



UNIVERSITÀ DI PISA

Relazione progetto di Sistemi Embedded

FRIGORIFERO SMART

Stefano Cicero
Mattia Ridolfi

a.a. 2014/2015

SOMMARIO

1. Studio di fattibilità.....	4
1.1 Individuare il prodotto/mercato.....	4
1.2 Analisi del mercato e critica dei prodotti attuali.....	7
1.3 Proposta.....	8
1.4 Costi, tempi e pianificazione per la messa in produzione.....	9
1.5 Rischi.....	12
1.5.1 Identificazione dei rischi.....	12
1.5.2 Analisi dei rischi.....	14
1.5.3 Pianificazione dei rischi.....	15
2. Analisi di sistema.....	17
2.1 Introduzione.....	17
2.2 Obiettivo.....	17
2.3 Scopo.....	17
2.4 Inquadramento.....	17
2.5 Interfaccia sistema/utente.....	18
2.6 Interfaccia di comunicazione.....	18
2.7 Protocolli applicativi.....	18
2.8 Vincoli relativi all'occupazione di memoria.....	18
2.9 Vincoli per installazione.....	18
2.10 Macro funzionalità del sistema.....	19
2.11 Caratteristiche degli utenti.....	19
2.12 Requisiti da analizzare in futuro.....	20
2.13 Specifica dei requisiti.....	20
2.13.1 Requisiti funzionali (hw e sw).....	20
2.13.2 Requisiti non funzionali.....	23
2.14 Specifiche di sistema.....	24
2.15 Specifiche software.....	24
2.15.1 Inizializzazione.....	24
2.15.2 Smartphone.....	24
2.15.3 Frigorifero.....	24
2.15.4 Supermercato.....	25
3. Progetto architetturale – partizionamento hardware software.....	26

3.1	Analisi del prodotto.....	26
3.2	La scelta dell'architettura di riferimento per il frigorifero smart.....	29
3.3	Single Board Computer.....	29
3.4	Tablet.....	32
3.5	Dispositivi RFID	33
3.6	Sistema operativo.....	38
3.6.1	Yocto Linux	38
3.6.2	Android.....	39
3.6.3	Viper OS.....	40
3.7	Moduli software aggiuntivi	41
3.8	Vetro elettrocromico.....	41
3.9	Switch touch integrato nella maniglia.....	42
3.10	Server di interfacciamento.....	43
3.11	Cloud Server	43
4.	Casi Studio e FAQ	44
5.	Conclusioni – sviluppi futuri	45
6.	Allegati.....	46

1. Studio di fattibilità

1.1 Individuare il prodotto/mercato

Il prodotto realizzato per questo progetto si colloca nel settore alimentare e specificatamente nel settore della riduzione dello spreco alimentare, attenzione al risparmio energetico e promozione di una cultura ecologica e attenta al non sprecare.

Per capire qual'è la situazione attuale ci siamo affidati al rapporto "Wast Watcher - Knowledge for Expo" realizzato da Last Minute Market e SWG sullo spreco alimentare domestico, sulle sue cause e sull'impatto economico. L'obiettivo è quello di diffondere conoscenza e cultura sul tema, che rappresenta un fattivo sostegno dell'evento e degli obiettivi di EXPO2015.

Nel corso degli ultimi anni la sensibilità ambientale dell'opinione pubblica è cresciuta. La consapevolezza della tutela dell'ambiente come bene di tutti e della necessità di non ipotecare il futuro della terra si radica progressivamente.

Che per la maggioranza degli italiani la tavola sia una parte importante della giornata è noto. Oltre la metà dell'opinione pubblica conferma questo assunto indicando il cibo come uno dei piaceri della vita.

In termini generali lo spreco emerge come uno dei terreni più sentiti dagli italiani quando riflettono sulle caratteristiche desiderabili dell'Italia del futuro (Figura 1). E' utile verificare quale sia la forza del tema dal lato alimentare domestico.

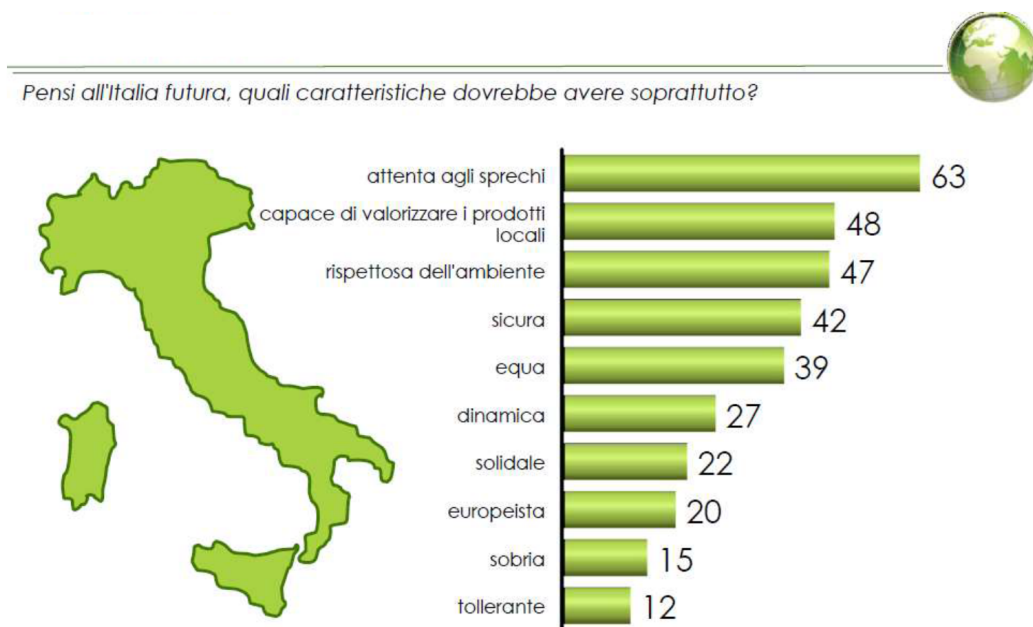


Figura 1

Meno della metà dell'opinione pubblica – ma il dato segnala una tendenza in crescita - ritiene che la quantità di cibo che viene buttato via sia grande; è una conferma che c'è ancora lavoro da fare. Nel contempo la quasi totalità ritiene che il problema sia grave e ne è preoccupata; c'è, quindi, una ricettività al tema.

I settori dello spreco



In quali dei seguenti settori si realizza secondo lei più spreco?

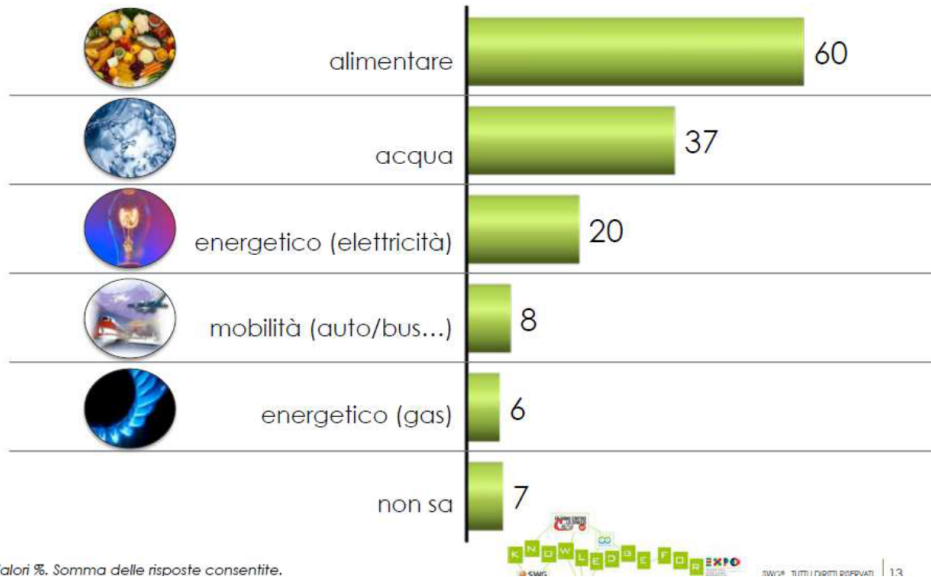


Figura 2

Come vediamo anche dalla Figura 2, c'è una forte attenzione da parte della popolazione ad evitare lo spreco alimentare, e già da questo possiamo constatare che il prodotto che immetteremo sul mercato dovrà necessariamente seguire questa linea. Lo spreco alimentare per una famiglia consiste sostanzialmente nel cestinare prodotti comprati e che sono poi scaduti (Figura 3).

I motivi dello spreco



Le capita di buttare via del cibo soprattutto perché..

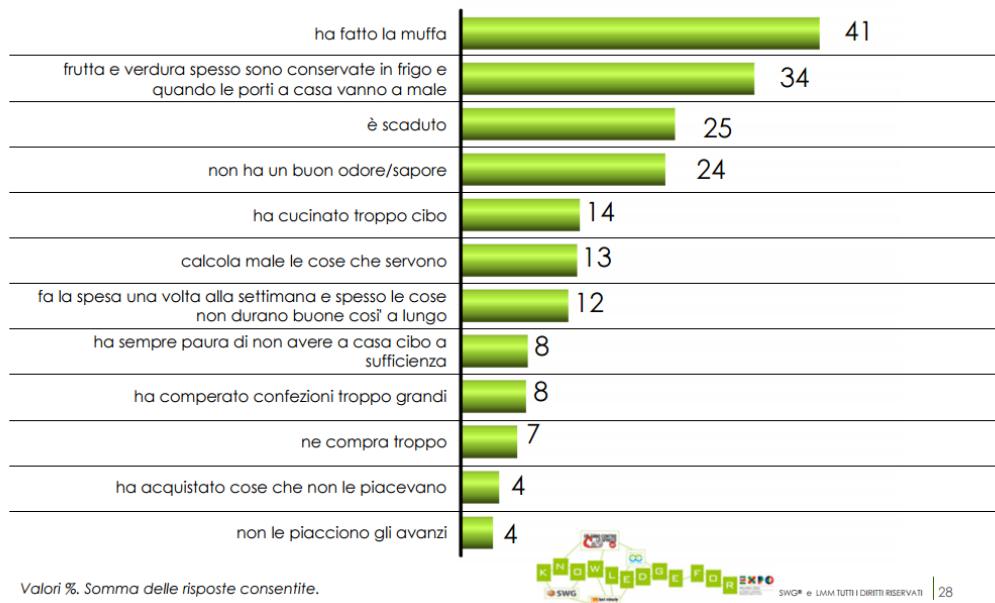


Figura 3

Sempre questo rapporto mostra in Figura 4 quanto può incidere a livello economico un costo di questo tipo per una famiglia.

La misura dello spreco alimentare 2014



Valore dello spreco alimentare domestico italiano in miliardi di euro	8,1
Valore dello spreco alimentare domestico italiano settimanale medio di una famiglia in euro	6,5
Valore dello spreco alimentare domestico italiano settimanale delle famiglie in grammi	630

Figura 4

Nell'anno 2014 è stato calcolato un costo medio di 6.5 euro a settimana di alimenti scaduti, che in un anno si aggira intorno ai 340 euro. Questo costo potrebbe essere abbattuto con una soluzione adatta a gestire, e organizzare, i prodotti comprati in base alla scadenza. La popolazione intervistata da anche indicazioni su quali soluzioni vorrebbe trovare in un ambiente domestico per evitare gli sprechi (Figura 5). Tralasciando la prima opzione del sondaggio che risulta essere ancora inattuabile e forse di scarsa utilità, una buona percentuale di persone preferirebbe una tecnologia capace di pianificare la spesa ed un frigorifero smart che avvisi (con notifiche) la scadenza degli alimenti.

Le tecnologie

Quali tecnologie crede che sarebbero utili per ridurre gli sprechi alimentari?

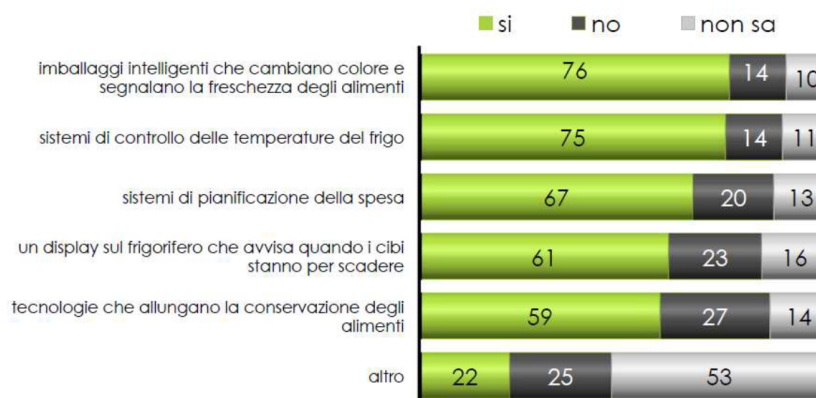


Figura 5

E' nel frigorifero che la maggior parte degli alimenti che scadono nel breve/medio periodo vengono conservati pertanto è su questo elettrodomestico che si concentrerà il nostro progetto.

Come detto sopra l'opinione pubblica è sempre più attenta alla tematica dello spreco di cibo. Di recente in Francia è stato approvato il reato di spreco alimentare. Non sarà più possibile per i negozi, infatti, smaltire l'invenduto trasformandolo in rifiuto quando ancora edibile, pratica purtroppo comune a molti rivenditori, specialmente di grosse dimensioni. Secondo la FAO, la quantità di cibo che finisce nella spazzatura supera il 35% della produzione totale, per un costo economico stimato in circa un trilione di dollari ogni anno. Per ridurre tale spreco uno dei punti su cui bisogna agire è l'utilizzo di strategie più efficaci per la redistribuzione del cibo prossimo alla scadenza. Per fare ciò occorre che ciascun supermercato tenga traccia degli alimenti presenti nei propri locali e della loro scadenza in modo da poter attuare politiche per l'abbattimento dello spreco di cibo.

Oltre allo spreco di cibo, un altro argomento sentito è lo spreco di energia (al terzo posto in Figura 2).

Secondo il dipartimento dell'energia americana, nella maggior parte delle case il frigorifero è il secondo elettrodomestico, dopo il climatizzatore, quanto a consumo di energia. Perciò è un prodotto su cui si può lavorare per ridurre in maniera significativa il consumo energetico. Ad esempio, basti pensare a quanto pubblicato dalla rivista Home Energy Magazine, in cui si dice che mantenere la porta del frigorifero aperta mentre si decide cosa mangiare incide per il 7% sul consumo di energia totale. Quando viene aperto il frigorifero, l'aria fredda che mantiene il cibo fresco esce e viene sostituita dall'aria più calda della stanza. Il compressore del frigorifero dovrà quindi lavorare per ripristinare la corretta temperatura all'interno. E questo oltre che portare ad un aumento della bolletta dell'energia elettrica comporta anche un maggiore impatto ambientale.

L'Istituto delle scienze agricole e del cibo dell'Università della Florida dice che abusare dell'apertura e chiusura del frigorifero comporta uno spreco che va dai 50 ai 120 KWh all'anno. Per dare un'idea della quantità di energia sprecata basti pensare che con 50 KWh di energia si possono fare 20 lavastoviglie e con 100 KWh si possono fare 50 lavatrici - circa una lavatrice ogni settimana gratis per un anno.

