



UNIVERSITÀ DI PISA

Documentazione del Progetto di Basi di Dati

Anno accademico 2020/2021

Kevin Giannandrea – Sandro Wu

Sommario

1.	GLOSSARIO DEI TERMINI	3
2.	DESCRIZIONE DIAGRAMMA E-R.....	5
•	AREA GENERALE	5
•	AREA DISPOSITIVI	7
•	AREA COMFORT	8
•	AREA ENERGIA	10
3.	RISTRUTTURAZIONE DEL DIAGRAMMA ER.....	11
4.	TAVOLA DEI VOLUMI	12
5.	INDIVIDUAZIONE DELLE OPERAZIONI SUI DATI.....	15
6.	PROGETTAZIONE LOGICA	29
•	SCHEMA LOGICO E VINCOLI INTEGRITÀ REFERENZIALE	29
•	VINCOLI DI INTEGRITÀ GENERICI	31
7.	ANALISI DIPENDENZE FUNZIONALI E NORMALIZZAZIONE	33
8.	DATA ANALYTICS	37
•	ABITUDINI DEGLI UTENTI TRAMITE ASSOCIATION RULE LEARNING	37
•	OTTIMIZZAZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI.....	42
❖	STIMA DEL CONSUMO DEI CONDIZIONATORI	48

1. GLOSSARIO DEI TERMINI

La comprensione e la precisazione dei termini usati è definita mediante la tabella seguente, che per ogni termine rilevante contiene una breve descrizione, possibili sinonimi e i collegamenti logici che possono esserci.

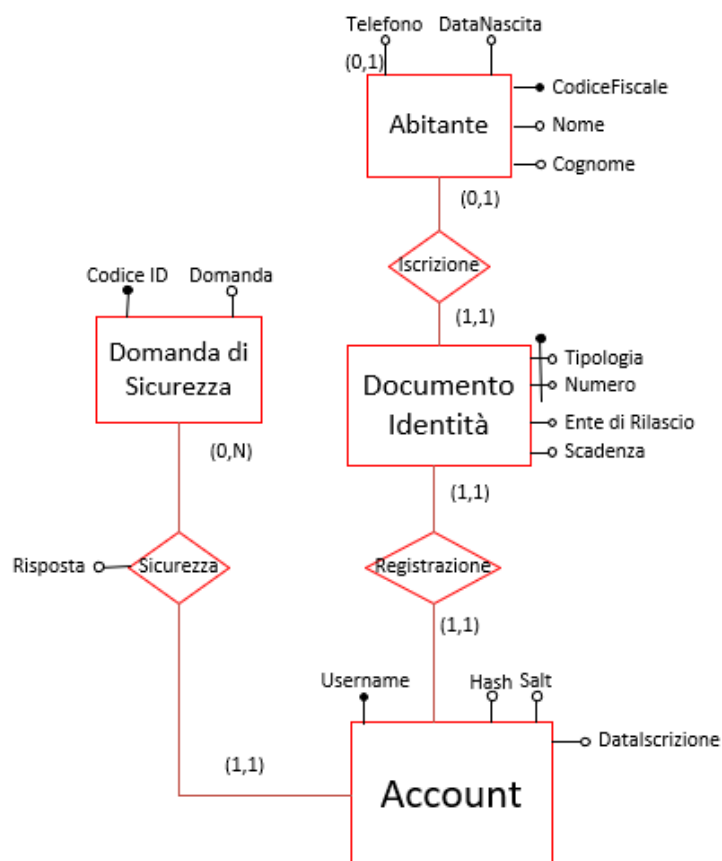
<i>Termine</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Sinonimi</i>	<i>Collegamenti</i>
Account	Chi usufruisce dell'app di <i>mySmartHome</i>	Utente	Dispositivo Regolazione Programma Fascia oraria Suggerimento Elemento di condizionamento Elemento di illuminazione
Stanza	Stanza componente della casa		Punto di accesso Punto di intrusione Efficienza energetica
Punto di accesso	Punto di accesso ad una stanza	Porta	Stanza Punto di intrusione
Punto di intrusione	Punto di accesso comunicante con l'esterno della casa		Stanza Punto di accesso
Smart plug	Adattatore per il controllo di dispositivi tramite <i>mySmartHome</i>	Plug	Dispositivo
Dispositivo	Dispositivo elettronico intelligente o reso intelligente con Smart Plug	Dispositivo intelligente	Utente Smart Plug Consumo Regolazione Programma
Consumo fisso	Consumo energetico del dispositivo non regolabile (in kW)		Dispositivo
Consumo variabile	Consumo energetico dipendente da una determinata impostazione (in kW)		Dispositivo Regolazione Programma
Regolazione	Impostazione del livello di potenza del dispositivo		Dispositivo Consumo
Impostazione	Impostazioni possibili del dispositivo	Programma	Dispositivo Consumo
Partenza differita	Inizio di un'impostazione programmata		Dispositivo
Consumo	Consumo energetico		Dispositivo Elemento di condizionamento Elemento di illuminazione
Sorgente energetica	Sorgente di energia rinnovabile		Pannello fotovoltaico

Pannello fotovoltaico	Una delle fonti di energia rinnovabile	Pannello	Sorgente energetica
Flusso di elettricità	Flussi di elettricità in entrata e in uscita misurati dal contatore bidirezionale	Flusso	
Fascia oraria	Intervallo di tempo in cui è suddiviso la giornata	Fascia	
Piano tariffario	Piano del contratto energetico		Fascia
Suggerimento	Suggerimenti di utilizzi e impostazioni per una migliore efficienza nell'uso energetico		Dispositivo
Livello di irraggiamento	Livello di irraggiamento dei pannelli fotovoltaici	Irraggiamento	Pannello Fotovoltaico
Elemento di condizionamento	Condizionatore d'aria di una stanza	Condizionatore	Stanza Impostazione programmabile
Impostazione programmabile	Impostazione con avvio e spegnimento differiti		Elemento di condizionamento Ricorrente
Ricorrente	Impostazione attiva per determinati giorni della settimana o particolari giorni di determinati mesi		Impostazione programmabile
Efficienza energetica	Livello di energia necessaria per riscaldare/raffreddare o mantenere la temperatura, in una stanza		Stanza Elemento condizionamento
Elemento di illuminazione	Luce compatibile con il sistema mySmartHome	Luce	Stanza

2. DESCRIZIONE DIAGRAMMA E-R

Nella seguente sezione si occuperà di illustrare come il diagramma E-R è stato realizzato e in base a quali scelte. Sarà analizzata ogni parte singolarmente in modo da descriverne il fondamento.

- **AREA GENERALE**
 - **Registrazione dei nuovi Account.**

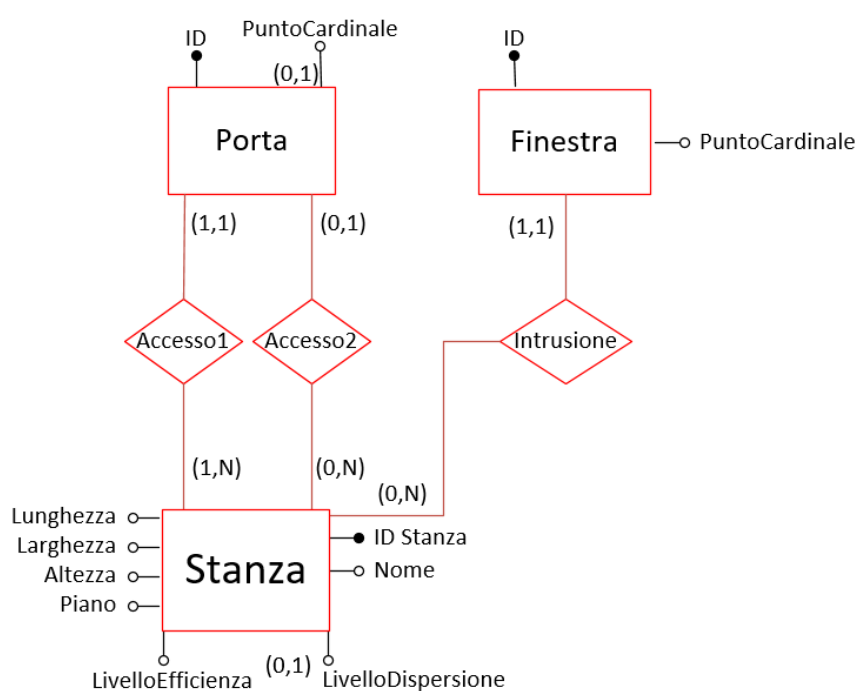


Questa porzione di diagramma E-R rappresenta come viene gestita la sezione di registrazione di un nuovo abitante della casa, quindi della creazione di un nuovo Account relativo ad esso. Tramite un Account, l'abitante della Smart-Home avrà la possibilità di interagire con i dispositivi, visionare le interazioni tra di essi, valutare la produzione e il consumo di energia rinnovabile e altro ancora.

