFID come quello progettato dall’azienda *Lenart Studios* [22]. Esso consiste in un lucchetto metallico “ad U” (*Eink Bike Lock*) dotato di *reader* RFID integrato che si apre soltanto in presenza della chiave RFID dell’utente autorizzato.

Un display innovativo integrato nel lucchetto (E-Ink) fa sì che il lucchetto cambi colore a seconda dello stato in modo da ricordare all’utente di effettuare il bloccaggio.



Fig. 2.11 – Lucchetto “Eink Bike Lock” con serratura RFID di Lenart Studios [22].

Un altro sistema di antifurto è *Immobitag* [23], cioè un *tag* RFID che può essere installato autonomamente dall'utente all'interno del tubo sotto la sella. Dopo l'installazione, l'utente procede alla registrazione ed attivazione del *tag* online sull'apposito portale. In caso di furto, le forze dell'ordine dotate di opportuno lettore RFID possono identificare il *tag* e quindi la bicicletta rubata.

Il *tag* è contenuto all'interno di una struttura cilindrica dotata di un sistema di ancoraggio che lo fissa all'interno del tubo in modo irrimovibile (Fig. 2.12).



Fig. 2.12 – Tag e struttura di fissaggio del sistema “Immobitag” da installare nel tubo sotto la sella di qualunque bicicletta [23].

Esiste anche una variante di *Immobitag* costituita da un *tag* delle dimensioni di un chicco di riso, che può essere incorporato dal costruttore direttamente nel telaio della bicicletta (Fig. 2.13). Il costruttore non dichiara la frequenza operativa, ma vista la tipologia di *tag*, dovrebbe trattarsi di un *tag* LF.



Fig. 2.13 – “Immobitag” da incorporare nel telaio della bicicletta.

2.4 Dispositivi antifurto meccanici

In tale contesto vale la pena citare i sistemi antifurto meccanici, come ad esempio il kit di *Pinhead* [24] illustrato in Fig. 2.14a. Il sistema consiste in un kit di perni e bulloni con un particolare dado di serraggio (Fig. 2.14b) che può essere svitato soltanto con la “chiave unica”. Il punto di forza di questa soluzione è che oltre a mettere in sicurezza la bicicletta, consente di garantire anche le singole parti (ruote, sella, manubrio). In Fig. 2.15, sono evidenziati tutti i punti di serraggio in cui è possibile applicare i bulloni. L'utente che intenda acquistare il kit, ha la possibilità di registrare la propria “chiave unica” sul sito per poter richiederne una copia in caso di smarrimento.



Fig. 2.14 – (a) Kit di sicurezza “Pinhead” costituito da un lucchetto “ad U” ed una serie di bulloni e dadi; tutti i dispositivi possono essere sbloccati mediante una chiave unica. (b) Dettaglio del bullone [24].



Fig. 2.15 – Punti nel telaio della bicicletta in cui è possibile sostituire i bulloni di serie con quelli del kit “Pinhead” [24].

2.5 Tabella riassuntiva

Le principali caratteristiche delle soluzioni antifurto per sistemi di ciclabilità analizzati in questo capitolo sono riassunte nella Tab. 3.

<i>Sistema</i>	<i>Tecnologia</i>	<i>Posizione Bicicletta</i>
<i>LINKA</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS dello <i>smartphone</i> dell'utente
<i>U-Lock</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS dello <i>smartphone</i> dell'utente
<i>Skylock</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS dello <i>smartphone</i> dell'utente
<i>Bitlock</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS dello <i>smartphone</i> dell'utente
<i>Lock8</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS nel lucchetto
<i>Deeper</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS nel lucchetto
<i>Sherlock</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS nel manubrio
<i>Spybike</i>	Bluetooth	Posizione determinata dal GPS della bicicletta (es. sotto il sedile, nel manubrio e dentro il faro posteriore)
<i>Eink Bike Lock</i>	RFID	-
<i>Immobitag</i>	RFID	-
<i>Pinhead</i>		Sistema meccanico

Tab. 3 – Tabella riepilogativa dei sistemi antifurto analizzati.