1.2 Analisi del mercato e critica dei prodotti attuali

Per venire incontro alle esigenze degli utenti mostrate nel punto precedente, grosse multinazionali quali ad esempio Samsung, LG e la cinese Hisense hanno presentato in diverse fiere dell'elettronica frigoriferi top di gamma aventi funzionalità avanzate rispetto ai frigoriferi tradizionali. I prodotti da noi individuati che concorrono nel nostro campo di interesse sono:

- **LG ThinQ:** presentato all'IFA 2014 di Berlino. Presenta una sorta di tablet integrato tramite il quale l'utente interagisce con il frigorifero. Nel tablet sono installate diverse applicazioni tra cui un gestore del cibo attraverso il quale l'utente inserisce o toglie gli alimenti presenti nel frigorifero assieme alle relative date di scadenza. Sulla base di quanto inserito dall'utente il frigorifero suggerisce ricette per realizzare piatti che utilizzano ingredienti presenti nel frigorifero. Nel caso vi siano ingredienti mancanti è possibile inviarli in una lista della spesa sullo smartphone. All'interno è presente una fotocamera che ogni volta che viene chiusa la porta fa una foto consultabile da uno smartphone, in modo che l'utente possa vedere il contenuto del frigorifero senza aprirlo. Prezzo 3500 dollari.
- **Samsung Smart Refrigerator:** presentato al CES 2014 di Las Vegas. Possibilità di vedere la TV sul tablet integrato. Dotato di connessione Wi-Fi possibilità di fare e ricevere chiamate con uno smartphone accoppiato. Sistema operativo Tizen. Prezzo non disponibile.
- **Hisense Smart Refrigerator:** presentato all'IFA 2012 di Berlino. Anche questo prodotto integra un tablet con fotocamera per la scansione di codice a barre o QR dei

prodotti che l'utente andrà a inserire all'interno. Dispone di connessione Wi-Fi e di un sintonizzatore per vedere la TV sul tablet integrato. E' possibile inoltre installare una serie di applicazioni per espandere le funzionalità del tablet.

- **ChillHub:** frigorifero progettato per essere espandibile mediante moduli aggiuntivi creati dalla comunità (ad esempio bilancia per liquidi). Dotato di 4 porte USB. Utilizza il sistema operativo Ubuntu. Disponibile in preordine in due versioni da 800 e 3000 dollari.

Quasi tutti questi prodotti sono stati presentati alle fiere praticamente come prototipi, ma non sono poi stati commercializzati. Riteniamo che il motivo di questa mancata commercializzazione sia dovuta al fatto che questi frigoriferi di smart hanno ben poco ed integrano funzionalità già presenti su tablet e smartphone che ormai sono molto diffusi tra gli utenti.

Da quel che abbiamo potuto vedere pensiamo che non sia stato fatto molto per risolvere il problema dello spreco di cibo e in particolare della sua scadenza. Le funzionalità per la gestione del cibo presenti in questo tipo di frigoriferi possono essere e sono banalmente assolute da applicazioni per dispositivi mobili.

La tecnologia dovrebbe semplificare la vita dell'utente e non complicarla. Nella vita di tutti i giorni le persone acquistano prodotti al supermercato, pagano alla cassa e infine conservano alcuni dei prodotti acquistati all'interno del frigorifero. Secondo i nostri concorrenti, l'utente prima di immettere i prodotti nel frigorifero dovrebbe inserirli nel sistema informativo integrato. Nel caso migliore si tratta di passare il prodotto (nuovamente) su un lettore di codici a barre mentre in quello peggiore occorre inserire il prodotto manualmente. Non solo, per ognuno dei prodotti l'utente dovrebbe anche indicare la data di scadenza. Infine quando un prodotto viene rimosso dal frigorifero non c'è modo che quest'ultimo si accorga di tale evento, pertanto l'utente dovrà provvedere (manualmente) alla rimozione dello stesso dal sistema informativo.

Questo doppio passaggio è il problema principale dei prodotti di questa categoria ed il motivo dell'insuccesso di queste soluzioni. L'utente finale inserisce ed estrae i prodotti dal frigorifero in maniera molto veloce e ripetitiva, appesantire questo processo con un passaggio manuale di inserimento ogni volta delle date di scadenza è senza dubbio una scelta non destinata al successo.

Per ciò che riguarda il fronte del consumo energetico abbiamo visto che i nostri concorrenti principalmente hanno puntato su compressori ad alta efficienza e a doppie porte chiamate anche "door in door" che consentono di aprire parzialmente la porta del frigorifero in modo da far fuoriuscire fino al 47% in meno di aria fredda dal frigorifero.

Ricapitolando i punti critici dei prodotti concorrenti sono:

- prodotti costosi
- poca scelta sulle capacità (le funzionalità avanzate spesso vengono integrate solo su frigoriferi ad alta capacità)
- gestione del cibo e della sua scadenza del tutto manuale
- eccessivo numero di funzionalità poco utili per l'utente finale (ad esempio TV, telefono, organizer...) che risultano essere disponibili già su tablet o smartphone

1.3 Proposta

Affinché la gestione del cibo si avvicini ad una gestione completamente automatica e trasparente per l'utente, i requisiti che il nostro sistema dovrà rispettare sono i seguenti:

1. Il sistema deve sapere quanti e quali alimenti si trovano all'interno del frigorifero
2. Il sistema deve conoscere la data di scadenza di tutti gli alimenti presenti all'interno del frigorifero.

3. Il sistema deve capire quando un alimento non è più presente all'interno del frigorifero e si suppone quindi consumato.

Per rispettare tali requisiti siamo quindi arrivati alla conclusione che non è possibile realizzare un qualcosa di veramente utile e funzionale nella vita reale concentrandoci solamente verso i consumatori, ma è necessario coinvolgere anche i supermercati e la grande distribuzione.

Per rispettare i punti 1 e 2, l'idea è quella di stringere accordi con la grande distribuzione in modo da poter recuperare la lista dei prodotti acquistati da un singolo utente, riconosciuto dalla propria carta fedeltà, e le relative date di scadenza. Dalle ricerche da noi effettuate sappiamo che la grande distribuzione tiene traccia dei prodotti che acquista e vende, sia per motivi logistici che legali. Per i prodotti che acquista in genere lo fa scansionando il codice a barre di un lotto che identifica il prodotto, la quantità e la sua data di scadenza. Questi dati vengono inseriti in un database al quale sono collegate le casse, in modo che quando viene passato un prodotto sul lettore di codice a barre possa essere assegnato il prezzo. Avendo le date di scadenza dei lotti, i commessi sanno quando effettuare i controlli manuali sugli scaffali in modo da ritirare i prodotti in scadenza o scaduti.

Pertanto una volta che l'utente ha acquistato dei prodotti si ritroverà con la lista dei prodotti con associata la data di scadenza sul suo smartphone. L'utente potrà scegliere quali tra questi prodotti tracciare o inserire all'interno del suo frigorifero smart. A questo punto il frigorifero conosce le date di scadenza e i prodotti al suo interno. Resta da risolvere il punto 3.

Per quanto riguarda la risoluzione del punto 3 abbiamo deciso di affidarci alla tecnologia RFID (Radio-Frequency IDentification). Mediante l'inserimento di un lettore RFID all'interno del frigorifero e l'applicazione di tag sui prodotti, è possibile sapere quanti e quali prodotti sono presenti all'interno del frigorifero e quali no. I tag RFID non sono ancora diffusi nell'ambito dei prodotti alimentari a causa del loro costo (attualmente di circa 10 centesimi) e del basso margine di guadagno su questi prodotti da parte della grande distribuzione. Per ovviare a questa mancanza abbiamo pensato di fornire in dotazione al frigorifero una set di tag riutilizzabili da applicare sui prodotti di cui si vuole tenere traccia. Una volta che l'utente sceglie quali prodotti della spesa inserire nel frigorifero il sistema associa in maniera automatica a ciascun prodotto un tag che è univocamente riconoscibile anche dall'utente (mediante colori o numeri). L'utente prima di inserire i prodotti nel frigorifero applica i tag associati ai prodotti. In questo modo quando l'utente estrarrà un prodotto il frigorifero, quest'ultimo sarà in grado di rilevare tale azione e rimuovere il prodotto tra quelli presenti al suo interno in maniera automatica.

Per ciò che riguarda l'aspetto dei consumi energetici, abbiamo pensato di abatterli cercando di ridurre il numero di volte che l'utente apre la porta del frigorifero e la quantità di tempo in cui rimane aperta. Per ottenere questo risultato, la porta del frigorifero verrà realizzata in vetro elettrocromico. Si tratta di un tipo di vetro che può diventare opaco o trasparente se viene applicata o meno una piccola tensione ai suoi capi. In questo modo l'utente non avrà più bisogno di aprire il frigorifero per vedere cosa c'è dentro o magari decidere cosa desidera prelevare. Basterà semplicemente toccare la maniglia di apertura della porta per rendere il vetro trasparente e vedere il contenuto del frigorifero.

1.4 Costi, tempi e pianificazione per la messa in produzione

In questa sezione andremo a stimare i costi, i tempi, le risorse, i workpackage e le attività necessari per la messa in produzione del nostro prodotto.

Il costo delle componenti necessarie per la realizzazione di un'unità di prodotto sono riportate in Tabella 1.

Nome	Quantità	Costo
Single board computer	1	68,00 €
Vetro elettrocromico	1	200,00 €
Sensore capacitivo	1	5,00 €
Relay	1	3,80 €
IO expansion board	1	11,00 €
Lettore/scrittore RFID	2	200,00 €
Tag RFID	50	50,00 €
Tablet	1	50,00 €
Frigorifero	1	1000,00 €
TOTALE		1587,80 €

Tabella 1

Oltre ai costi del singolo frigorifero, vi sono costi per l'acquisto di server (utilizzati come sistema di interfacciamento) che verranno installati su ogni singolo supermercato per il recupero dei dati relativi agli acquisti degli utenti. Evidentemente il costo totale in questo caso varierà in base al numero di supermercati aderenti e alla loro dimensione. Stimiamo il costo medio di un singolo server pari a 500 euro circa. Nelle sezioni successive di questo documento verranno mostrate nel dettaglio le singole componenti scelte per questo server. Costi relativi al software non ce ne sono poiché verrà adottata una distribuzione Linux.

Inoltre vi è il costo del cloud server che manterrà i dati degli utenti e sincronizzerà i vari dispositivi. Anche qui il sistema e quindi il costo, è dimensionato in base al numero di utenti previsti. Come base di partenza stimiamo il costo in 30 euro al mese. Le specifiche del server scelto sono riportate nelle sezioni successive di questa relazione. Costi relativi al software non ce ne sono poiché verrà adottata una distribuzione Linux.

Sulla base delle funzionalità previste dal nostro prodotto abbiamo individuato i workpackage, le attività, le figure professionali e le tempistiche necessarie per arrivare alla fase di produzione di massa e distribuzione.

I workpackage individuati sono i seguenti:

- **Accordi con la grande distribuzione:** lo scopo di questo work package è quello di svolgere una serie di attività atte a prendere contatto con le principali realtà del settore della grande distribuzione in modo da portarli a conoscenza della nostra offerta e stipulare degli accordi per l'installazione dei nostri server presso i loro punti vendita.
- **Realizzazione prototipo frigorifero:** insieme di attività atte alla realizzazione di un prototipo funzionante del prodotto finale al fine di poterlo testare ed eventualmente apportare dei miglioramenti rispetto a quanto previsto nella fase di progettazione.
- **Analisi requisiti software:** serie di attività preliminari alla progettazione e sviluppo del software al fine di formalizzare i requisiti e le funzionalità richieste dal software.
- **Progettazione software:** definizione delle linee essenziali della struttura dei prodotti software in funzione dei requisiti evidenziati dall'analisi.
- **Sviluppo software:** fase di sviluppo del software.
- **Test hardware e software:** vengono effettuati test sui singoli moduli software, test su tutto il sistema e test di integrazione hardware e software.
- **Deployment:** prevede le attività di deployment del software sul cloud server, l'installazione dei sistemi di interfacciamento presso la grande distribuzione e la pubblicazione delle applicazioni per dispositivi mobili.

- **Documentazione:** ha come obiettivo la realizzazione di un manuale utente per il frigorifero e una guida in linea per l'applicazione per dispositivi mobili.
- **Preparazione per la produzione/distribuzione:** vengono pianificate strategie per la produzione e distribuzione e allocate le risorse necessarie.

Le figure professionali individuate per lo svolgimento dei work package sopra descritti sono le seguenti:

- **Responsabile marketing e relazioni esterne:** conosce il mercato alimentare e tiene i contatti con le principali catene per promuovere il nostro prodotto. Dotato di buone doti comunicative.
- **Responsabile acquisti:** si occupa di ordinare il materiale necessario per lo svolgimento delle attività previste all'interno dell'azienda.
- **Operaio:** dotato di ottima manualità e conoscenza nell'ambito delle celle frigorifere si occuperà di installare i componenti hardware scelti su un normale frigorifero per la realizzazione del prototipo.
- **Perito elettronico:** ha il compito di verificare l'assenza di difetti dalle componenti hardware e di interconnetterle e integrarle nel frigorifero.
- **Redattore della documentazione:** ha il compito di redigere il manuale utente per quanto riguarda il frigorifero e la guida in linea per l'applicazione per dispositivi mobili.
- **Responsabile produzione/distribuzione:** ha il compito di svolgere le azioni preliminari alla messa in produzione e distribuzione del prodotto
- **Sistemista:** esperto in sistemi Linux, si occupa del deployment del software sul cloud server e dell'installazione dei sistemi di interfacciamento presso la grande distribuzione.
- **Team di sviluppo:** formato da 4 analisti programmatori in grado di portare a termine le fasi di analisi, progettazione, sviluppo e testing dei 4 moduli software previsti dal progetto. Le competenze che il team possiede sono: capacità di lavorare in gruppo, capacità di organizzazione del lavoro, conoscenze riguardanti sistemi gestionali e informativi della grande distribuzione, abilità nella programmazione di applicazioni per dispositivi mobili (iOS, Android, Windows Phone), abilità nella programmazione in sistemi embedded basati su Linux, abilità nella programmazione concorrente distribuita su sistemi Linux.

In Figura 6 riportiamo l'elenco delle figure professionali scelte e il loro costo per ora.













	• Responsabile marketing e relazioni esterne	11,00 €
	• Responsabile acquisti	10,00 €
	• Operaio	9,00 €
	• Perito elettronico	9,00 €
	• Redattore della documentazione	8,00 €
	• Responsabile produzione/distribuzione	11,00 €
	• Sistemista	10,50 €
	▼ Team di sviluppo software	10,50 €
	• Analista programmatore A Specializzato in applicazioni per dispositivi mobili	10,50 €
	• Analista programmatore B Specializzato in applicazioni per sistemi embedded	10,50 €
	• Analista programmatore C Specializzato in sistemi gestionali e informativi della grande distribuzione	10,50 €
	• Analista programmatore D Specializzato in applicazioni ambienti cloud	10,50 €

Figura 6

Per quanto riguarda dettagli quali ad esempio:

- scheduling e durata di ciascun work package
- attività di ciascun work package
- assegnamento delle risorse alle attività
- costo di ogni work package

rimandiamo all'allegato "Pianificazione di progetto". L'investimento iniziale complessivo per lo svolgimento dei work package sopra indicati, propedeutici per la messa in produzione, è di 36524,00 € a cui vanno sommati 1587,80 € per il prototipo per un totale di 38111,80 €. Il tempo stimato è di 21 settimane (5 mesi e una settimana circa). Lo sforzo richiesto è di 22 mesi/uomo circa.