Per la registrazione è necessario disporre di un documento di riconoscimento valido al momento della creazione dell'Account. Il database permette di recuperare l'Account in caso di password smarrita poiché ogni account ha una domanda di sicurezza con la relativa risposta. L'applicazione dispone delle domande predefinite da cui scegliere.

La password dell'Account non è memorizzata direttamente all'interno del database "in chiaro". Essa è codificata attraverso il metodo Hash e Salt da cui i relativi attributi HASH, SALT.

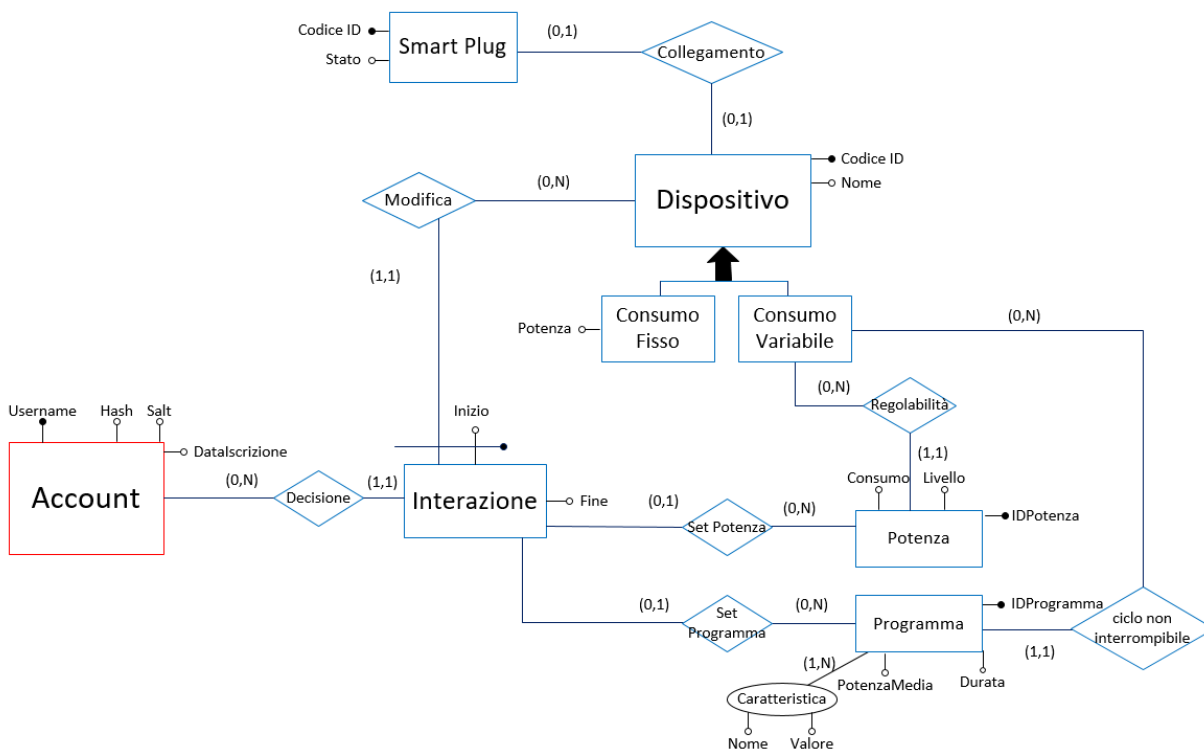
Topologia dell'edificio



Ogni stanza è identificata dal proprio codice univoco, può avere vari nomi, per esempio 'Camera', una Lunghezza, Larghezza, Altezza e piano di collocazione nella casa. Ogni stanza dispone del proprio Livello di Efficienza energetico e Livello di Dispersione, che permettono di stimare il consumo derivanti da elementi di condizionamento dell'aria.

Una stanza della casa può non avere finestre (0,N), o averne più di una. Nel database inoltre sono memorizzati i punti di accesso delle stanze, che possono essere anche più di una per stanza. Essi possono avere un punto cardinale se comunicanti con l'esterno.

- AREA DISPOSITIVI



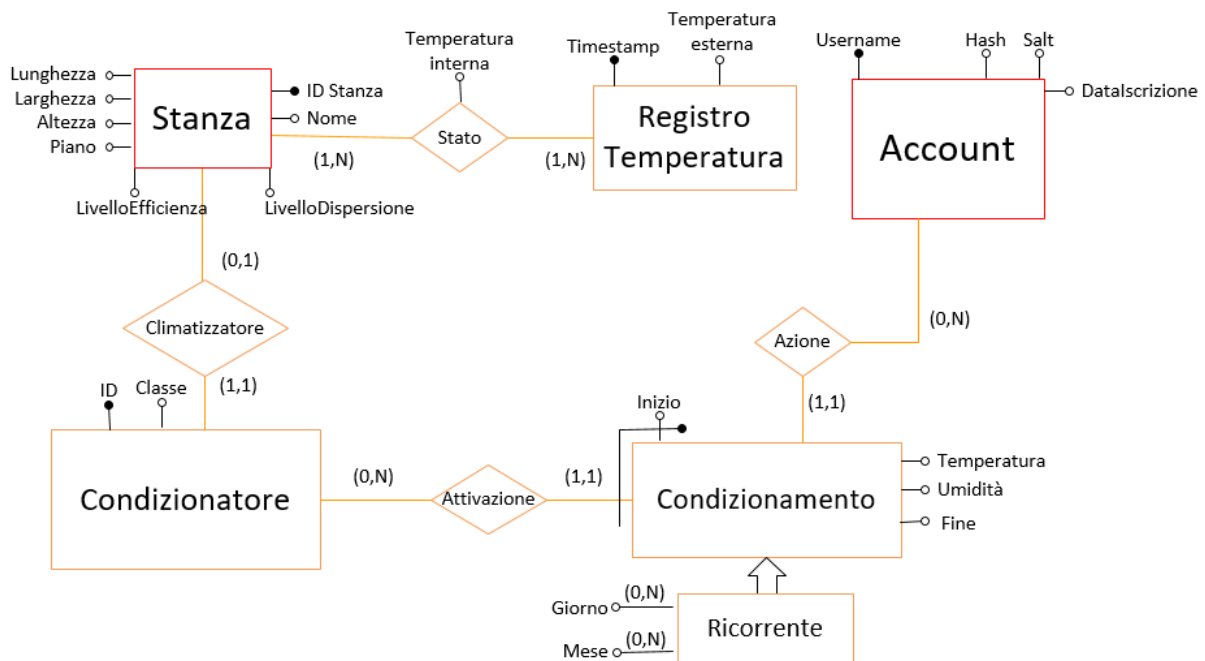
La seguente porzione di diagramma E-R illustra la gestione dei dispositivi e le relative interazioni con gli Abitanti registrati della casa. La generalizzazione su Dispositivo permette di distinguere tra quelli a consumo *fisso* e *variabile*.

Per i dispositivi a consumo variabile sono descritti i vari livelli di potenza in kW, i vari programmi che può avere, e per ciascuno di essi viene indicata la potenza media istantanea. Le informazioni dettagliate dei programmi sono registrate nell'attributo multivalore Caratteristica, per esempio un programma di una lavatrice ha durata 2h, temperatura 60°C, 400 giri di centrifuga, ecc. .

I dispositivi a consumo fisso sono i cosiddetti 'accendi/spegni', caratterizzati solamente da un consumo costante.