Conclusioni

Il presente documento descrive l'analisi dello stato dell'arte sui sistemi di identificazione, localizzazione e antifurto per applicazioni di *Bike Sharing*.

Nel primo capitolo sono descritti i sistemi di identificazione basati su tecnologia RFID utilizzati nelle *ciclostazioni*. Tali sistemi tipicamente utilizzano sistemi RFID passivi in banda HF e il *reader* può essere installato sia nella colonnina della *docking station* che direttamente sulla bicicletta. Sistemi RFID in banda UHF sono invece utilizzati per l'identificazione delle biciclette per monitorare ad esempio il numero di utenti che transitano in una certa zona o i tempi nelle gare di ciclismo. E' riportato anche un esempio di un sistema RFID attivo a 2.4 GHz per l'anti-collisione tra biciclette e veicoli pesanti.

Nel secondo capitolo sono riportati i dispositivi antifurto basati sia su tecnologia *Bluetooth* che RFID. I primi sistemi sono dotati di sensori come accelerometri e giroscopi in grado di rilevare movimenti sospetti del mezzo ed inoltrare notifiche al proprietario in tempo reale grazie al *Bluetooth*. Alcuni sono equipaggiati con modulo GPS per consentire la localizzazione in tempo reale e recuperare la bicicletta in caso di furto. Altri invece utilizzano il GPS dello *smartphone* dell'utente per condividere la posizione della bicicletta ferma con altri utenti che potrebbero utilizzarla.

I sistemi antifurto basati su RFID sono costituiti da *tag* ad hoc da installare all'interno della bicicletta oppure da lucchetti con chiave RFID che si aprono solo in presenza della card RFID dell'utente da poter utilizzare anche in stalli pubblici.

Bibliografia

- [1] “RFID Tecnologia & applicazioni”, *Libro bianco Fondazione Ugo Borboni*,
<http://www.rfid.fub.it/sezioneI.php>
- [2] <http://www.rfid-soluzioni.com/rfid-standard-iso-ed-epc/>
- [3] <http://www.xerafy.com/en/products.html>
- [4] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?14559/>
- [5] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?14766/>
- [6] <https://denver.bcycle.com/>
- [7] <https://www.giuliobarbieri.it/it/prodotti-green/stazione-ricarica-biciclette-elettriche-bike-sharing-elettrico-evo-bike/#bike-sharing>
- [8] <https://www.fastcompany.com/3029805/a-smarter-bike-lock-that-you-dont-have-to-carry>
- [9] <http://www.smoove-bike.com/>
- [10] <http://coastbikeshare.com/>
- [11] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?7401/>
- [12] <http://www.synometrix.com/products/sm-u1166-uhf-bike-helmet-rfid-tag/>
- [13] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?12890>
- [14] <http://linkalock.com/>
- [15] <https://noke.com/pages/individual>
- [16] <https://www.indiegogo.com/projects/skylock-the-worlds-first-solar-powered-connected-bike-lock#/>
- [17] <https://bitlock.co/>
- [18] <https://www.kickstarter.com/projects/lock8/lock8-the-worlds-first-smart-bike-lock>

	PROGETTO SaveMyBike	
	STATO DELL'ARTE SU SISTEMI DI IDENTIFICAZIONE, LOCALIZZAZIONE ED ANTIFURTO PER APPLICAZIONI DI CICLABILITA'	

- [19] <http://deeperlock.com/smart-bike-lock/>
- [20] <http://www.sherlock.bike/it/lantifurto-gps-per-la-tua-bicicletta/>
- [21] <http://www.spybike.com/>
- [22] http://www.eink.com/concept_showcase_rfid_bike_lock.html
- [23] <https://www.immobitag.com/>
- [24] <https://pinheadlocks.com/store/en/>