Per il calcolo del **punto di pareggio** (break even point) consideriamo di aggiungere alle voci in Tabella 1 il costo di assemblaggio che stimiamo di circa 100 € per unità in catena di montaggio. Il costo per un singolo frigorifero diventa quindi di 1687,80 €. Supposto un prezzo di vendita di circa 2500 € il profitto è pari a 812,2 € per unità. Pertanto il numero di unità che è necessario vendere per recuperare l'investimento iniziale è pari a circa 47 unità. In Figura 7 è riportato il grafico del break even point.

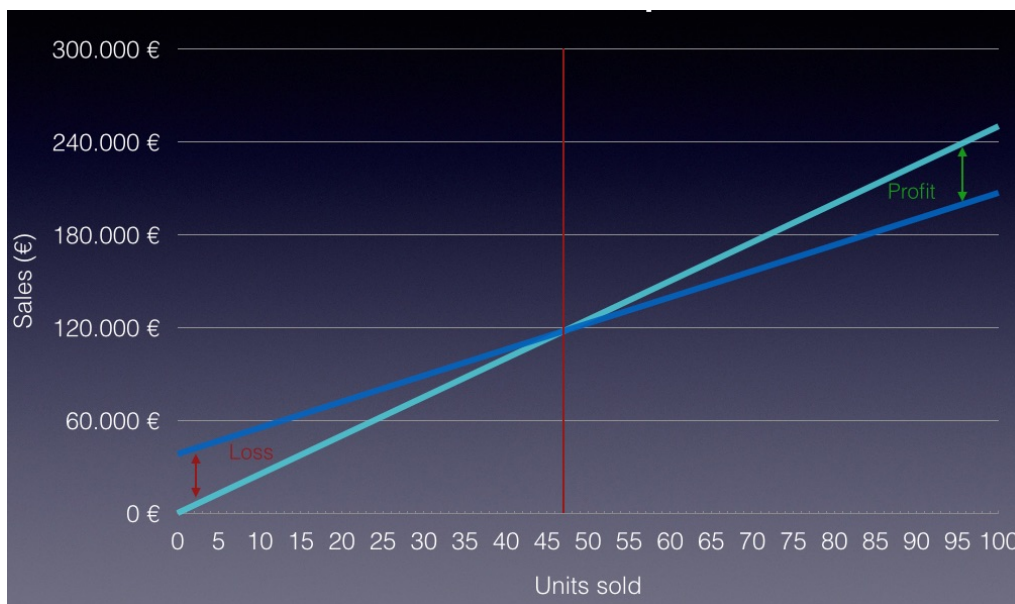


Figura 7

Questo calcolo non tiene conto del costo mensile del cloud server e del costo dell'acquisto dei sistemi di interfacciamento poiché bisognerebbe anche effettuare una stima del numero di unità vendute in un determinato lasso di tempo. Se supponiamo un costo di 30 € al mese del cloud server e supponiamo di dover installare mediamente un sistema di interfacciamento una volta al mese che ha un costo di 500 € il costo mensile diventa di 530 €. Va da se che è sufficiente vendere un frigorifero al mese per non solo rientrare delle spese ma avere anche un guadagno.

1.5 Rischi

1.5.1 Identificazione dei rischi

I rischi presenti all'interno di questo progetto, possono essere classificati sostanzialmente in sette tipologie:

1. *Tecnologia*. Rischi derivanti dalle tecnologie hardware e software che sono state impiegate per sviluppare il sistema.
2. *Persone*. Rischi correlati alle persone del team di sviluppo.
3. *Azienda*. Rischi derivanti dall'ambiente aziendale dove il software viene sviluppato.
4. *Strumenti*. Rischi derivanti dagli strumenti software e da altro software di supporto, utilizzato per lo sviluppo del sistema.
5. *Requisiti*. Rischi derivanti dai cambiamenti dei requisiti del cliente e dal processo di gestione della modifica dei requisiti.
6. *Stima*. Rischi che derivano dalla gestione delle stime delle risorse richieste per costruire il sistema.
7. *Esterni*. Rischi derivanti da soggetti o eventi esterni all'azienda.

I rischi individuati, classificati in base al tipo, sono riportati in Tabella 2.

Tipo di rischio	Rischio possibile
Tecnologia	Il database utilizzato nel cloud server non può processare il numero di transazioni al secondo che ci si aspettava.
Tecnologia	Difetti nei componenti software riusabili devono essere riparati prima che tali componenti vengano riutilizzati.
Tecnologia	Si verifica un guasto all'hardware utilizzato dal team di sviluppo.
Tecnologia	L'hardware in dotazione al team di sviluppo è obsoleto.
Persone	E' impossibile assumere delle persone con le competenze richieste.
Persone	Delle persone importanti per il progetto sono ammalate o non disponibili in momenti critici.
Persone	Non è possibile formare il personale come richiesto.
Azienda	L'azienda viene ristrutturata e un management differente è responsabile per il progetto.
Azienda	Problemi finanziari dell'azienda portano a delle riduzioni al budget del progetto.
Strumenti	Il codice generato dallo strumento software è inefficiente.
Strumenti	Gli strumenti software non lavorano assieme in maniera integrata.
Requisiti	Vengono proposte modifiche ai requisiti che richiedono maggiore lavoro di riprogettazione.
Requisiti	Il cliente non riesce a capire l'impatto dovuto alla modifica dei requisiti.
Requisiti	Funzionalità non descritte bene dai requisiti
Stima	Il tempo richiesto per lo sviluppo del sistema è sottostimato.
Stima	Il tasso di riparazione dei difetti è sottostimato.
Stima	La dimensione del software è sottostimata.
Stima	Il costo del progetto è sottostimato.
Esterni	Uno o più concorrenti commercializzano un prodotto simile al nostro prima di noi
Esterni	Ci sono difficoltà nello stipulare accordi con la grande distribuzione
Esterni	Il mercato potrebbe non sentire l'esigenza di un prodotto come questo

Tabella 2

1.5.2 Analisi dei rischi

In questa fase vengono considerati i rischi elencati precedentemente e viene assegnata loro una probabilità che tali rischi si verifichino (Tabella 3) e una gravità (Tabella 4). Il risultato è riportato in Tabella 5.

Probabilità	Valore
< 10%	Molto bassa
10-25%	Bassa
25-50%	Moderata
50-75%	Alta
>75%	Molto alta

Tabella 3

Effetto	Significato
Insignificante	Non influisce sul progetto.
Tollerabile	Piccoli ritardi entro certi limiti.
Serio	Può causare grossi ritardi.
Catastrofico	Può determinare la sopravvivenza del progetto.

Tabella 4

Rischio	Probabilità	Effetti
Problemi finanziari dell'azienda portano a delle riduzioni al budget del progetto.	Bassa	Catastrofici
E' impossibile assumere delle persone con le competenze richieste.	Alta	Catastrofici
Il tempo richiesto per lo sviluppo del software è sottostimato.	Alta	Seri
L'hardware in dotazione al team di sviluppo è obsoleto.	Moderata	Seri
Delle persone importanti per il progetto sono ammalate o non disponibili in momenti critici.	Moderata	Seri
Difetti nei componenti software riusabili devono essere riparati prima che tali componenti vengano riutilizzati.	Moderata	Seri
Vengono proposte modifiche ai requisiti che richiedono maggiore lavoro di riprogettazione.	Moderata	Seri
Funzionalità non descritte bene dai requisiti	Bassa	Seri
L'azienda viene ristrutturata e un management differente è responsabile per il progetto.	Moderata	Seri
Il database utilizzato nel sistema non può processare il numero di transazioni al secondo che ci si aspettava.	Moderata	Seri
Si verifica un guasto ad un componente hardware utilizzato dal team di sviluppo.	Moderata	Seri
Ci sono difficoltà nello stipulare accordi con la grande distribuzione.	Moderata	Seri
Il mercato potrebbe non sentire l'esigenza di un prodotto come questo.	Moderata	Seri
Gli strumenti software non lavorano assieme in maniera	Alta	Tollerabili

integrata.		
Il cliente non riesce a capire l'impatto dovuto alla modifica dei requisiti.	Moderata	Tollerabili
Il costo delle licenze degli strumenti software è sottostimato.	Moderata	Tollerabili
Non è possibile formare il personale come richiesto.	Moderata	Tollerabili
Il tasso di riparazione dei difetti è sottostimato.	Moderata	Tollerabili
Uno o più concorrenti commercializzano un prodotto simile al nostro prima di noi.	Bassa	Tollerabili
La dimensione del progetto è sottostimata.	Alta	Tollerabili
Il codice generato dallo strumento software è inefficiente.	Moderata	Insignificanti

Tabella 5

1.5.3 Pianificazione dei rischi

In questa sezione vengono elencate, in Tabella 6, per i rischi più importanti, le misure che verranno messe in atto per annullare o minimizzare gli effetti dovuti al verificarsi dei rischi stessi.

Rischio	Strategia
Problemi finanziari aziendali	Preparare un documento preventivo per la dirigenza dove viene mostrato quanto il progetto sia importante per gli obiettivi di business, e dove vengono fatte presenti le ragioni per cui i tagli al budget del progetto non sarebbero convenienti.
Problemi di assunzione	Allertare il management di potenziali difficoltà e possibili ritardi.
Personale in malattia	Riorganizzare la squadra in modo che ci sia più sovrapposizione di lavoro e la gente possa quindi capire il lavoro dei colleghi.
Componenti difettosi	Rimpiazzare componenti potenzialmente difettosi con componenti di nota affidabilità.
Cambio dei requisiti	Ricavare informazioni di tracciabilità per valutare l'impatto sul cambiamento dei requisiti; massimizzare l'information hiding nella progettazione.
Ristrutturazione aziendale	Preparare un documento preventivo per la dirigenza dove viene mostrato quanto il progetto sia importante per gli obiettivi di business.
Performance del database	Valutare la possibilità di utilizzare un database a più alte prestazioni.
Tempo di sviluppo sottostimato	Valutare l'acquisto di nuovi componenti; valutare l'utilizzo di un generatore di programmi.
Hardware obsoleto	Rimpiazzare l'hardware obsoleto con hardware aggiornato.
Difficoltà accordi grande distribuzione	Rendere più appetibile la nostra offerta dando la possibilità alla grande distribuzione di inviare offerte mirate ai propri clienti direttamente sul frigorifero o smartphone.

Assenza di interesse da parte del mercato

Creare tale interesse in particolare tramite i servizi aggiuntivi che è possibile sviluppare in collaborazione con la grande distribuzione (ad esempio spesa ordinabile direttamente dal frigorifero).

Tabella 6

2. Analisi di sistema

2.1 Introduzione

La presente sezione ha lo scopo di riportare la visione globale dell'intero documento di specifica dei requisiti.

La struttura del documento è quella suggerita dallo standard **IEEE Std 830-1998** con delle opportune modifiche e/o estensioni per poter descrivere al meglio i requisiti per questo progetto.

2.2 Obiettivo

L'obiettivo del presente documento di SRS è quello di rappresentare, nel modo più preciso, non ambiguo, consistente e comprensibile, i requisiti di un sistema embedded, per un'azienda che progetta e realizza frigoriferi intelligenti ed innovativi.

Più precisamente, la specifica dei requisiti del sistema intende esprimere esclusivamente i bisogni informativi e di comunicazione, mentre le ipotesi su come tali bisogni possano essere soddisfatti sono argomento del documento di progettazione (architettura del sistema, aspetti tecnologici...), affrontato al punto successivo di questa relazione.

2.3 Scopo

Il sistema che descriviamo è composto principalmente da tre parti:

- *Supermercato*: una parte che andrà a gestire e ad espandere il sistema informativo dei supermercati convenzionati
- *Cloud Server*: una parte per la gestione degli acquisti degli utenti, in modo da sincronizzare i dati con i vari dispositivi.
- *Frigorifero*: una parte per la gestione degli alimenti, la conservazione e la notifica della scadenza.

L'intero sistema è finalizzato alla memorizzazione delle date di scadenza dei prodotti che un cliente acquista, in modo da avvisare l'utente dei cibi prossimi alla scadenza ed evitare così lo spreco di cibo.

2.4 Inquadramento

Il frigorifero che intendiamo realizzare, di base, è dotato di tutte le caratteristiche che troviamo nella fascia alta di questo tipo di prodotti come ad esempio alta efficienza del compressore, capienza medio/grande, design accattivante, risparmio energetico avanzato.

Un punto di forza del prodotto sarà quello di tenere traccia della scadenza degli alimenti in esso contenuti in maniera quasi automatica. L'interazione dell'utente con il frigorifero avverrà principalmente mediante uno schermo touchscreen o smartphone, a seconda del modello scelto, il quale presenterà un'interfaccia semplice e intuitiva. L'utente dialogherà con un sistema sul quale sono preinstallate delle applicazioni adatte alla cucina, e potrà personalizzarlo in seguito con applicazioni aggiuntive.

Il frigorifero consentirà all'utente la consultazione di ricette per la realizzazione di pasti anche impostando come filtro gli ingredienti che sono presenti nel frigorifero stesso. Capita spesso che mentre l'utente stia preparando una ricetta non sia in grado di utilizzare il touchscreen (mani sporche di cibo) pertanto abbiamo previsto la possibilità di interazione con il nostro prodotto anche mediante comandi vocali. L'utente potrà ad esempio richiedere una

determinata ricetta mediante un comando vocale e il frigorifero potrà leggere tale ricetta per l'utente.

Per la fruizione di questi ed altri servizi sarà necessaria una connessione a Internet. Per fare in modo che il cliente veda il contenuto all'interno del frigorifero, il nostro elettrodomestico ha la parte centrale dello sportello realizzato in vetro elettrocromico. Luci a led a basso consumo per l'illuminazione interna completano il sistema.

2.5 Interfaccia sistema/utente

L'interazione con il sistema avverrà tramite il tablet integrato o l'applicazione su smartphone, entrambe possono svolgere funzioni del tutto compatibili e simili tra loro. L'utente quindi ha una buona conoscenza dei sistemi operativi per smartphone e sa come utilizzare le applicazioni e scaricarle sul dispositivo. Nonostante questo si suppone che gli utenti che operano sul sistema non dispongano, come regola, di una significativa preparazione nell'uso di strumenti informatici. Per questo motivo è importante che l'interfaccia grafica sia semplice, intuitiva e funzionale e non necessiti di particolari conoscenze informatiche. L'interfaccia deve rendere semplice ed intuitivo tutte le principali funzioni del nostro frigorifero.

2.6 Interfaccia di comunicazione

- Protocollo di accesso wireless compatibile standard IEEE 802.11a/b/g/n
- Standard di trasmissione dati per reti personali Bluetooth 4.0
- Protocolli TCP/IP
- Configurazione di rete tramite protocollo DHCP
- Protocolli di cifratura comunicazioni wireless WPA/WPA2

2.7 Protocolli applicativi

- Lettura ipertesti in formato HTML, XML
- Supporto comuni formati audio (MP3, AAC)
- Supporto notifiche PUSH
- Supporto comuni formati di immagini (BMP, JPG, TIFF, PNG, GIF)
- Supporto protocollo HTTP, HTTPS

2.8 Vincoli relativi all'occupazione di memoria

Le applicazioni software devono essere eseguite su sistemi mobili, e perciò devono ridurre al minimo il consumo di risorse hardware; lo stesso per l'applicativo che viene eseguito sul sistema del frigorifero e che gestirà tutta la parte di lettura rfid.