L'interazione tra un dispositivo e un Account è identificata mediante un'istante di inizio e dal codice del dispositivo

- AREA COMFORT
- Area condizionamento

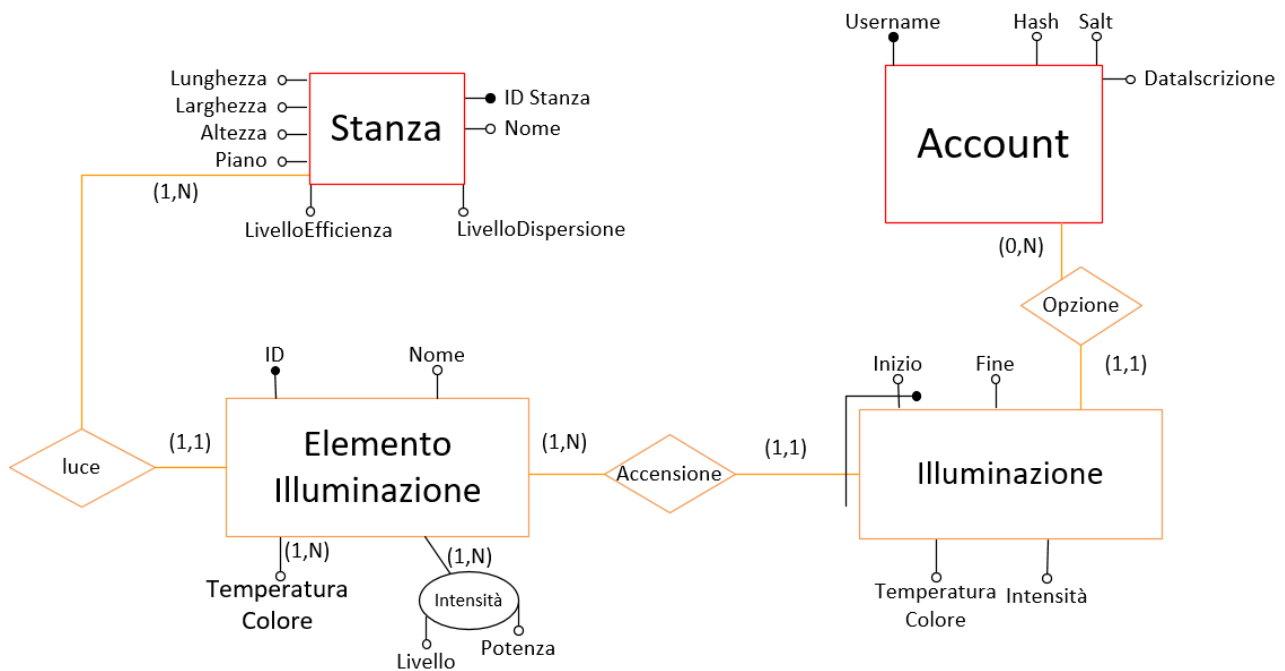


Questa porzione di diagramma E-R mette in chiaro come è gestita la parte relativa agli elementi di condizionamento. Sono registrati i Condizionatori, quelli già preinstallate nelle stanze, per cui abbiamo scelto di distinguerli dai Dispositivi.

Nell'entità '*RegistroTemperatura*' è possibile visionare le rilevazioni di temperatura esterne alla casa. L'attributo '*Temperatura Interna*' nella relazione '*Stato*' ci consente di memorizzare una rilevazione di temperatura per ogni stanza della casa. Le rilevazioni vengono effettuate regolarmente (questi dati ci serviranno per il calcolo del consumo di un condizionatore).

L'entità '*Condizionamento*' tiene traccia delle interazioni tra abitanti e condizionatori. È possibile registrare impostazioni con un inizio differito. Inoltre, la generalizzazione '*Ricorrente*' su condizionamento permette di avere impostazioni che si possono ripetere in un dato giorno e/o in un dato mese.

– Area illuminazione

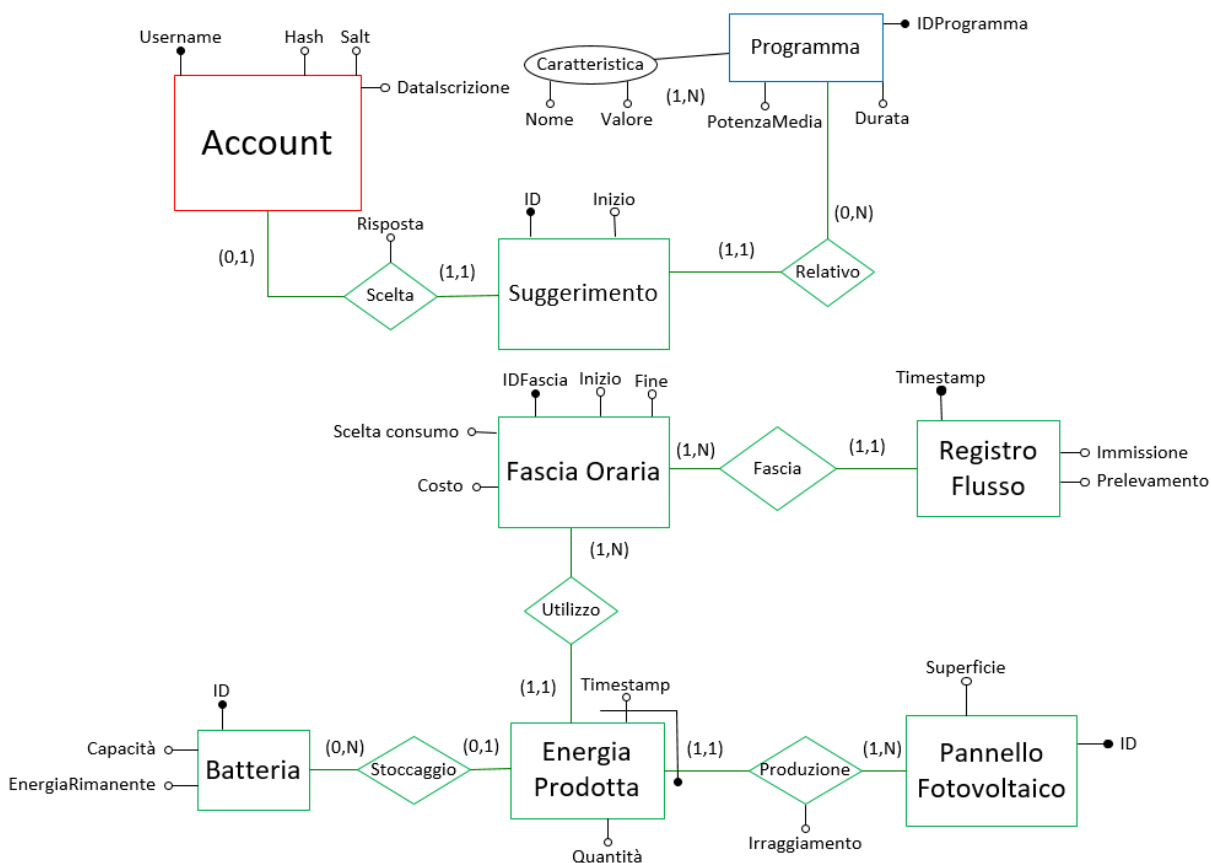


Sono memorizzati gli elementi di illuminazione già preinstallati nelle stanze, per cui anche qui abbiamo scelto di distinguerli dai Dispositivi.

Ciascuno di essi ha un nome, una o più *'TemperaturaColore'* e una o più *'Intensità'*. In quest'ultime sono indicate la relativa potenza istantanea in kW.

Una interazione tra un abitante registrato e una luce è descritta mediante l'entità *'Illuminazione'*, ove è definita mediante un istante di inizio, una temperatura colore e una intensità.

- AREA ENERGIA



In questa porzione di diagramma E-R viene gestita la parte relativa all'energia. Si suppone che la fonte di energia rinnovabile della casa siano solo i pannelli fotovoltaici.

Si suppone una memorizzazione sincrona della produzione dell'energia. Ogni intervallo di tempo (di default 15 minuti), il pannello registra un nuovo dato che invia al DBMS, riguardo al livello di irraggiamento e la quantità di energia prodotta. Ogni rilevazione di Energia Prodotta appartiene ad una certa Fascia Oraria.

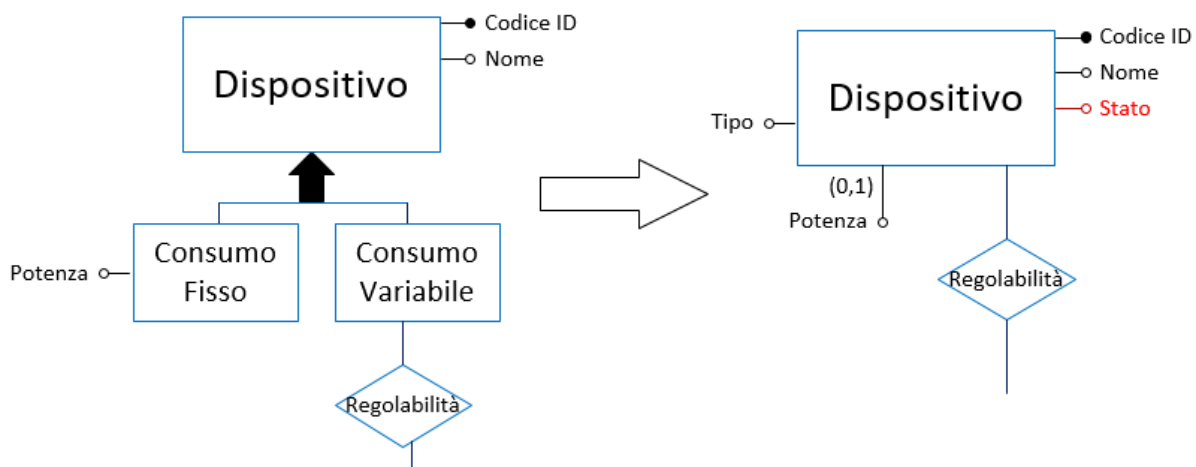
Gli utenti posso suddividere la giornata in Fasce Orarie, nelle quali decidono come usare l'energia prodotta dai pannelli, immettere in rete o consumarlo. L'attributo 'costo' è il costo dell'energia elettrica presente nel contratto.

Se l'utente sceglie di consumare l'energia e non vi è consumo effettivo nella casa, l'Energia Prodotta può essere stoccata in Batteria.

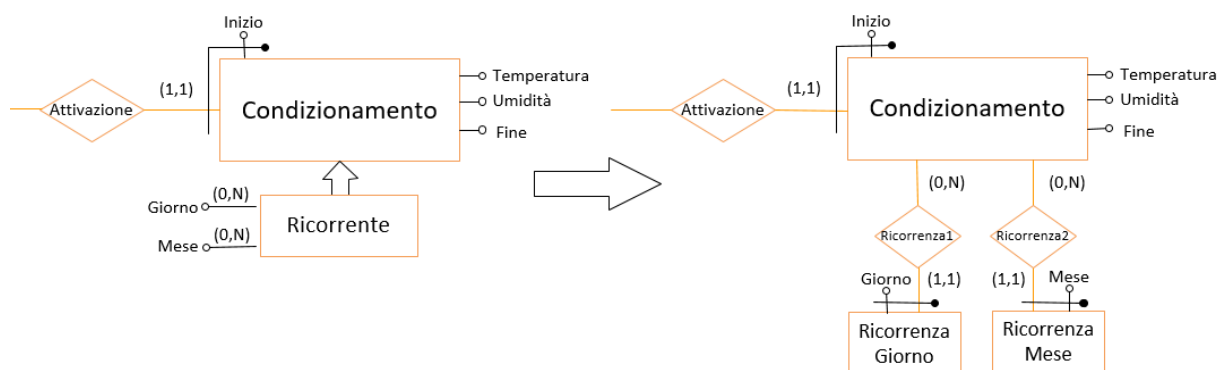
L'entità '*Registro Flusso*' memorizza in ogni istante della giornata i flussi elettrici in entrata e in uscita rilevati dal contatore bidirezionale in kWh.

In 'Suggerimento' sono memorizzati i suggerimenti creati dall'applicazione, e la relativa scelta dell'utente.

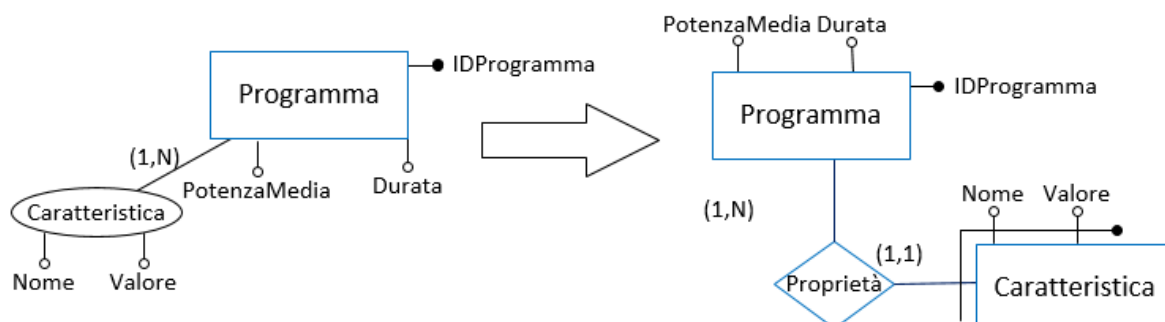
3. RISTRUTTURAZIONE DEL DIAGRAMMA ER



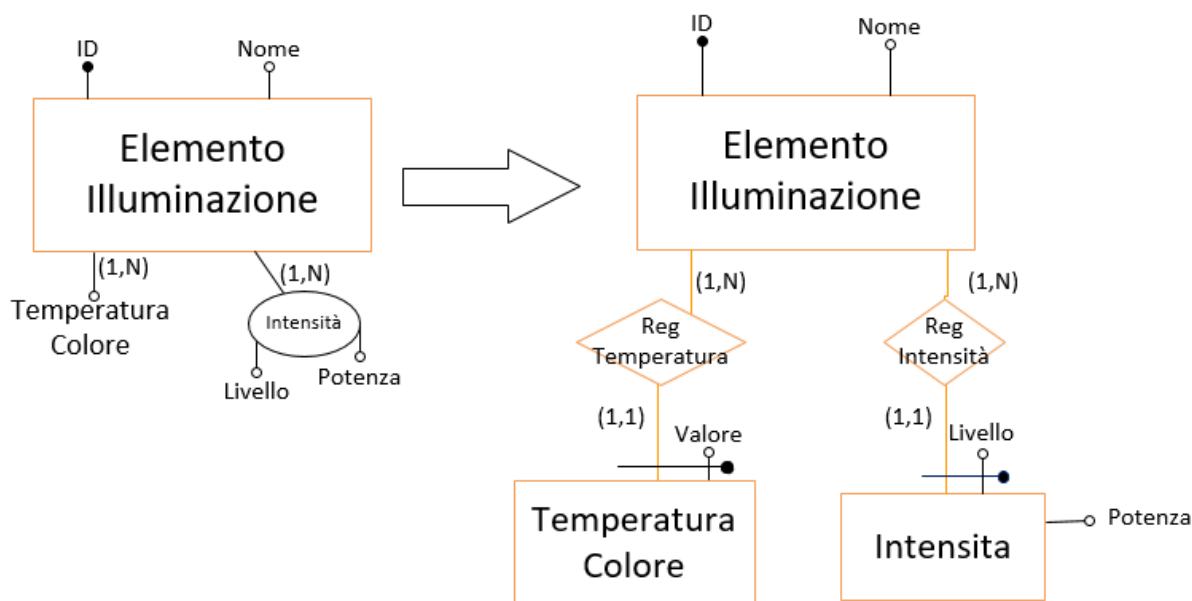
Gli accessi alle entità figlie sono di solito contestuali al padre; perciò, conviene che *Consumo Fisso* e *Variabile* siano accorpate in *Dispositivo*. Sono quindi stati aggiunti in *Dispositivo* gli attributi *Tipo* e *Potenza*.



L'entità figlia *Ricorrente* è stato accorpato in *Condizionamento* poiché gli accessi sono contestuali al padre. Inoltre, gli attributi multivalore *Giorno*, *Mese* sono stati trasformati in entità a sé.



L'attributo composto e multivalore '*Caratteristica*' è trasformato in entità a sé.



L'attributo multivalore '*Temperatura Colore*' e quello composto e multivalore '*Intensità*' sono trasformati in entità a sé.

4. TAVOLA DEI VOLUMI

Consideriamo il volume del database con i dati riferiti ad un periodo di 3 mesi, approssimato a 90gg. La seguente tabella ci sarà necessaria per analizzare le operazioni significative introdotte nel prossimo paragrafo.