Il cloud server invece deve essere dotato di molta quantità di memoria in quanto è un applicativo in continua esecuzione su lato server e deve gestire molte connessioni contemporaneamente.

2.9 Vincoli per installazione

Il frigorifero non necessita di vincoli di installazione, può essere messo in qualsiasi abitazione. Il server di interfacciamento deve essere installato nei locali dei supermercati convenzionati e richiede una connessione internet permanente.

2.10 Macro funzionalità del sistema

Per ciò che riguarda la gestione semiautomatica del cibo, il funzionamento di massima del sistema è il seguente:

1. L'utente una volta che ha effettuato la spesa presso uno dei supermercati con cui abbiamo preso accordi, riceverà automaticamente sul suo smartphone la lista dei prodotti acquistati e la relativa data di scadenza (l'utente viene identificato univocamente mediante le carte fedeltà dei supermercati)
2. L'utente da questa lista può selezionare quali prodotti desidera tracciare ed inserire nel frigorifero
3. La lista determinata dall'utente viene inviata al suo frigorifero che provvederà ad associare a ciascun prodotto uno dei tag RFID che l'utente ha ricevuto in dotazione al frigorifero.
4. All'atto dell'inserimento dei prodotti nel frigorifero l'utente provvede ad applicare i relativi tag RFID determinati nel punto precedente, prendendoli da un apposito cassetto integrato.
5. Quando un prodotto viene consumato l'utente rimuoverà il relativo tag per un successivo riutilizzo e getterà il prodotto nei rifiuti. Il tag viene rimesso nell'apposito vano dove sono contenuti tutti i tag non utilizzati.
6. Il frigorifero si accorge quindi dell'assenza del prodotto e aggiorna la lista dei prodotti presenti di conseguenza
7. In caso l'utente getti per sbaglio anche il tag rfid, il sistema del frigorifero rimuove il prodotto dalla memoria dopo la scadenza di un timer interno

Inoltre supporta le seguenti funzioni:

- Impostazione della temperatura di regime
- Inserimento manuale prodotti mediante scansione codice a barre
- Impostazione delle fasce orarie per l'ottimizzazione dei consumi in funzione del costo dell'energia
- Visualizzazione dello storico dei consumi
- Selezione manuale dei prodotti acquistati da tracciare per la data di scadenza
- Consultazione dei prodotti selezionati attualmente presenti dal frigorifero o da dispositivi mobili
- Visualizzazione della data di scadenza degli alimenti con servizio di allerta
- Visualizzazione dello storico dei prodotti immessi o estratti
- Gestione lista della spesa

2.11 Caratteristiche degli utenti

Per tutti gli utenti considerati consideriamo che abbiano una conoscenza molto limitata degli strumenti informatici, anche se al giorno d'oggi tutti dispongono di uno smartphone, e quindi assumiamo che la maggior parte degli utenti conosca come interagire con uno smartphone e tablet e come usare le applicazioni.

- **Famiglia:** per questo genere di utenti occorre prevedere dei frigoriferi ad alta capacità e in grado di gestire più utenti e più carte fedeltà di vari supermercati. Le carte fedeltà possono essere condivise tra i componenti della famiglia.

- **Utente con smartphone:** l'utente in questione utilizza lo smartphone per comunicare con il sistema del frigorifero e riceve le notifiche della scadenza dei prodotti acquistati su di esso.
- **Utente senza smartphone:** la gestione del sistema avviene tramite il tablet integrato dove è richiesta una interazione con l'utente maggiore. Le notifiche, o altre funzionalità, saranno mostrate sul display. La spesa elettronica viene inviata lo stesso al frigorifero tramite la connessione ad internet.

2.12 Requisiti da analizzare in futuro

In questa sezione specifichiamo i requisiti che saranno implementati successivamente alla data di lancio del prodotto, grazie all'approccio modulare dei moderni sistemi software. Queste funzionalità riguardano il lato software del sistema.

- Consultazione di ricette anche sulla base dei prodotti in scadenza
- Assistente vocale
- Store online per effettuare la spesa con supermercati convenzionati
- Acquisto automatico dei prodotti esauriti
- Consultazione lista geolocalizzata dei supermercati convenzionati
- Ricezione offerte dedicate dai supermercati convenzionati

2.13 Specifica dei requisiti

- **Requisiti funzionali:** sono i requisiti che descrivono ciò che il sistema deve fare. Essi costituiscono la ragione stessa per la quale il sistema viene sviluppato.
- **Requisiti non funzionali:** esprimono le proprietà oppure le qualità che il sistema deve possedere.

2.13.1 Requisiti funzionali (hw e sw)

In questa sezione vengono descritti i requisiti funzionali divisi per tipologia (Tabella 7). Il sistema nella sua interezza è composto da varie parti e moduli, ognuno di essi richiede una adeguata lista di requisiti funzionali.

Tipologia	Descrizione
Frigorifero	Deve ricevere la lista della spesa dal Cloud Server, con le relative date di scadenza dei prodotti acquistati.
Frigorifero	Deve avvisare il cliente della scadenza dei prodotti tramite notifiche sul tablet integrato e/o sullo smartphone.
Frigorifero	Deve impostare la temperatura richiesta dall'utente e renderla uniforme all'interno dei vani.
Frigorifero	Deve garantire l'inserimento manuale dei prodotti tramite lettura del codice a barre tramite la webcam integrata sul tablet o quella sullo smartphone.
Frigorifero	Gestione del risparmio energetico.
Frigorifero	Deve garantire l'isolamento termico dei vani.

Frigorifero	Deve garantire l'apertura corretta degli sportelli del frigorifero e congelatore.
Frigorifero	Lo sportello centrale deve essere realizzato in vetro elettrocromico con opacità massima in condizioni di funzionamento normale. La modalità trasparente avviene quando il cliente tocca la maniglia, tramite sensore di sfioramento.
Frigorifero	Fa uso della tecnologia rfid per la gestione delle scadenze dei prodotti, tramite l'applicazione dei tag sui prodotti.
Frigorifero	Ha un vano per conservare i tag rfid non utilizzati.
Frigorifero	Deve registrare e mantenere in memoria la lista dei tag inutilizzati.
Frigorifero	Deve associare ciascun prodotto della lista della spesa ricevuta con l'identificativo di un tag inutilizzato.
Frigorifero	Deve leggere i tag all'interno dei vani, differenziando da quelli associati da quelli non associati, nel momento in cui si chiude lo sportello.
Frigorifero	Deve riconoscere i prodotti consumati quando si riposiziona un tag associato nell'apposito cassetto dei tag.
Frigorifero	Deve riconoscere i prodotti consumati anche se si perde il tag.
Frigorifero	Deve poter garantire l'aggiunta di altri nuovi tag, in maniera automatica.
Frigorifero	Deve permettere la modifica della lista della spesa tramite tablet integrato.
Frigorifero	Deve permettere eventuali modifiche di associazione dei tag tramite il tablet integrato.
Frigorifero	Deve consentire la registrazione di più carte fedeltà tramite lettura codice a barre o numero delle stesse.
Frigorifero	Deve consentire la rimozione o aggiunta successiva delle carte fedeltà.
Frigorifero	Deve associare uno o più smartphone degli utenti.
Frigorifero	Deve consentire la rimozione o aggiunta successiva di associazioni con gli smartphone.
Frigorifero	I tag devono essere ben visibili e riconoscibili.
Frigorifero	Deve essere tollerante agli errori che può provocare involontariamente l'utente.
Frigorifero	Deve potersi collegare ad internet per scaricare le informazioni, oppure tramite bluetooth con lo smartphone del cliente.
Frigorifero	Deve predisporre di una funzione di ritorno alle impostazioni di fabbrica.
Utente	Deve poter gestire il frigorifero tramite smartphone o tablet integrato.
Utente	Deve poter ricevere la lista della spesa sullo smartphone o tablet.
Utente	Deve poter modificare la lista della spesa ricevuta selezionando solo i prodotti per cui intende tracciare la scadenza.
Utente	Visualizza su smartphone o tablet le associazioni tra tag e prodotti.
Utente	Deve poter applicare i tag con facilità sui prodotti.
Utente	Deve configurare il frigorifero in maniera semplice e intuitiva alla prima accensione.

Utente	Deve poter ricevere della documentazione chiara per la gestione del prodotto.
Utente	Deve usare l'intero sistema con funzioni chiare e intuitive
Utente	Deve poter visualizzare gli storici delle spese effettuate.
Utente	Deve poter utilizzare il sistema anche senza connessione internet o senza smartphone.
Supermercato	Deve avere un sistema informativo per la memorizzazione delle date di scadenza, prezzi, ordini e prodotti.
Supermercato	Deve tenere traccia degli acquisti fatti dai clienti.
Supermercato	Deve tenere traccia dei clienti tramite carta fedeltà.
Server interfaccia	Deve essere collegato al sistema informativo del supermercato.
Server interfaccia	Deve eseguire delle interrogazioni sul database del sistema informativo locale per prelevare gli acquisti dei clienti.
Server interfaccia	Deve prelevare le date di scadenza dei prodotti e associarle ai prodotti acquistati.
Server interfaccia	Deve avere accesso alle informazioni dei clienti registrati tramite carta fedeltà.
Server interfaccia	Ad ogni acquisto fatto da un cliente registrato deve inviare lo scontrino virtuale e le date di scadenza al cloud server.
Cloud Server	Riceve le informazioni dai vari server di interfacciamento, memorizzando per ogni cliente registrato con carta fedeltà ciò che ha acquistato e le relative date di scadenza.
Cloud Server	Deve memorizzare l'identificativo dei frigoriferi venduti e associarli con gli smartphone dei clienti che hanno acquistato quel prodotto.
Cloud Server	Deve inviare, quando necessario, gli aggiornamenti degli acquisti dell'utente ai vari dispositivi associati.

Tabella 7

2.13.2 Requisiti non funzionali

I requisiti non funzionali non sono collegati direttamente con le funzioni implementate dal sistema, ma piuttosto alle modalità operative e di gestione. In sintesi, essi definiscono i vincoli sullo sviluppo del sistema. L'elenco è riportato in Tabella 8.

Tipologia	Tipo requisito	Descrizione
Cloud Server	Affidabilità e robustezza	Il sistema deve gestire le interruzioni accidentali delle connessioni mantenendo i dati nel database sempre coerenti anche se non completi e permettendo all'utente di riconnettersi per completare/modificare i dati.
Sistema	Affidabilità e robustezza	Il sistema deve gestire in modo opportuno ogni azione o dato errati dell'utente senza smettere di funzionare (crash del sistema).
Cloud Server	Sicurezza	Gestire in maniera appropriata i dati sensibili e la privacy, con opportune tecniche di criptazione dei dati.
Sistema	Sicurezza	Utilizzare protocolli di comunicazione sicuri per le transizioni (ad esempio S-HTTP).
Sistema	DataBase	Il DB utilizzato dovrà essere un DB relazionale con supporto all'interfaccia SQL (Structured Query Language).
Software	Manutenibilità	Il codice sorgente deve essere scritto secondo le regole della "buona programmazione". Cioè adeguatamente commentato, indentato, con identificatori auto-esplicativi.
Sistema	Manutenibilità	Scrivere la documentazione per rigenerare e re-installare il sistema.
Sistema	Prestazionale	Il sistema deve garantire una comunicazione veloce tra i componenti ed i moduli del sistema stesso.
Frigorifero	Prestazionale	Il vetro elettrocromico deve diventare completamente trasparente al più in 3 secondi
Frigorifero	Prestazionale	Il ripristino della temperatura interna deve essere fatto nel più velocemente tempo possibile, in base alla possibilità del compressore installato.
Frigorifero	Prestazionale	Accendere i lettori dei tag alla chiusura dei rispettivi sportelli, lasciarli spenti negli altri momenti, in modo da favorire il risparmio energetico.
Frigorifero	Affidabilità e robustezza	Ad ogni apertura dello sportello, o al tocco della maniglia, la luce interna deve accendersi
Frigorifero	Usabilità	Il sistema dovrà presentare un'interfaccia utente semplice che lo guidi nelle scelte e nell'introduzione dei dati. Dovrà essere disponibile una funzione di Help che aiuti l'utente a capire le funzionalità. Le notifiche devono essere chiare e devono invogliare l'utente a consumare il prodotto in scadenza.

Tabella 8

2.14 Specifiche di sistema

- Tablet con display LCD, risoluzione almeno 1024x768, 16,8 milioni di colori
- Sensore di sfioramento integrato nella maniglia
- Webcam integrata
- Single board computer
- Adattatore wireless integrato
- Microfono e altoparlanti integrati
- Due lettore RFID UHF
- Cassetto con lettore RFID per i tag non associati ai prodotti
- Porta in vetro elettrocromico
- Dimensioni massime (LxAxP): 80x190x80 cm
- Tag rfid sola lettura
- Server Cloud
- Server di interfacciamento di adeguata potenza di calcolo in base al sistema informativo installato sul supermercato

2.15 Specifiche software

2.15.1 Inizializzazione

Il frigorifero, al primo avvio, viene configurato tramite il tablet integrato. Controlla che sia presente una connessione Wi-Fi e chiede la relativa password di rete. Una volta connesso ad internet, chiede all'utente di inserire le carte fedeltà tramite lettura del codice a barre (o inserimento manuale del codice). Il frigorifero poi deve riconoscere eventuali smartphone associati al sistema, chiede all'utente di scaricare l'app dedicata e l'associazione viene fatta tramite la connessione Wi-Fi in rete locale. Ogni frigorifero ha un identificativo, così come ogni smartphone. Qualora il cliente scelga di comprare un frigorifero senza tablet, la configurazione iniziale viene fatta tramite smartphone in maniera analoga a quanto descritto sopra.

2.15.2 Smartphone

L'app viene usata per gestire le funzionalità del frigorifero e la spesa. Al momento del pagamento al supermercato il cliente riceve una notifica push su smartphone con la lista dei prodotti acquistati, già filtrata con quelli da inserire nel frigorifero. L'utente può modificare la lista a suo piacimento sui prodotti per i quali desidera mantenere traccia della data di scadenza, dopodiché invia la lista al frigorifero (anche via rete 3G). Ulteriori menu mostrano la gestione del frigorifero, consumo energetico, ricette dedicate, contenuto e così via. Ulteriori notifiche arrivano quando un prodotto sta per scadere.