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
Account	E	3	Ipotesi
Abitante	E	5	Ipotesi
Domanda di Sicurezza	E	10	Ipotesi
Documento di Identità	E	3	Da Account, relazione (1,1)
Stanza	E	13	Ipotesi
Porta	E	15	Ipotesi
Finestra	E	20	Ipotesi
Iscrizione	R	3	Da Documento di Identità, relazione (1,1)
Registrazione	R	3	Da Account, relazione (1,1)
Sicurezza	R	3	Da Account, relazione (1,1)
Accesso1	R	15	Da Porta, relazione (1,1)
Accesso2	R	13	Ipotesi
Intrusione	R	20	Da Finestra relazione (1,1)

Dispositivo	E	$12+8=20$	Ipotesi 12 regolabili e 8 fissi
Smart plug	E	15	Ipotesi
Potenza	E	$12*4=48$	Ipotesi ogni dispositivo regolabile in media ha 4 livelli di potenza
Programma	E	$3*10=30$	Ipotesi: ci sono 3 dispositivi che hanno in media 10 programmi ognuno
Interazione	E	$3*15*90=4050$	Ipotesi: ogni utente interagisce con i dispositivi in media 15 volte al giorno
Caratteristica	E	$30*3=90$	Ipotesi ogni programma ha in media 3 caratteristiche
Collegamento	R	15	Ipotesi tutte le smart plug sono utilizzate
Modifica	R	4050	da Interazione relazione (1,1)
Decisione	R	4050	da Interazione relazione (1,1)
Set Programma	R	550	Ipotesi
Set Potenza	R	2000	Ipotesi
Regolabilità	R	48	Da Potenza relazione (1,1)
Proprietà	R	90	Da Caratteristica relazione (1,1)
Ciclo non interrompibile	R	30	Da Programma relazione (1,1)

Pannello Fotovoltaico	E	10	Ipotesi
Energia Prodotta	E	$10*96*90=86400$	Ipotesi: ogni pannello registra 1 dato ogni 15 minuti (per 90gg).
Batteria	E	2	Ipotesi
Fascia Oraria	E	4	Ipotesi
Registro Flusso	E	$60*24*90=129600$	Ipotesi: ogni minuto viene registrato un nuovo dato nel DB.
Suggerimenti	E	$2*90=180$	Ipotesi: 2 suggerimenti al giorno
Produzione	R	86400	Da Energia Prodotta relazione (1,1)
Stoccaggio	R	20000	Ipotesi
Utilizzo	R	86400	Da Energia Prodotta relazione (1,1)
Flusso per fascia	R	129600	Da Registro Flusso relazione (1,1)
Scelta	R	180	Da Suggerimento relazione (1,1)
Relativo	R	180	Da Suggerimento relazione (1,1)

Condizionatore	E	10	Ipotesi
Condizionamento	E	$3*5*90=1350$	Ipotesi: ogni utente interagisce in media 5 volte al giorno.
Ricorrenza Giorno	E	30	Ipotesi

Ricorrenza Mese	E	10	Ipotesi
Elemento Illuminazione	E	$20+10=30$	Ipotesi: 20 elementi regolabili e 10 fissi
Temperatura Colore	E	$10+20*3=70$	Ipotesi: ogni elemento regolabile in media ha 3 regolazioni.
Intensità	E	$10+20*3=70$	Ipotesi: ogni elemento regolabile in media ha 3 regolazioni di intensità.
Illuminazione	E	$3*10*90=2700$	Ipotesi ogni utente interagisce in media 10 volte al giorno.
Registro Temperatura	E	$6*24*90=12960$	Ipotesi: in media ogni 10 minuti vengono rilevate le temperature
Stato	R	$10*12960=129600$	Ipotesi: per ogni rilevazione esterna vi è una rilevazione interna, per ognuna delle 10 stanze con il condizionatore
Climatizzatore	R	10	Da Condizionatore relazione (1,1)
Attivazione	R	1350	Da Condizionamento relazione (1,1)
Azione	R	1350	Da Condizionamento relazione (1,1)
Ricorrenza1	R	30	Da Ricorrenza Giorno relazione (1,1)
Ricorrenza2	R	10	Da Ricorrenza Mese relazione (1,1)
Luce	R	30	Da Elemento Illuminazione relazione (1,1)
Reg Temperatura	R	70	Da Temperatura Colore relazione (1,1)
Reg Intensità	R	70	Da Intensità relazione (1,1)
Accensione	R	2700	Da Illuminazione relazione (1,1)
Opzione	R	2700	Da Illuminazione relazione (1,1)

5. INDIVIDUAZIONE DELLE OPERAZIONI SUI DATI

1. Vedere i Dispositivi accesi
2. Calcolo consumo di una impostazione dispositivo
3. Misurare il consumo di una impostazione relativa al condizionamento
4. Vedere l'impostazione più frequente di un dispositivo
5. Inserimento dell'energia prodotta dai pannelli
6. Energia consumata della casa in un lasso di tempo
7. Inserimento dei dati rilevati dal contatore bidirezionale
8. Classifica uso energia utenti nei 2 mesi precedenti

Operazione 1

Descrizione operazione:

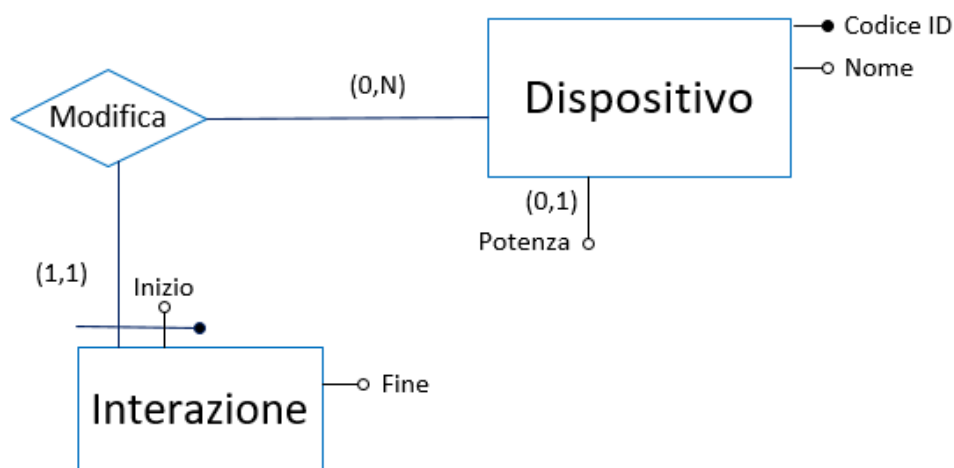
La seguente operazione ci permette di sapere quali dispositivi sono accessi in quel momento.

Input: N/A

Output: Dispositivi accesi

Frequenza: 40 al giorno

E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Dispositivo	E	20
Interazione	E	4050
Modifica	R	4050

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Dispositivo	E	20	L	Lettura di tutti i dispositivi.
Interazione	E	20	L	Per ogni dispositivo, leggo l'ultima interazione
Modifica	R	20	L	Accedo alle ultime interazioni dei dispositivi

Il costo totale dell'operazione è $20+20+20=60$.

Il costo giornaliero dell'operazione è $60*40=2400$.

Vediamo il caso in cui è presente l'attributo ridondante 'stato' in dispositivo.

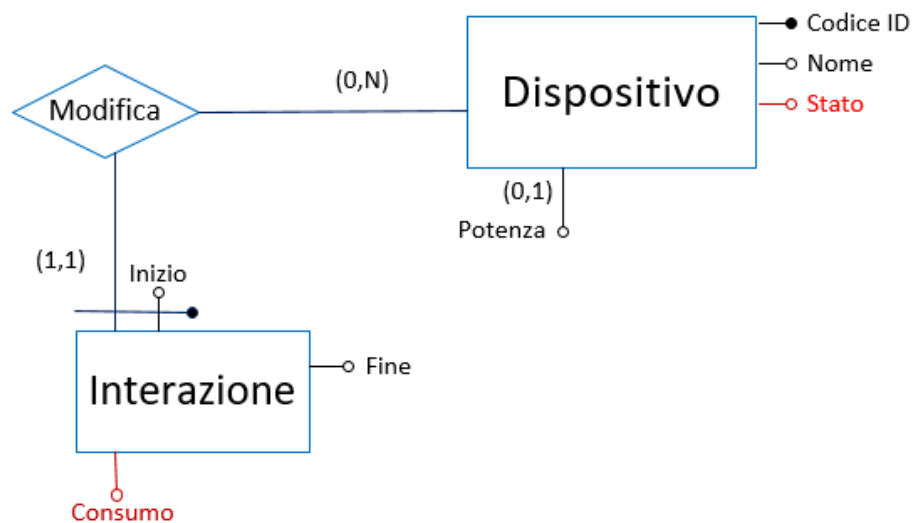


Tavola accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Dispositivo	E	20	L	Lettura di tutti i dispositivi.

Il costo giornaliero dell'operazione è di $20*40=800$

Vediamo il costo per mantenere il dato aggiornato:

La frequenza giornaliera supposta dell'operazione che aggiorna la ridondanza è 60.

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Interazione	E	1	L	Si accede all'interazione interessata
Modifica	R	1	L	Si accede al relativo dispositivo
Dispositivo	E	1	S	Si aggiorna l'attributo stato

Numero di operazioni elementari: 4

Il costo per mantenere il dato consistente è $60 \cdot 4 = 240$.

Il costo totale $800 + 240 < 2400$

Dall'analisi dei costi con e senza ridondanza si decide di inserire l'attributo ridondante "stato" in Dispositivo.

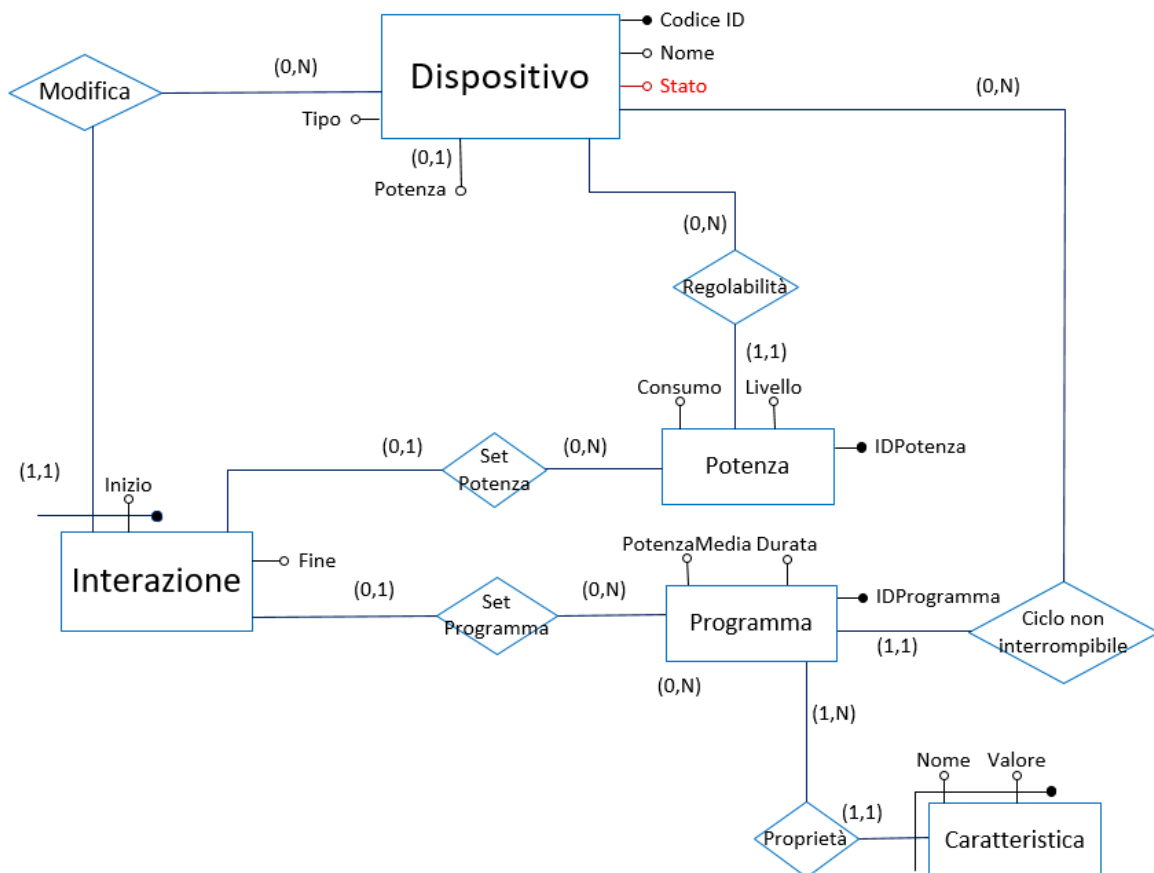
Operazione 2

Descrizione operazione: Calcolo energetico relativa a una certa impostazione di un dato dispositivo. Il calcolo viene fatto ogni volta che vi è una nuova interazione o quando sarà aggiornato l'attributo Fine dell'Interazione

Frequenza: Si suppone che giornalmente ci siano 45 Interazioni e ci sia necessità di ricalcolare il consumo di 30 interazioni passate, per un totale di 75 richieste al giorno.

Input: Codice ID Dispositivo, Inizio interazione.

Output: Costo energetico dell'interazione.



Nome	Tipo	Volume
Dispositivo	E	20
Interazione	E	$3*15*90 = 4050$
Potenza	E	48
Programma	E	30
Modifica	R	4050
Regolabilita	R	4050
Set Potenza	R	2000
Set Programma	R	550
Ciclo non interrompibile	R	30

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Interazione	E	1	L	Lettura dell'interazione interessata
Set Potenza	R	1	L	Recuperiamo IDPotenza dalla relazione
Set Programma	R	1	L	Recuperiamo IDProgramma dalla relazione
Potenza	E	1	L	Leggiamo l'attributo consumo
Programma	E	1	L	Leggiamo l'attributo consumo
Modifica	R	1	L	Si accede al relativo dispositivo
Dispositivo	E	1	L	Leggiamo l'attributo consumo

Il costo totale dell'operazione è 7.

Il costo giornaliero dell'operazione è dato da $7*(45+30) = 525$.

Vediamo il caso in cui è presente l'attributo ridondante 'consumo' in interazione.

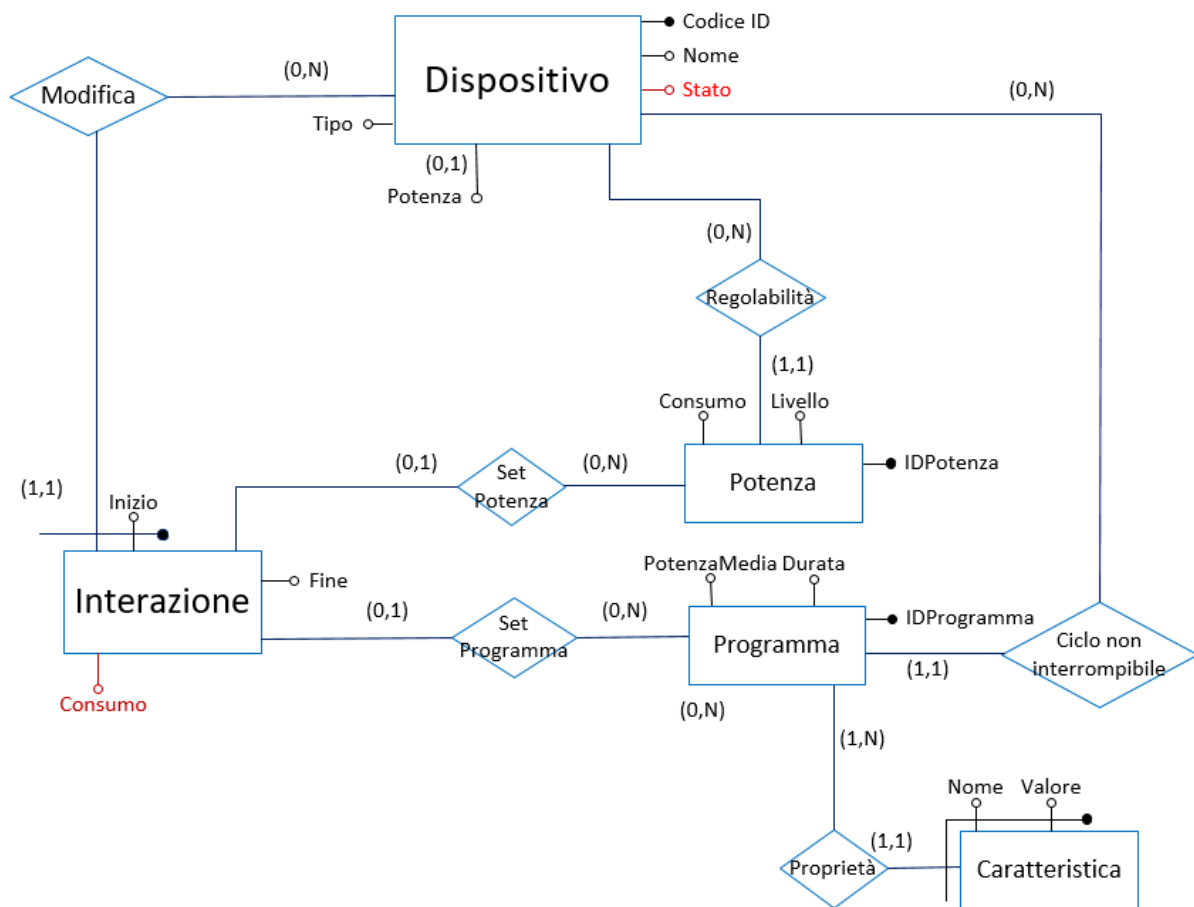


Tavola accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Interazione	E	1	L	Lettura dell'attributo consumo

Il costo dell'operazione è di 1.