2.15.3 Frigorifero

Il tablet integrato sul frigo esegue quasi le stesse funzioni dello smartphone. Deve sincronizzarsi con il cloud server per ricevere la lista della spesa modificata dall'utente, ed esegue l'associazione tra tag e prodotto. I tag sono inseriti in uno scompartimento separato, dove un lettore controlla quali e quanti tag sono inutilizzati. Quando il sistema riceve la lista esegue una associazione virtuale tra l'identificativo di un tag inutilizzato ed un prodotto acquistato. L'utente estrae i tag dalla vaschetta, i quali hanno stampato un numero di serie facile da notare, e controlla l'associazione sul tablet o su smartphone per poi applicare i tag sui giusti prodotti. I tag inutilizzati rimarranno nella vaschetta, mentre quelli in uso saranno all'interno del frigorifero. Ogni volta che la porta del frigo viene chiusa il sistema legge il

contenuto all'interno, tramite un lettore rfid posizionato alla base dello stesso, e può riconoscere quali prodotti (e quindi quali tag) sono stati tolti o inseriti di nuovi, andando a leggere gli identificativi dei tag e controllando le associazioni fatte in memoria. Quando un prodotto viene estratto, ossia il sistema controlla nel suo database interno la lista dei prodotti scansionati in passato che sia conforme con la lista dei prodotti contenuti realmente all'interno del frigorifero, scatta un timer interno impostato a 6 ore, alla scadenza del quale il sistema considera il prodotto come consumato e rimuove anche l'identificativo del tag dalla memoria di sistema (in modo da non riutilizzarlo in futuro). Il timer viene disattivato se il tag associato al prodotto viene reimmesso nell'apposito cassetto in modo da considerare il prodotto come consumato. Il timer è necessario nell'eventualità che il client perda il tag o si dimentichi di riposizionarlo nel cassetto. Se non ci fosse connessione ad internet o l'utente non avesse smartphone o per qualsiasi altro problema, l'associazione può essere fatta manualmente passando il codice a barre del prodotto davanti alla webcam.

2.15.4 Supermercato

Il supermercato è dotato di un suo sistema informatico interno dove associa i codici a barre dei prodotti al prezzo, ed è usato sia dalla casse tradizionali, sia dalle casse automatiche che ora stanno diventando sempre più frequenti. In base agli accordi che la nostra azienda prenderà con il supermercato in questione, è possibile interfacciarsi al loro sistema informatico tramite un nostro server proprietario che sarà una interfaccia verso il cloud server. E' richiesto che ad ogni codice a barre venga inserito anche la data di scadenza prelevata dai lotti. Lotti diversi avranno date di scadenza diverse a parità dello stesso codice a barre, noi registreremo nel database locale solo la data inferiore. Quando viene effettuato un acquisto il server interfaccia preleva dal sistema informativo le informazioni necessarie (identificativo e data di scadenza) insieme alla carta fedeltà. Interroga il cloud server per sapere se il cliente è registrato correttamente sui nostri servizi ed invia i dati al cloud, che il cliente riceverà sul proprio smartphone tramite notifica.

3. Progetto architettonico – partizionamento hardware software

3.1 Analisi del prodotto

Il frigorifero che intendiamo realizzare, di base, è dotato di tutte le caratteristiche che troviamo nella fascia alta di questo tipo di prodotti come ad esempio alta efficienza del compressore, capienza medio/grande, design accattivante, risparmio energetico avanzato.

Un punto di forza del prodotto sarà quello di tenere traccia della scadenza degli alimenti in esso contenuti in maniera quasi automatica. L'interazione dell'utente con il frigorifero avverrà principalmente mediante uno schermo touchscreen o smartphone, a seconda del modello scelto, il quale presenterà un'interfaccia semplice e intuitiva. L'utente dialogherà con un sistema sul quale sono preinstallate delle applicazioni adatte alla cucina, e potrà personalizzarlo in seguito con applicazioni aggiuntive.

Il frigorifero consentirà all'utente la consultazione di ricette per la realizzazione di pasti anche impostando come filtro gli ingredienti che sono presenti nel frigorifero stesso. Capita spesso che mentre l'utente stia preparando una ricetta non sia in grado di utilizzare il touchscreen (mani sporche di cibo) pertanto abbiamo previsto la possibilità di interazione con il nostro prodotto anche mediante comandi vocali. L'utente potrà ad esempio richiedere una determinata ricetta mediante un comando vocale e il frigorifero potrà leggere tale ricetta per l'utente.

Per la fruizione di questi ed altri servizi sarà necessaria una connessione a Internet. Per fare in modo che il cliente veda il contenuto all'interno del frigorifero, il nostro elettrodomestico ha la parte centrale dello sportello realizzato in vetro elettrocromico. Luci a led a basso consumo per l'illuminazione interna completano il sistema.

Per ciò che riguarda la gestione semiautomatica del cibo, il funzionamento di massima del sistema è il seguente:

1. L'utente una volta che ha effettuato la spesa presso uno dei supermercati con cui abbiamo preso accordi, riceverà automaticamente sul suo smartphone la lista dei prodotti acquistati e la relativa data di scadenza (l'utente viene identificato univocamente mediante le carte fedeltà dei supermercati)
2. L'utente da questa lista può selezionare quali prodotti desidera tracciare ed inserire nel frigorifero
3. La lista determinata dall'utente viene inviata al suo frigorifero che provvederà ad associare a ciascun prodotto uno dei tag RFID che l'utente ha ricevuto in dotazione al frigorifero.
4. All'atto dell'inserimento dei prodotti nel frigorifero l'utente provvede ad applicare i relativi tag RFID determinati nel punto precedente, prendendoli da un apposito cassetto integrato.
5. Quando un prodotto viene consumato l'utente rimuoverà il relativo tag per un successivo riutilizzo e getterà il prodotto nei rifiuti. Il tag viene rimesso nell'apposito vano dove sono contenuti tutti i tag non utilizzati.
6. Il frigorifero si accorge quindi dell'assenza del prodotto e aggiorna la lista dei prodotti presenti di conseguenza
7. In caso l'utente getti per sbaglio anche il tag rfid, il sistema del frigorifero rimuove il prodotto dalla memoria dopo la scadenza di un timer interno

L'architettura in cui opererà il frigorifero è quella riportata in Figura 8.

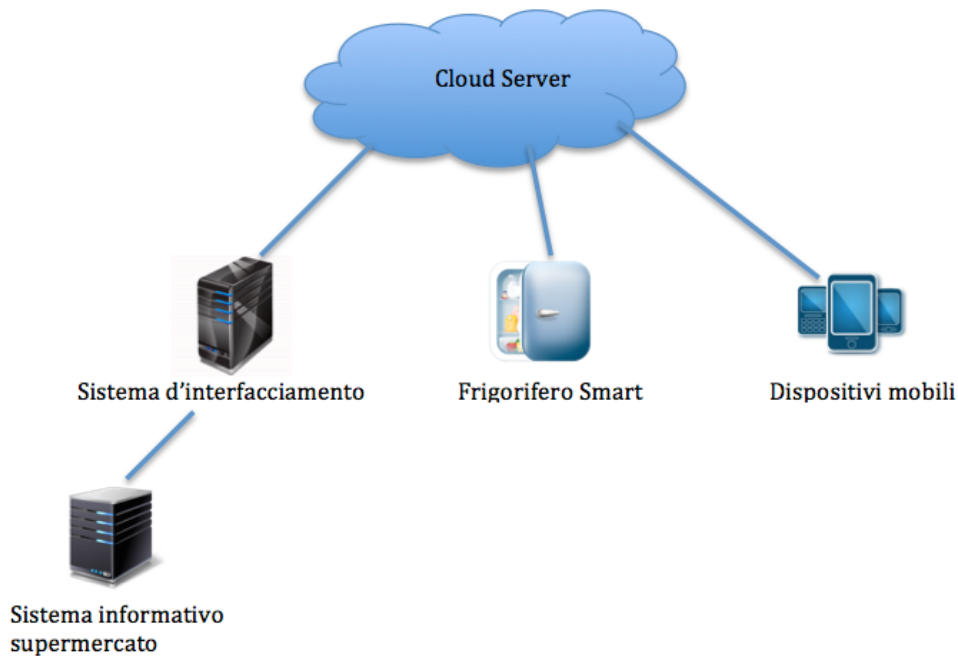


Figura 8

Riprendendo quanto detto sopra, nel momento in cui l'utente ha appena pagato la spesa alla cassa, il **sistema informativo del supermercato** comunica al **sistema di interfacciamento** tale evento e quest'ultimo interrogherà il sistema informativo del supermercato per recuperare la lista dei prodotti acquistati con le relative date di scadenza. A questo punto la lista viene inviata al **cloud server** che la inoltrerà sullo smartphone dell'utente per la conferma. Una volta che l'utente conferma la lista, quest'ultima viene nuovamente inviata verso il cloud server che la inoltrerà al frigorifero dell'utente. Infine il frigorifero assocerà i tag RFID disponibili ai prodotti della lista in modo che l'utente li possa applicare ai prodotti in fase di inserimento degli stessi nel frigorifero. In questa soluzione il **cloud server** ha il compito di sincronizzare i dati tra i vari moduli in modo da rendere la procedura del tutto automatizzata e trasparente per l'utente. Mediante dispositivi mobili quali tablet e smartphone l'utente potrà accedere alle funzionalità del proprio frigorifero quali ad esempio controllare il contenuto dello stesso oppure verificare l'andamento dei consumi. Il sistema di interfacciamento ha l'obiettivo di rendere compatibili i diversi sistemi informativi dei vari supermercati con il cloud server. Per questo motivo il protocollo di comunicazione appena esposto tra il sistema informativo del supermercato e il sistema di interfacciamento è di fatto un esempio e potrebbe variare da supermercato a supermercato. Il sistema di interfacciamento consente quindi di definire un protocollo di comunicazione unico di tra il cloud server e i supermercati. Il sistema di interfacciamento andrà dimensionato in funzione del numero di clienti che un supermercato serve mediamente ogni giorno. Il possesso di uno smartphone o altro dispositivo mobile non è strettamente necessario poiché è possibile eventualmente confermare la lista mediante il tablet integrato nel frigorifero. E' chiaramente prevista una veloce configurazione iniziale del prodotto in modo da identificare e registrare correttamente i possessori dello stesso con le relative carte fedeltà. Nel dettaglio, ad ogni frigorifero è associata una o più carte fedeltà, da registrare con l'apposito tablet integrato; e ad ogni frigorifero è associato una lista di utenti. In questo modo tutti i componenti di una famiglia tradizionale possono usare la stessa carta fedeltà.

Mentre per la gestione dei tag RFID dotiamo il frigorifero di due lettori UHF, uno installato alla base del prodotto con un range molto ampio in modo che possa coprire tutto il volume (Lettore A), ed uno installato nel cassetto dei tag inutilizzati (Lettore B), con un range di qualche decina di centimetri. I tag RFID saranno di tipo passivo con frequenza UHF, in modalità lettura. I due lettori vengono attivati esclusivamente alla chiusura di uno degli sportelli del frigo, mentre saranno spenti negli altri momenti, in modo da non consumare energia. Nel momento in cui il sistema riceve la lista della spesa da parte dell'utente viene associato virtualmente l'id del tag con il prodotto, fino ad esaurimento della lista. L'utente estrae dal cassetto i tag, controllando l'associazione numero - prodotto dal tablet o smartphone, li applica ai prodotti e li inserisce nel frigorifero. Il cassetto porta tag viene richiuso, ed il lettore B scansiona il suo contenuto, avvisando che il sistema della variazione con la lettura precedente. Alla chiusura dello sportello principale si attiva (successivamente) il Lettore A che legge tutti i tag presenti (anche quelli nel cassetto) ma riconosce quali sono quelli usati tramite le associazioni virtuali contenute nella memoria di sistema. Una volta che il prodotto è esaurito l'utente riposiziona il tag nel cassetto, il lettore B si accorge del nuovo tag immesso, controlla l'associazione in memoria e rimuove tale associazione.

Ricapitolando i passi sono questi:

- Alla ricezione via software della lista della spesa il sistema esegue un'associazione virtuale tra i tag inutilizzati ed i prodotti acquistati.
- L'utente rimuove i tag e alla chiusura del cassetto il Lettore B controlla il nuovo contenuto, segnando le differenze con la lettura precedente.
- Alla chiusura dello sportello principale si attiva il Lettore A che controlla quali prodotti sono all'interno e quanti sono stati rimossi (attivando un timer).

In Figura 9 è mostrata, qualitativamente, la disposizione dei lettori RFID nel frigorifero.



Figura 9

3.2 La scelta dell'architettura di riferimento per il frigorifero smart

In questa fase siamo partiti dai requisiti specificati in precedenza e abbiamo condotto delle ricerche per trovare l'architettura e le componenti che ci consentissero di portare a termine gli obiettivi prefissati. Durante questa ricerca abbiamo anche preso spunto da soluzioni che i nostri concorrenti hanno adottato.

La distinzione tra parte hardware e software non ha presentato dunque nulla di innovativo; si è dovuto infatti operare una scelta di un'architettura esistente (o di più moduli architetturali, alcuni hardware, altri software), lasciando le scelte implementative a passi successivi, per la realizzazione dei moduli aggiuntivi.

Si è trattato dunque di scegliere un'architettura hardware e di applicare a questa un sistema operativo, che possibilmente comprenda il maggior numero possibile di funzionalità e possibilmente anche un livello applicativo completo.

In particolare abbiamo deciso di utilizzare un tablet dedicato all'interazione con l'utente e un single board computer dedicato controllo del frigorifero.

L'immagine dell'architettura è riportata in Figura 10. Nel seguito andremo ad analizzare le singole componenti e a determinare quali prodotti scegliere tra quelli attualmente in commercio.

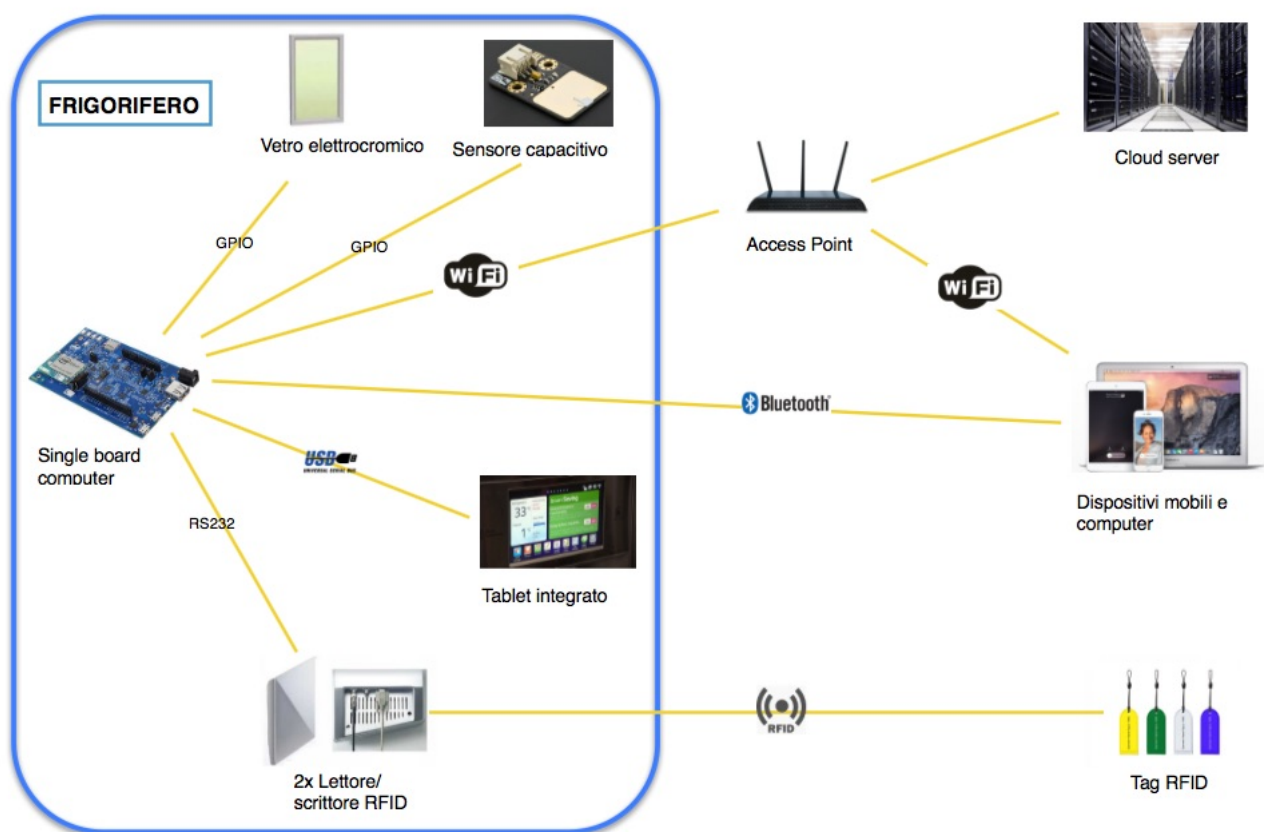


Figura 10

3.3 Single Board Computer

Per l'integrazione del sistema informativo all'interno del frigorifero e per il suo controllo abbiamo pensato di utilizzare un single board computer (SBC). Un computer single-board è un computer costruito su un singolo circuito stampato, dotato di microprocessore, memoria,

input/output e altre funzionalità aggiuntive. I computer single-board vengono utilizzati per lo sviluppo e/o dimostrazioni di sistemi, o come controllori nei sistemi embedded. Il nostro SBC avrà il compito di ricevere i comandi dell'utente mediante il tablet, controllare gli attuatori e i sensori del frigorifero e comunicare con il cloud server.