Il costo giornaliero è di $1 \times 75 = 75$

Vediamo il costo per mantenere il dato aggiornato:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Set Potenza	R	1	L	Recuperiamo IDPotenza dalla relazione
Set Programma	R	1	L	Recuperiamo IDProgramma dalla relazione
Potenza	E	1	L	Leggiamo l'attributo consumo
Programma	E	1	L	Leggiamo l'attributo consumo
Modifica	R	1	L	Si accede al relativo dispositivo
Dispositivo	E	1	L	Leggiamo l'attributo consumo

Interazione	E	1	S	Si aggiorna l'attributo Consumo
-------------	---	---	---	---------------------------------

Numero di operazioni elementari: 8

Il costo per mantenere il dato consistente è $45 \cdot 8 = 360$.

Il costo totale $360 + 75 = 435 < 525$

Dall'analisi dei costi si decide di inserire l'attributo ridondante "consumo" in Dispositivo.

Operazione 3

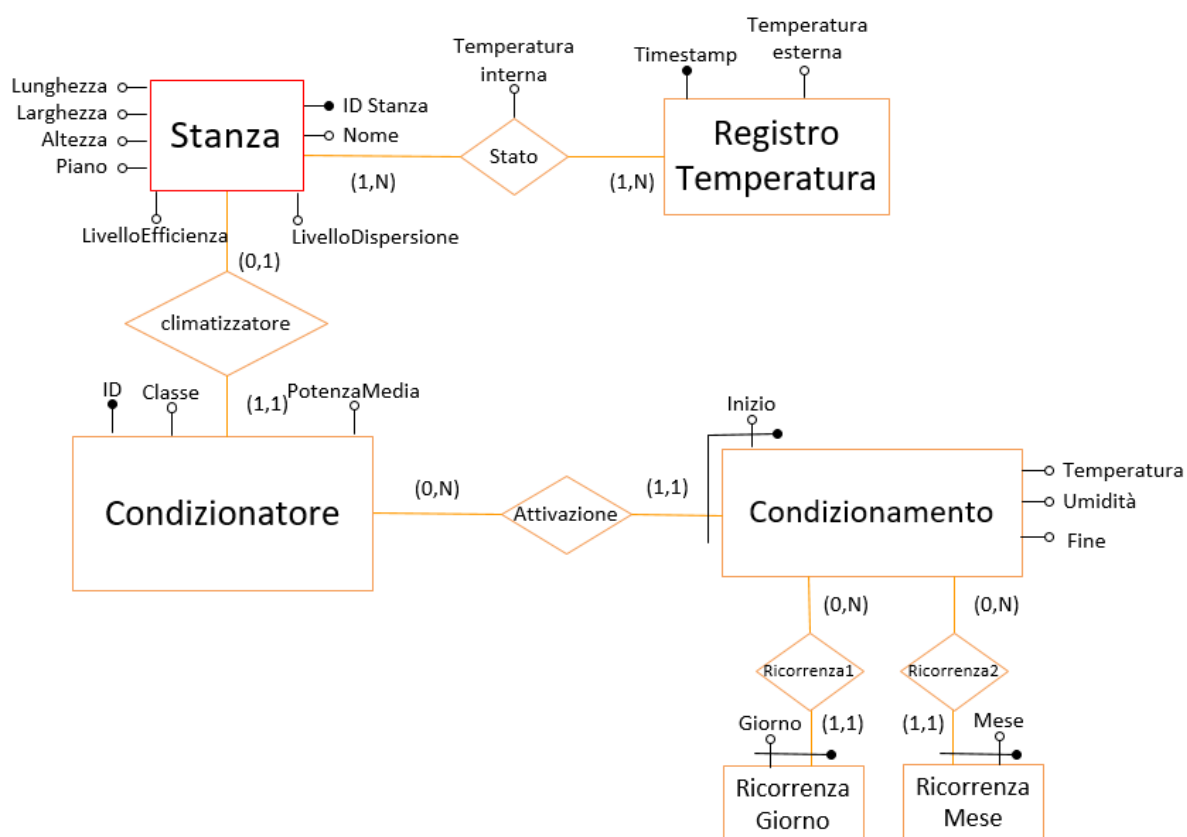
Descrizione: Calcolo energetico di una impostazione di un elemento di condizionamento.

Frequenza: Si suppone che giornalmente ci siano 15 Interazioni e ci sia necessità di ricalcolare il consumo di 30 interazioni passate, per un totale di 45 richieste al giorno.

Input: Codice ID (dell'elemento di condizionamento), Inizio interazione di condizionamento.

Output: Costo energetico relativo a quell'interazione.

E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Condizionatore	E	10
Condizionamento	E	$3 \cdot 5 \cdot 90 = 1350$
Registro Temperatura	E	$6 \cdot 24 \cdot 90 = 12960$

Stato	R	$10 \cdot 12960 = 129600$
Climatizzatore	R	10
Attivazione	R	1350
Stanza	E	13

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Condizionamento	E	1	L	Lettura dell'interazione interessata
Attivazione	R	1	L	Recuperiamo ID Condizionatore dalla relazione
Condizionatore	E	1	L	Lettura del relativo condizionatore
Climatizzatore	R	1	L	Recuperiamo ID Stanza
Stanza	E	1	L	Si recupera il Livello di Efficienza e dispersione
Stato	R	1	L	Si recupera la temperatura interna più recente
Registro temperatura	E	1	L	Si recupera la temperatura esterna più recente

Il costo totale dell'operazione è 7.

Il costo giornaliero dell'operazione è dato da $7 \cdot 30 = 210$.

Vediamo il costo con attributo ridondante 'consumo' in Condizionamento

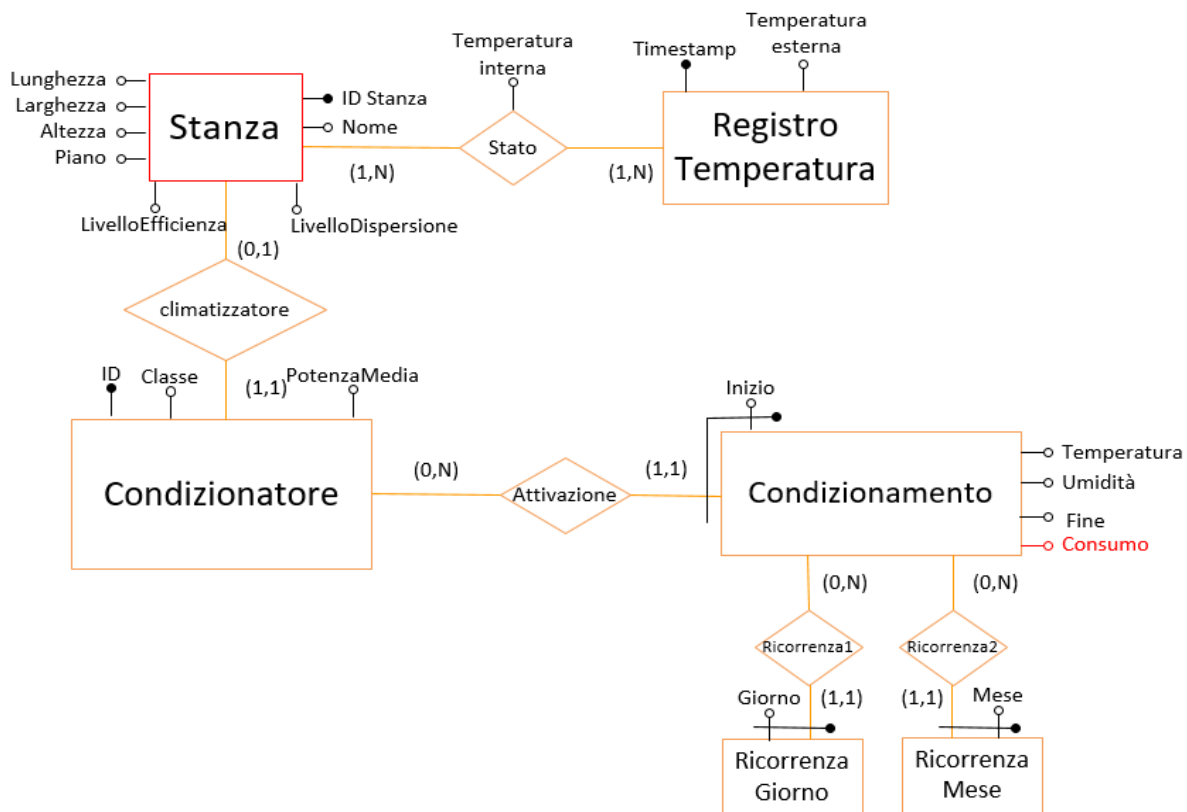


Tavola accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Condizionamento	E	1	L	Lettura dell'attributo consumo

Il costo dell'operazione è di 1.