In commercio esistono moltissimi prodotti di questo tipo. I più famosi sono ad esempio Raspberry Pi, BeagleBone, Arduino Uno. Per la scelta della SBC più adatta al nostro progetto abbiamo considerato diversi fattori:

- Dimensioni
- Performance
- Connettività wireless integrata
- Consumi
- Supporto per il real time
- Supporto tool di sviluppo
- Supporto shield aggiuntivi

A seguito di svariate ricerche abbiamo scelto di adottare l'SBC Intel Edison. Nel settembre 2014 Intel ha annunciato la versione 2 di Intel Edison. Le sue dimensioni sono di 35.5 x 25 x 3.9 mm con i componenti saldati su entrambi i lati della scheda. E' presente un SoC (System on a Chip) Intel Atom "Tangier" (Z34XX) che include due core Silvermont alla frequenza di 500 MHz e un core Intel Quark a 100 MHz per l'esecuzione del sistema operativo real time ViperOS. Il SoC ha un 1 GB di memoria RAM integrata nel package. E' presente inoltre una memoria flash eMMC da 4 GB e i controllori per Wi-Fi, Bluetooth 4 e USB. La scheda ha un connettore a 70-pin con UBS, SD, UARTSs (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), GPIOs (General Purpose Input/Output). Il consumo è inferiore a 1 Watt. Il sistema operativo eseguito è Yocto Linux con supporto dei tool di sviluppo quali Arduino IDE, Eclipse (C, C++, Python), Intel XDK (NodeJS, HTML5) e Wolfram.

Un valore aggiunto di questa board, come detto sopra, è dato dal supporto hardware dedicato per il real time. Ciò ci sarà utile ad esempio per il monitoraggio dei sensori di temperatura all'interno del frigorifero e per il controllo degli attuatori del compressore.

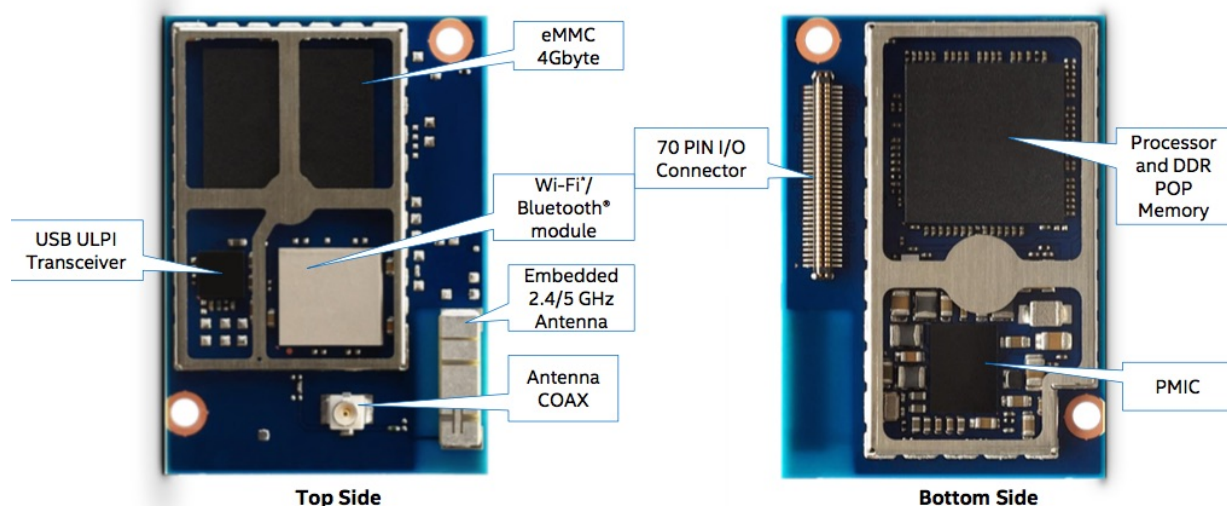


Figura 11

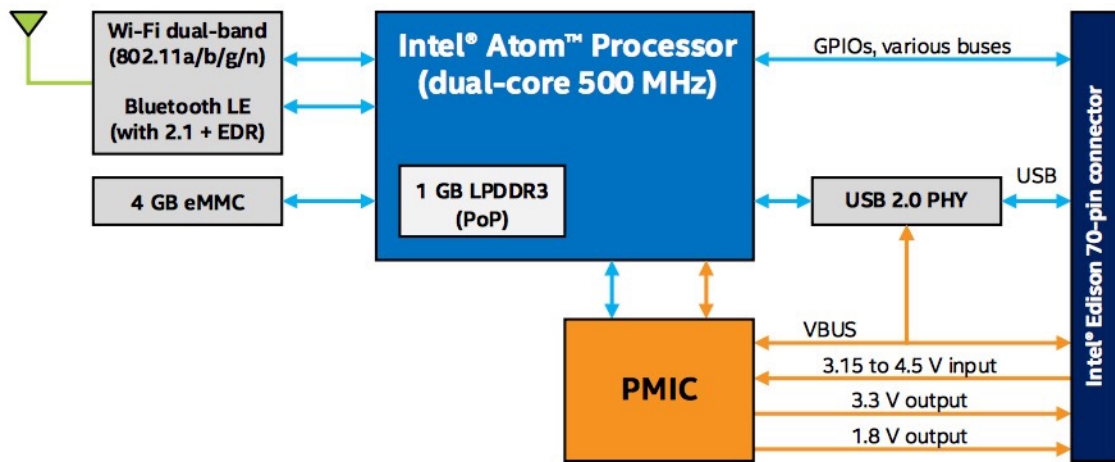


Figura 12

La Figura 11 mostra le foto dell'Intel Edison mentre in Figura 12 è riportato lo schema a blocchi. In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è rappresentato lo schema a blocchi dello stack software.

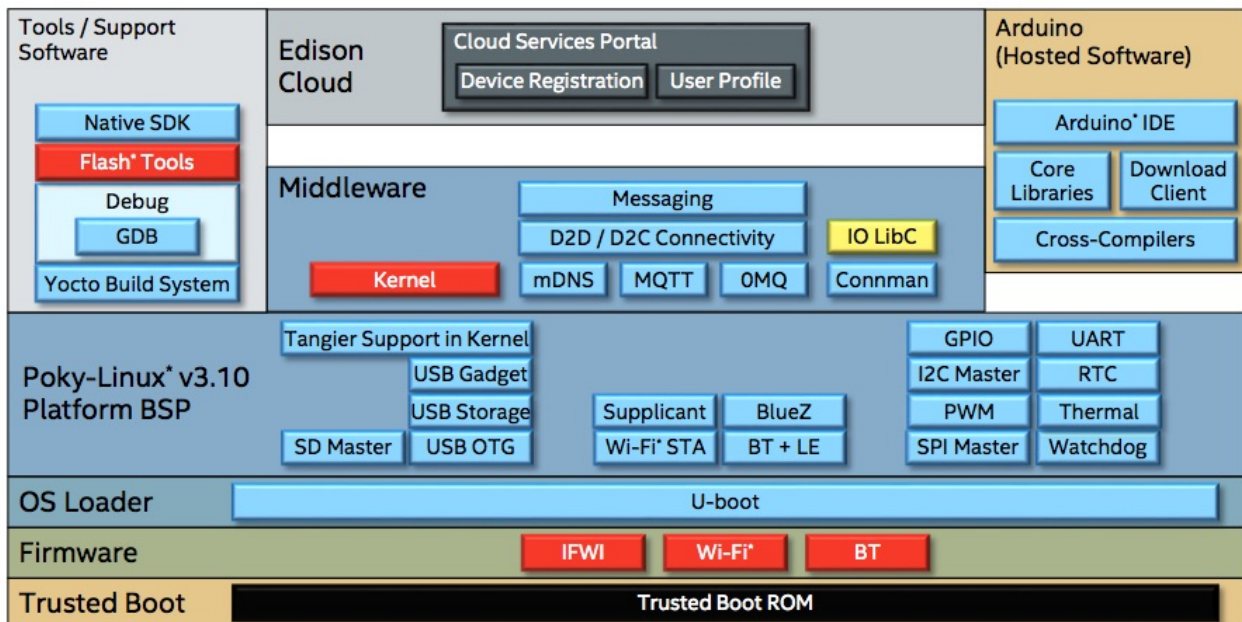


Figura 13

E' possibile ampliare le funzionalità di Intel Edison mediante l'aggiunta di board di espansione. In questo progetto faremo uso dell'"Arduino breakout kit" (Figura 14) che ha l'utilità di rendere possibile l'installazione di shield compatibili con Arduino. Nella Figura 15 è riportato lo schema a blocchi della breakout board.

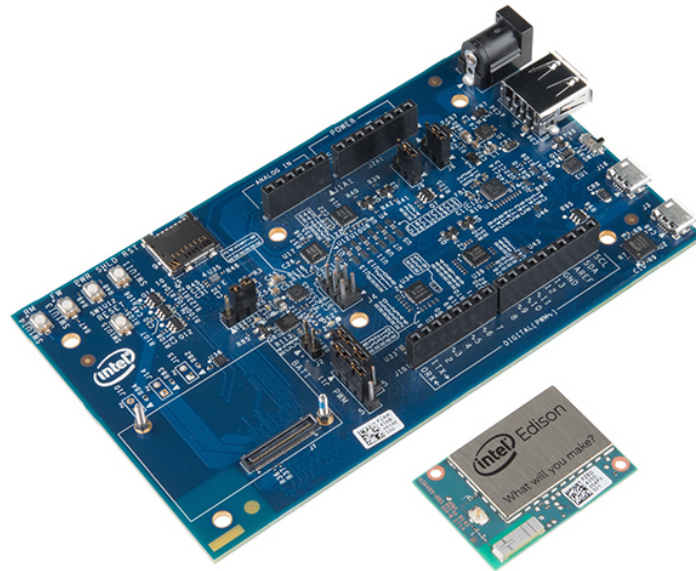


Figura 14

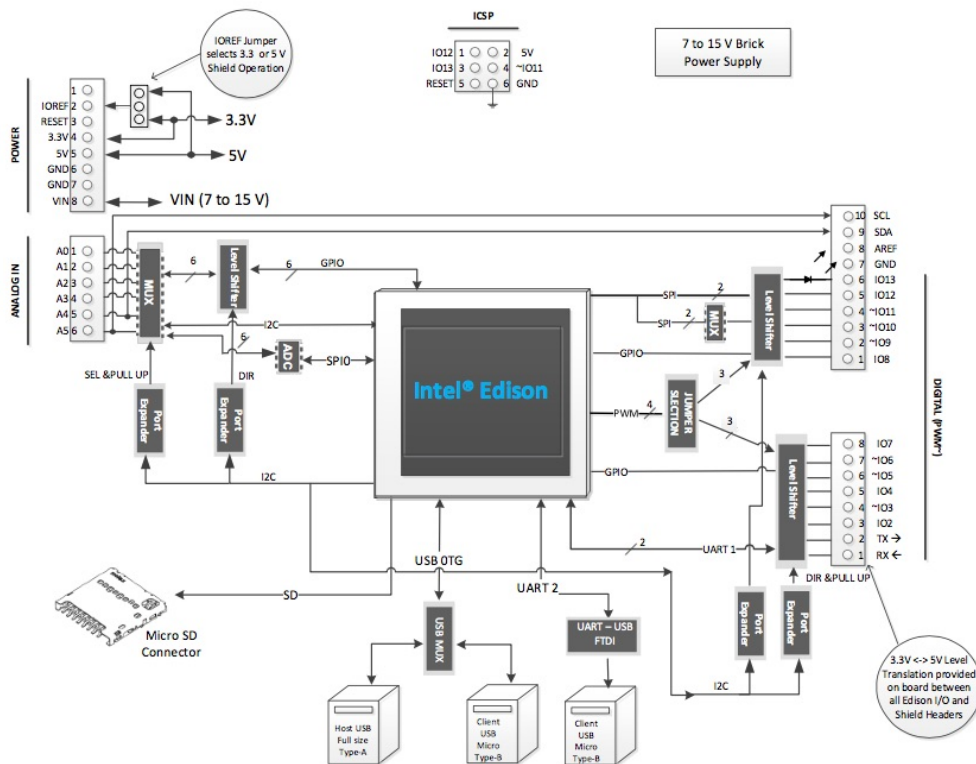


Figura 15

3.4 Tablet

Per l'interazione con il frigorifero abbiamo deciso di adottare un tablet dotato di sistema operativo Android collegato via USB all'Intel Edison. La scelta su questo tipo di prodotto è motivata dalla grande varietà di modelli presenti sul mercato e dalla flessibilità che offre il sistema operativo Android che è basato su Linux. In particolare la nostra scelta è ricaduta sul Lenovo A7-40 (Figura 16), di cui riportiamo le specifiche tecniche (Figura 17) che soddisfano i requisiti richiesti.



Figura 16

Marca	Lenovo
serie	Ideatab A7-40 A3500-FL Wi-Fi 8GB
colore	Nero
Peso articolo	313 g
Dimensioni prodotto	12 x 19 x 0,9 cm
Pile:	1 Litio Ioni pile necessarie. (includere)
Numero modello articolo	59410286
Fattore di forma	Slate
Dimensioni schermo	7 pollici
Tecnologia di visualizzazione PC portatile	wxga
Risoluzione schermo	1280 x 800
Max. risoluzione schermo	1280x800
Marchio processore	MTK
Velocità processore	1.3 GHz
Numero processori	4
Dimensioni RAM	1024 MB
Memoria massima supportata	1 GB
Dimensioni Hard-Disk	8
Descrizione Hard-Disk	EMCP
Dettagli audio	3.5 mm
Tipo wireless	802.11bgn
Numero di porte USB 2.0	1
Sistema operativo	Android 4.2
Tipo di batteria	Lithium-Ion (Li-Ion)
La vita media della batteria (in ore)	7.5 ore
Capacità della batteria al litio	36 watt_hours
Confezione della batteria al litio	Pile in dotazione nella confezione
Peso della batteria al litio	50 grammi

Figura 17

3.5 Dispositivi RFID

Un sistema RFID è costituito da tre elementi fondamentali:

1. Un apparecchio di lettura e/o scrittura (lettore).
2. Uno o più etichette RFID (o tag o Transponder)
3. Sistema informativo di gestione dei dati per il trasferimento dei dati da e verso i lettori.

L'etichetta RFID può essere attiva, passiva, semi-passiva o semi-attiva. Se è attiva, dispone di:

- una batteria per alimentarla
- una o più antenne per inviare il segnale di lettura e ricevere le risposte anche su frequenze diverse
- uno o più transponder/tag RFID e possono contenere sensori.
- in genere hanno distanze operative maggiori dei tag passivi ed in genere arrivano al massimo a 200m

Se è passiva: contiene semplicemente un microchip (con identificativo univoco ed eventuale memoria), privo di alimentazione elettrica, un'antenna ed un materiale che fa da supporto fisico chiamato "substrato" e che viene "eccitato, alimentato e/o scritto" al passaggio di un lettore che emette un segnale radio a frequenze basse o medie o di alcuni gigahertz (sotto le diverse bande usate). La radiofrequenza attiva il microchip e gli fornisce l'energia necessaria a rispondere al lettore, ritrasmettendogli un segnale contenente le informazioni memorizzate nel chip ma che, come abbiamo già detto, può anche scrivere dati sul tag.

Se semi-passiva: è dotata di batteria usata solo per alimentare il microchip o apparati ausiliari (sensori) ma non per alimentare un trasmettitore in quanto in trasmissione si comportano come un'etichetta RFID passiva.

Se semi-attiva: è dotata di batteria che alimenta il chip ed il trasmettitore in cui per risparmiare energia l'etichetta RFID è disattivata e viene attivata tramite un ricevitore con tecnologia dei tag passivi e quindi in assenza di interrogazioni il tag può operare per tempi lunghi.

L'elemento principale che caratterizza un sistema RFID è l'etichetta RFID o transponder o tag ed è costituito da:

- un microchip che contiene dati in una memoria (tra cui un numero univoco universale scritto nel silicio),
- una antenna,
- un supporto fisico che tiene insieme il chip e l'antenna chiamato "substrato" e che può essere in Mylar, film plastico (PET, PVC, ecc), carta o altri materiali.
- (in rari casi viene usata una batteria).

L'antenna riceve un segnale, che tramite il principio della induzione trasforma in energia elettrica, che alimenta il microchip. Il chip così attivato trasmette i dati in esso contenuti tramite l'antenna (circuiti di trasmissione del segnale) all'apparato che riceve i dati. In sintesi, un tag RFID è in grado di ricevere e di trasmettere via radiofrequenza le informazioni contenute nel chip ad un transceiver RFID.

Il Lettore emette un campo elettromagnetico/elettrico che tramite il processo della induzione genera nell'antenna del tag una corrente che alimenta il chip. Il chip così alimentato comunica tutte le sue informazioni che vengono irradiate tramite l'antenna verso il Lettore ed il Lettore, come più volte detto, può anche scrivere i dati sul tag.

Esistono numerosi tipi di tag RFID, alcuni dei quali normati da standard ISO e bande di frequenza operative ben definite che si possono riassumere brevemente in queste sotto:

- 125/134 kHz (LF Low Frequencies, valida in tutto il mondo)
- 13,56 MHz (HF High Frequencies, valida in tutto il mondo)
- 433 MHz (UHF Ultra High Frequencies bassa, solo per tag Attivi, solo in Europa)
- 860-960 MHz (UHF Ultra High Frequencies media, a seconda dei continenti che hanno potenze massime e bande di frequenze diverse)
- 2,4 GHz (UHF Alta, principalmente per attivi, anche se esistono anche tag passivi, in tutto il mondo)

- 5,8 GHz (SHF Super High Frequencies, solo tag attivi, esempio è il tag attivo "Telepass" che molti hanno nelle auto in Italia per l'accesso automatico alle Autostrade a pagamento)
- > 5,8 GHz (UWB Ultra Wide Band (3.1 GHz-10.6 GHz), solo tag Attivi)

I tag LF (125/134 kHz) ed HF (13,56 MHz) sono previsti dalle norme ISO come passivi (senza batterie) mentre per i tag RFID UHF e Ultrawide band (UWB) esistono attivi, semi-attivi e passivi.

La modalità read-only consente di utilizzare la tecnologia RFID in sostituzione del codice a barre sfruttando i seguenti vantaggi:

- Affidabilità della lettura
- Eliminazione della necessità di "vedere" l'etichetta (le etichette radio possono essere contenute all'interno dei prodotti ed essere lette anche in più esemplari contemporaneamente)
- Capacità di lavorare in ambienti contaminati e sporchi
- Capacità di resistere, con opportune protezioni, all'aggressione di agenti chimici e ambientali, di poter operare immerso in un fluido, dentro l'oggetto che si vuole identificare oppure all'interno di un altro contenitore (purché non completamente metallici)
- Possibilità di leggere, nello stesso contenitore, il codice di decine o centinaia di etichette in un lasso temporale di pochi secondi, e di trasmetterlo al sistema informativo di gestione.

I tag dotati di memorie non volatili (qualche kilobyte) possono contenere informazioni molto articolate sull'oggetto cui sono associate. La modalità read/write permette non solo una trasmissione di informazioni ma un loro aggiornamento sul chip. Il tag diventa un sistema di identificazione che può tenere traccia della storia di un prodotto fin dalla fase di lavorazione ed essere poi utilizzata in modo interattivo lungo tutta la filiera fino alla distribuzione al dettaglio e in alcuni casi sino al consumatore.

I dispositivi a noi più congeniali per il nostro sistema sono le etichette rfid UHF passive read-only, con un range di lettura fino a 3 metri, e con un codice seriale prememorizzato, date in dotazione al cliente in un certo numero sufficiente per registrare una spesa di una normale famiglia. Le etichette saranno dotate di clip o elastici per attaccarle facilmente sul prodotto. Ognuna di esse è riconoscibile tramite un numero di serie stampato sopra e sono contenute in un cassetto estraibile.

Ci affidiamo all'azienda Synometrix che ha realizzato pratici tag, come la serie SM-1085 le cui caratteristiche tecniche sono:

- IC Type: EPC Gen2 ISO/IEC 18000-6C
- Memory: 32 bit Kill Passwords / 32 bit Access Passwords / Typical 96 bits EPC Number23
- Passive UHF frequency 860~960 MHz no FCC license required
- Typical read range: up to 2 meter (with ALIEN ALR-9800)
- Dimensions: 65mm (L) x 25mm (W)
- Waterproof: Yes
- Encapsulation: PVC
- Operating Temperature: -40C to +125C
- Storage Temperature: -40C to +120C
- Standard Colours: Yellow/Green/White/Blue

- Custom: Customs Colours and Logo Printing Available



Figura 18

Epc Gen2 Electronic Product Code Generation 2 è il protocollo EPC di seconda generazione, progettato per operare a livello internazionale. I tag che seguono questo standard sono dotati di 4 banchi di memoria:

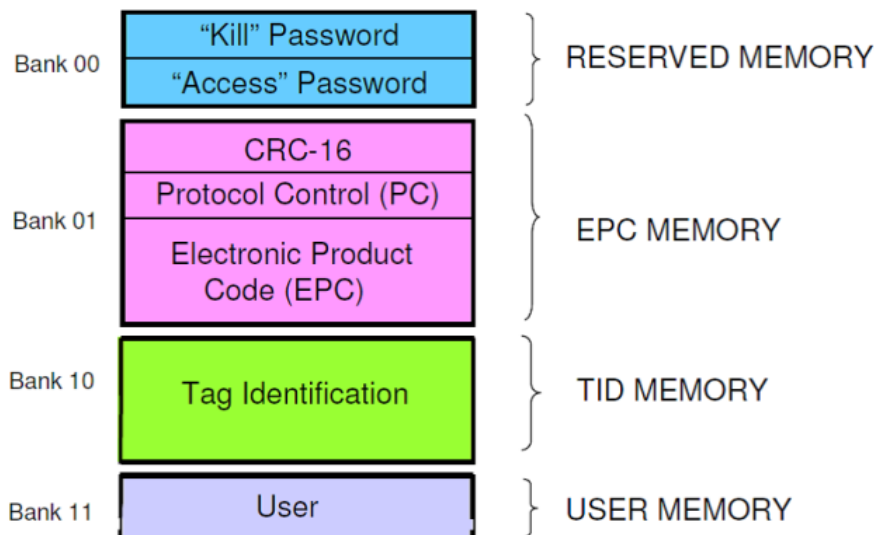


Figura 19

Reserved Memory:

- Una password di "Kill" a 32 bit che permette di rendere il tag permanentemente inutilizzabile. Il suo valore di default è zero. Il relativo comando "Kill" può solo essere eseguito se questa password è stata settata, cioè non è quella di default.
- Una password di "Access" a 32 bit che permette di impostare il tag in uno stato "sicuro", cioè i suoi blocchi di memoria possono essere acceduti in scrittura tramite la password di access. I comandi di "Access" possono essere sempre eseguiti, sempre tramite password.

EPC Memory:

- Un CRC di 16 bit calcolato su PC (Protocol Control) ed EPC; attualmente è il complemento a 1 del valore calcolato con il comune algoritmo CRC16.
- Un Protocol Control (PC) a 16 bit così composto:
 - 5 bits che indicano la lunghezza di PC + EPC
 - 2 bits RFU (002)
 - 9 bits di Numbering System Id (NSI), che può contenere un header EPC Global, oppure un AFI come definito nello standard ISO 15963
 - Un EPC (Electronic Product Code), di solito di 96 bit, identificativo univoco del tag.

TID Memory

Di sola lettura, contiene informazioni necessarie per l'identificazione del transponder come codice del produttore, modello del chip e, su alcuni modelli, un seriale univoco. In dettaglio, essa contiene:

- Un Allocation Class Identifier (AC) a 8 bit (che per i tag EPCGlobal ha valore 0xE2)
- Un Tag Mask-Designer Identifier a 12 bit
- Un Tag Model Number a 12 bit
- Il produttore può includere altre informazioni, tra cui per esempio un Serial Number.

User Memory

Una piccola memoria in lettura/scrittura di solito di 64 bit.

Usiamo poi 2 lettori rfid uhf in modalità lettura e scrittura, uno disposto alla base del frigorifero con un range di lettura molto ampio, ed uno inserito nel cassetto dei tag non utilizzati con range di lettura e scrittura di qualche decina di centimetri.

Ci affidiamo sempre all'azienda Synometrix.

Il modello SM-2701 è un lettore UHF short range da 3 a 5 metri in lettura sempre dell'azienda Synometrix, installato alla base del frigorifero in modo da coprire l'intero volume. Le specifiche tecniche:

- Anti-collision: up to 200 tags
- Mode: FHSS or fixed frequency set by software
- Transmission Power: 20dBm~30 dBm(software adjustable)
- Interface: RS232/RS485/Wiegand 26&34/TCP/IP Optional
- Trigger Port: Yes
- Power Supply: DC +9V 4A
- Power Consumption: 6W
- Net Weight: 1.04 Kg
- Dimensions: 215mm × 215mm × 75mm
- Operating Temperature: -30 to 70C

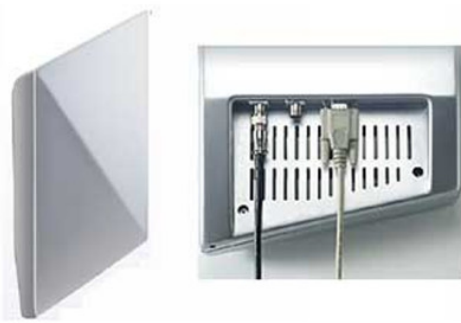


Figura 20

Per il lettore messo nel cassetto usiamo sempre lo stesso prodotto ma con una modifica del range di lettura e scrittura fino a circa 15cm, riducendo la potenza.

3.6 Sistema operativo

In base all'hardware scelto in precedenza, avremo sostanzialmente a che fare con 3 sistemi operativi di cui andremo a dare una breve descrizione nel seguito:

- Yocto Linux
- Android
- Viper OS

3.6.1 Yocto Linux

Yocto è un progetto di collaborazione open source che fornisce templates, strumenti e metodi per supportare la creazione di sistemi personalizzati basati su Linux per prodotti embedded indipendentemente dall'architettura hardware. E' supportato dai leader dell'industria dei sistemi embedded tramite più architetture (IA, ARM, PowerPC, MIPS, x86 ...). L'idea è appunto di non essere una distribuzione Linux che impone delle politiche che inevitabilmente costituiscono uno svantaggio nello sviluppo di un prodotto. Viceversa Yocto è focalizzato nel fornire un ampio grado di flessibilità e personalizzazione che è fondamentale quando si sviluppano sistemi embedded basati su Linux e bisogna avere un ottimo controllo sul software che viene eseguito. Yocto è un progetto della Linux Foundation ma essendo un progetto open source anche molte aziende contribuiscono al suo sviluppo.

I principali vantaggi del progetto Yocto sono:

- sviluppo utilizzando un comune sistema operativo Linux per tutte le principali architetture
- framework flessibile che consente il riutilizzo dello stack software per dispositivi futuri
- il cambiamento della piattaforma hardware comporta soltanto una modifica a un file di configurazione e la ricompilazione
- è dotato di un'insieme di software e librerie validate
- da l'accesso a una buona collezione di applicazioni e strumenti di sviluppo (performance, debug, analisi dei consumi, Eclipse)
- può essere utilizzato sia per la realizzazione di prototipi che di prodotti commerciali

3.6.2 Android

Sistema operativo per dispositivi mobili basato sul kernel di Linux attualmente sviluppato da Google e presentato nel 2007. Android adotta una politica di licenza di tipo open source e si basa su kernel Linux. La licenza (Licenza Apache) sotto cui è distribuito consente di modificare e distribuire liberamente il codice sorgente. Inoltre, Android dispone di una vasta comunità di sviluppatori che realizzano applicazioni con l'obiettivo di aumentare le funzionalità dei dispositivi. Queste applicazioni sono scritte soprattutto in linguaggio di programmazione Java.

Android è costituito da un Kernel basato sul kernel Linux 2.6 e 3.x (da Android 4.0 in poi), con middleware, Librerie e API scritte in C (o C++) e software in esecuzione su un framework di applicazioni che include librerie Java compatibili con librerie basate su Apache Harmony. Il kernel Linux mette a disposizione modifiche all'architettura create da Google al di fuori del ciclo di sviluppo del kernel. Android utilizza la Dalvik virtual machine con un compilatore just-in-time per l'esecuzione di Dalvik dex-code (Dalvik Executable), che di solito viene tradotto da codice bytecode Java. La piattaforma hardware principale è l'architettura ARM.

Le applicazioni sono Java-based; in effetti le applicazioni scritte in codice nativo in C/C++ devono essere richiamate dal codice Java, tutte le chiamate a sistema fatte in C (o C++) devono chiamare codice virtual machine Java di Android: infatti le API multimediali di SDL sotto Android richiamano metodi in Java; questo significa che il codice dell'applicazione C/C++ deve essere inserito all'interno di un progetto Java, il quale produce alla fine un pacchetto Android (APK).

La memoria flash sui dispositivi Android è divisa in diverse partizioni, ad esempio `"/system"` per il sistema operativo stesso e `"/data"` per i dati utente e le installazioni delle app. Diversamente rispetto alle tradizionali distribuzioni GNU/Linux, agli utenti di dispositivi Android non sono disponibili i privilegi di superutente, o root, per l'accesso al sistema operativo e alle sue partizioni, quali `"/system"`, per le quali l'utente dispone dei permessi di sola lettura. Tuttavia, l'accesso come root sul dispositivo è quasi sempre possibile: in certi casi tramite richiesta al produttore, in altri sfruttando certe falle di sicurezza di Android. L'accesso root viene utilizzato frequentemente dalla comunità open source, per migliorare le capacità dei loro dispositivi.

In Figura 21 vediamo lo schema dell'architettura di questo Sistema Operativo.



Figura 21

3.6.3 Viper OS

Meglio conosciuto come VxWorks, è un sistema operativo proprietario sviluppato dalla Wind River. La prima versione è stata rilasciata nel 1987. E' progettato per l'utilizzo nei sistemi embedded che richiedono performance real time deterministiche, e in molti casi certificazioni di sicurezza e salvaguardia per industrie aerospaziali, della difesa, dispositivi medici, equipaggiamento industriale, robotica, energetica, trasporti, infrastrutture di rete, automotive e elettronica di consumo.

Supporta le architetture Intel (x86, compreso il nuovo Intel Quark SoC, e x86-64), MIPS, PowerPC, SH-4 e le architetture ARM. Il sistema operativo real time può essere utilizzato in multicore asymmetric multiprocessing (AMP), symmetric multiprocessing (SMP) e modalità miste e multi-OS.

La VxWorks Core Platform consiste di un insieme di componenti runtime e tool di sviluppo. Le componenti runtime sono date da un sistema operativo, software per il supporto alle applicazioni (file system, core stack network, USB stack e il meccanismo di comunicazione tra processi) e dal supporto hardware (adattatore di architettura, libreria di supporto del processore, libreria dei driver dei dispositivi e pacchetti di supporto della board).

Gli strumenti principali di sviluppo sono compilatori come Diab, GNU, e l'Intel C++ .

La piattaforma è modulare, indipendente dai vendor e supporta una serie di software e hardware di terze parti. Il kernel è sperato dal middleware, dalle applicazioni e altri pacchetti, in modo da consentire una più facile correzione dei bug e il testing di nuove caratteristiche.

Di seguito sono elencate alcune delle caratteristiche di questo sistema operativo:

- Multitasking kernel with preemptive and round-robin scheduling and fast interrupt response
- Native 64-bit operating system (only one 64-bit architecture supported: x86-64). Data model: LP64.
- User-mode applications ("Real-Time Processes", or RTP) isolated from other user-mode applications as well as the kernel via memory protection mechanisms.

- SMP, AMP and mixed mode multiprocessing support
- Error handling framework
- Bluetooth, USB, CAN protocols, Firewire IEEE 1394, BLE, L2CAP, Continua stack, health device profile
- Binary, counting, and mutual exclusion semaphores with priority inheritance
- Local and distributed message queues
- POSIX PSE52 certified conformity in user-mode execution environment
- File systems: High Reliability File System (HRFS), FAT-based file system (DOSFS), Network File System (NFS), and TFFS
- Dual-mode IPv6 networking stack with IPv6 Ready Logo certification
- Memory protection including real-time processes (RTPs), error detection and reporting, and IPC
- Multi-OS messaging using TIPC and Wind River multi-OS IPC
- Symbolic debugging

3.7 Moduli software aggiuntivi

Sviluppo modulo dispositivi mobili

Occorre realizzare un'applicazione per il sistema operativo Android che consente l'interazione dell'utente con il frigorifero. Di fatto il tablet comunicherà con l'SBC che controlla il frigorifero e si interfaccia.

Sviluppo modulo per SBC

Occorre realizzare un servizio che deve essere eseguito in ambiente Linux avente il compito di interfacciarsi sia con il tablet collegato via USB sia con il cloud server. Questo modulo dovrà anche interfacciarsi con i sensori e gli attuatori presenti nel frigorifero attraverso il microcontrollore integrato nel SBC.

3.8 Vetro elettrocromico

Realizzeremo le porte del nostro elettrodomestico con vetro elettrochimico dell'azienda SageGlass per risolvere il problema del consumo di energia tra apertura e chiusura degli sportelli. Il vetro elettrocromico di SAGE dà la possibilità di cambiare l'ambiente circostante facendo ciò che un vetro normale non può fare: premendo un pulsante è possibile far variare la colorazione del vetro da una tonalità chiara e trasparente, ad una tonalità più scura. Questa tecnologia può essere implementata nel nostro frigorifero smart per mostrare all'utente i prodotti contenuti all'interno senza aprire il vano, ma semplicemente facendo variare la trasparenza del vetro tramite un sensore di tocco nella maniglia del frigorifero.

Il vetro elettrocromico è rivestito al suo interno con diversi strati di fogli di ceramica ultrasottili. Questi "layer" sono di colore chiaro in natura, ma quando l'elettricità gli passa attraverso, gli ioni presenti si "eccitano" e il colore si scurisce. Così si possono ottenere differenti sfumature di luce e di protezione dal calore solare. Maggiore è il numero degli strati che vengono attivati elettricamente, maggiore è la protezione e l'ombreggiamento offerti dal vetro, che mantiene comunque la sua trasparenza. Allo stesso modo, il flusso di elettricità può essere ridotto e il vetro ritorna alla sua chiarezza, e si ottiene così luce e calore in base alle esigenze del momento.

L'energia necessaria per far funzionare un sistema SageGlass di 1500 metri quadrati di vetrata, è circa la stessa che serve per illuminare una lampadina da 60W a incandescenza, quindi l'implementazione di questi vetri nei vani dei frigoriferi porta ad un consumo elettrico del tutto trascurabile, data la piccola superficie richiesta. Il vetro di SageGlass quando raggiunge l'oscurazione massima ha un coefficiente di guadagno del calore solare (SHGC) di

0.09, valore che è circa 3 volte migliore rispetto a quello offerto dalle normali lastre di vetro sul mercato. Quando il vetro è oscurato trasmette il 3% della luce proveniente dall'esterno. Le caratteristiche di questo vetro sono riepilogate nei seguenti punti:

- Il coefficiente di guadagno del calore solare (SHGC) varia da 0.48 a 0.09
- La trasmissione della luce visibile (VLT) oscilla da 62% a 3%
- Rivestimento basso emissivo (Low-E)
- Controllo della colorazione del vetro dallo stato di massima oscurazione allo stato trasparente per ottimizzare il comfort e il risparmio energetico.
- Controllo automatizzato della colorazione attraverso i sensori.

In Figura 22 vediamo come potrebbe essere applicata questa tecnologia sul nostro frigorifero, mentre in Figura 23 vediamo un esempio pratico del vetro elettrocromico in una delle sedi Siemens.



Figura 22



Figura 23

3.9 Switch touch integrato nella maniglia

Per la realizzazione dello switch touch da integrare nella maniglia del frigorifero abbiamo scelto i seguenti componenti:

- sensore touch capacitivo
- relay
- IO shield di espansione da applicare sull'Intel Edison

In Figura 24 è riportato lo schema di funzionamento di massima. Poiché il sensore touch è collegato alla board di controllo, possiamo ad esempio consentire all'utente di impostare per quanto tempo il vetro rimarrà trasparente a seguito del tocco della maniglia.

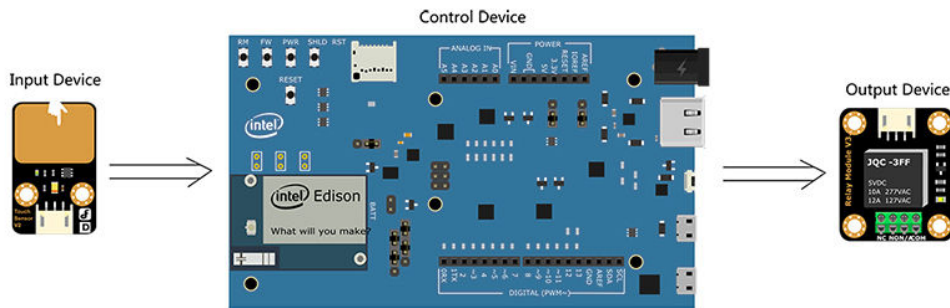


Figura 24

3.10 Server di interfacciamento

Computer installato nei locali dei supermercati convenzionati.

- Sistema Operativo: Linux Server
- Scheda Video: Integrata
- CPU: Quad-core
- Memoria di massa: SSD 250GB
- Memoria Ram: 8GB
- Scheda di rete: Ethernet 1Gbps – Wifi n



3.11 Cloud Server

Come Cloud Server inizialmente ci affidiamo ad un servizio di hosting ad abbonamento, in modo da non dover gestire fisicamente delle macchine server, e risparmiare sui costi di gestione.

La soluzione da noi scelta è quella fornita dall'azienda OVH selezionando il profilo EG-7:

- 2 vCores x 3,1 GHz
- 7 GB RAM
- 200 GB HA Block Storage
- 250 Mbps Bandwidth

4. Casi Studio e FAQ

Cosa succede se l'utente compra altri tag?

L'utente semplicemente inserisce i nuovi tag all'interno del cassetto apposito. Alla chiusura di questo il lettore interno scansiona i tag trovando nuovi identificativi che vengono inseriti nel database interno.

Cosa succede se l'utente perde un tag o lo getta insieme al prodotto?

Il lettore alla base del frigorifero si accorge dell'assenza del prodotto, controllando le associazioni fatte in passato, e attiva un timer per quel particolare tag che non viene trovato all'interno. Il timer è impostato a 6 ore, alla scadenza del quale il sistema rimuove dalla memoria l'identificativo del tag e l'associazione con il prodotto stesso.

Perché c'è bisogno di due lettori? Non può bastare solo quello interno al cassetto?

No, perché se la perdita di un tag non viene riconosciuto dal lettore integrato nel cassetto e non può settare il timer. Quindi c'è bisogno di sapere cosa c'è dentro il frigo e tenere traccia dei movimenti dei prodotti.

Inoltre, quando un prodotto è consumato, deve esserci un modo per avvisare il sistema che quel determinato prodotto deve essere rimosso. Questo è possibile solamente usando due lettori, in modo che quello dentro al cassetto possa resettare il tag specifico.

È necessario un vetro elettrocromico?

Questa tipologia di vetro è necessaria per una scelta di design e di marketing, oltreché per garantire un migliore isolamento termico rispetto ad un vetro trasparente.

Cosa succede se dopo l'associazione virtuale l'utente apre e chiude ripetutamente il cassetto dei tag senza prima averli applicati sui prodotti?

Abbiamo detto che alla chiusura del cassetto il lettore integrato resetta i tag interni, perciò se l'utente non ha ancora finito di applicare i tag, questi vengono resettati perdendo l'associazione con il prodotto. Viene impostato un timer di 30 minuti che disabilita il lettore rfid alla prima apertura del cassetto, dopo l'associazione virtuale, in modo che l'utente abbia tempo per applicare i tag.

Cosa succede se non c'è connessione ad internet?

Il frigorifero non può ricevere la lista della spesa virtuale, ciò può essere fatto tramite connessione Bluetooth con lo smartphone, oppure è necessario ricorrere all'inserimento manuale.

Differenza tra NFC e RFID?

RFID è il processo per il quale gli oggetti vengono univocamente identificati utilizzando le onde radio e l'NFC è un sottoinsieme specializzato all'interno della tecnologia RFID.

In particolare, NFC è un ramo di RFID ad alta frequenza (HF), e entrambi operano alla frequenza di 13,56 MHz.

NFC è progettato per essere una forma sicura di scambio dati, e un dispositivo NFC è in grado di essere sia un lettore NFC che un tag. Questa caratteristica unica consente ai dispositivi NFC comunicazioni peer to peer.

5. Conclusioni – sviluppi futuri

La presente relazione ha visto la progettazione di un frigorifero smart attraverso le fasi di studio di fattibilità, analisi del prodotto, progettazione architettonica e partizionamento hardware e software. E' stato svolto un significativo lavoro di ricerca in quasi tutte queste fasi. Nello studio di fattibilità abbiamo cercato di capire se effettivamente ci fosse la necessità di un prodotto come quello da noi proposto e quali erano i prodotti con cui saremmo entrati in competizione. Inoltre è stato fondamentale capire come funziona il sistema della grande distribuzione, basato attualmente sul codice a barre, in modo da poter trovare una soluzione che funzionasse nelle condizioni attuali. Infine una volta stabilite le modalità con cui far fronte ai bisogni evidenziati nello studio di fattibilità, abbiamo ricercato le soluzioni architettoniche e le componenti che avessero il miglior rapporto costi/benefici.

La nostra soluzione vorrebbe portare ad un più stretto legame tra la grande distribuzione e il consumatore poiché entrambi dovrebbero perseguire l'obiettivo comune di un minore spreco di cibo. Pensiamo che il nostro prodotto possa costituire una spinta verso l'adozione della tecnologia RFID anche per i prodotti alimentari nei supermercati. Di fatto la nostra vuole essere una soluzione di transizione poiché adotta la tecnologia RFID ma in un ambiente ancora caratterizzato da prodotti con codice a barre. Dalle nostre ricerche è emerso che il trend è quello di un'adozione del RFID in continua crescita grazie alla diminuzione dei costi per singolo tag di anno in anno. Attualmente il prezzo di un singolo tag si aggira attorno ai 10 centesimi, che risulta ancora essere troppo alto per prodotti che hanno poco margine di guadagno. Infatti in settori come l'abbigliamento, in cui il margine di guadagno è decisamente più alto, l'RFID è largamente utilizzato. Per il momento la grande distribuzione utilizza l'RFID solamente per fini di antitaccheggio. Prevediamo che in un futuro abbastanza vicino, l'RFID verrà integrato in tutta la filiera dei prodotti alimentari, dal produttore al consumatore. Sarà quindi il produttore stesso ad applicare un tag RFID, sgravando quindi la grande distribuzione da questo compito. Grazie all'RFID sarà molto più facile tracciare i prodotti e la loro data di scadenza. Una possibile evoluzione per il nostro prodotto potrebbe consistere nell'integrazione di un display LCD direttamente sul vetro della porta eliminando di fatto il tablet che noi abbiamo previsto. Questa soluzione sarebbe decisamente più elegante e consentirebbe una migliore interazione date le maggiori dimensioni del display. Esistono già soluzioni di questo tipo, spesso applicate ai frigoriferi di esercizi commerciali. Andrà effettuata una ricerca sull'impatto sui consumi che questa soluzione potrebbe avere.

6. Allegati

Alleghiamo alla presente relazione i seguenti documenti:

- Intel Edison datasheet
- Intel Edison Kit for Arduino datasheet
- SM-1085 Flexible UHF Tag specs
- SM-2701 Short Range UHF Reader Writer specs
- Relay datasheet
- Relay schematic
- Capacitive touch sensor datasheet
- Capacitive touch sensor schematic
- IO Expansion Shield datasheet
- IO Expansion Shield schematic
- Pianificazione di progetto