Il costo giornaliero è di $1 \times 30 = 30$

Vediamo il costo per mantenere il dato aggiornato:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Condizionamento	E	1	L	Lettura dell'interazione interessata
Attivazione	R	1	L	Recuperiamo ID Condizionatore dalla relazione
Condizionatore	E	1	L	Lettura del relativo condizionatore
Climatizzatore	R	1	L	Recuperiamo ID Stanza
Stanza	E	1	L	Si recupera il Livello di Efficienza
Stato	R	1	L	Si recupera la temperatura interna più recente
Registro temperatura	E	1	L	Si recupera la temperatura esterna più recente

Numero di operazioni elementari: 7

La frequenza di aggiornamento è 15, poiché in media ci sono 15 nuove interazioni giornaliere.

Il costo per mantenere il dato consistente è $15 \times 7 = 105$.

Il costo totale $30 + 105 < 210$

Dall'analisi dei costi si decide di inserire l'attributo ridondante "consumo" in Condizionamento.

Operazione 4

Vedere l'impostazione più frequente di un dispositivo

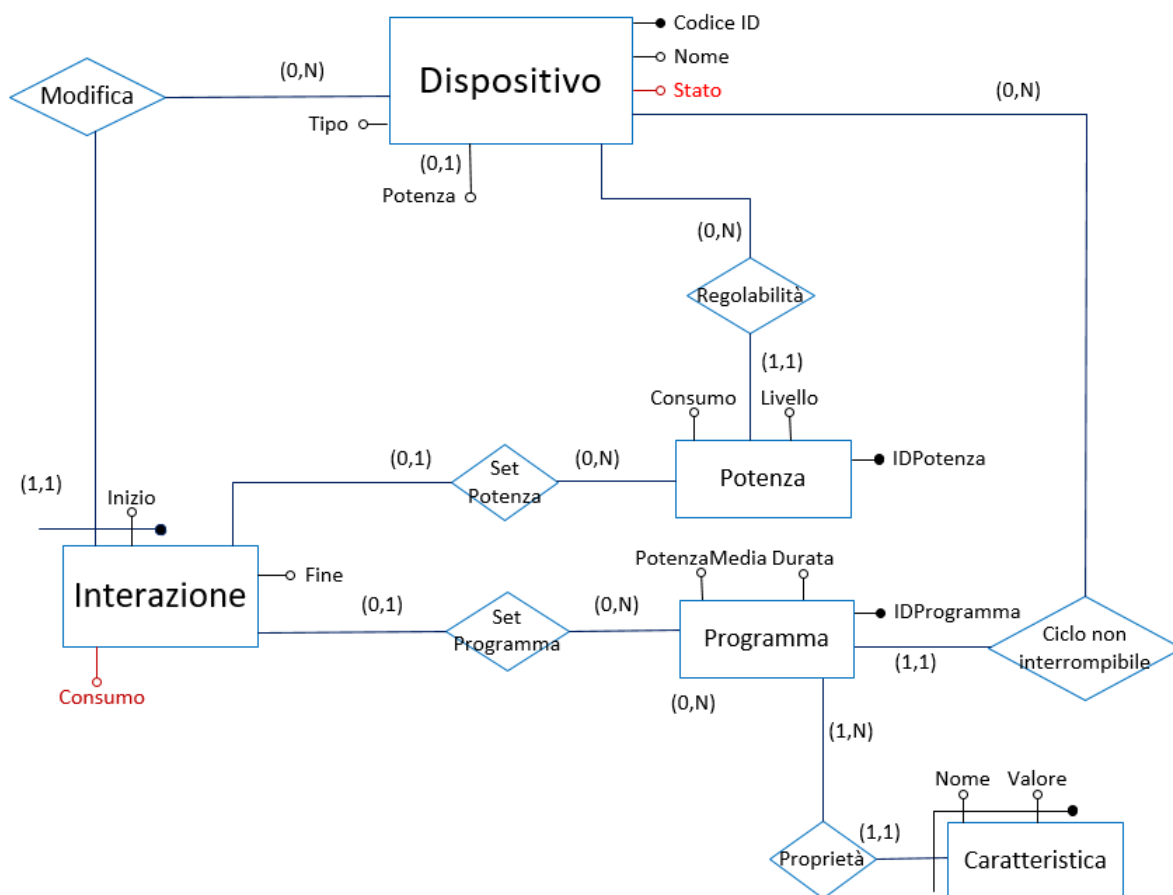
Descrizione: Dato un dispositivo, l'operazione restituisce l'impostazione più frequente, cioè la potenza o programma usata più volte.

Frequenza: Si suppone 20 richieste al giorno.

Input: ID del dispositivo

Output: impostazione più ricorrente

E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Dispositivo	E	20
Interazione	E	3*15*90 = 4050
Potenza	E	48
Programma	E	30
Modifica	R	4050
Set Potenza	R	2000
Set Programma	R	550

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Modifica	R	$(45 \cdot 30) / 20 = \sim 68$	L	Supponendo una distribuzione equa degli utilizzi dei dispositivi, in 1 mese un dispositivo ha circa 68 interazioni
Interazione	E	68	L	Recuperiamo le interazioni relative al dispositivo
Set Potenza	R	45	L	Ipotesi
Set Programma	R	23	L	Ipotesi

Il costo totale dell'operazione è 204.

Il costo giornaliero dell'operazione è dato da $20 \cdot 204 = 4080$

Operazione 5

Insert dell'Energia Prodotta dai pannelli

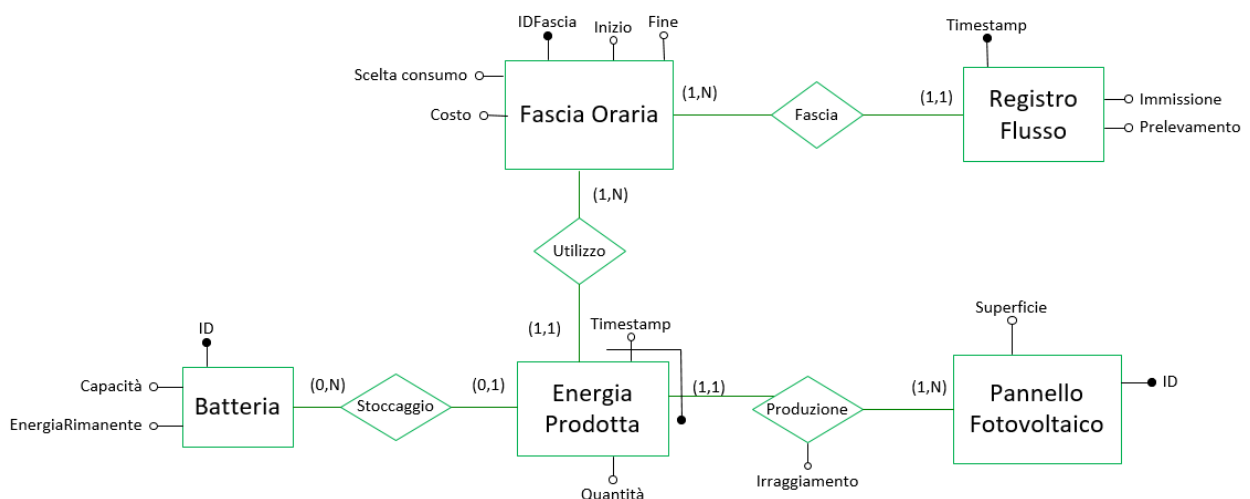
Descrizione: inserimento di nuove informazioni relative alla produzione di energia dei pannelli fotovoltaici.

Frequenza: Ci sono 960 dati registrati al giorno

Input: ID (pannello fotovoltaico), Timestamp ,Quantità di energia prodotta, Irraggiamento

Output: N/A

E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Energia Prodotta	E	86400
Produzione	R	86400
Pannello Fotovoltaico	E	10
Utilizzo	R	86400

Fascia Oraria	E	4
Stoccaggio	R	20000
Batteria	E	2

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Energia Prodotta	E	1	S	Si inserisce il nuovo record
Produzione	R	1	S	Si crea la relazione con Pannello Fotovoltaico
Utilizzo	R	1	S	Si crea la relazione con Fascia Oraria
Stoccaggio	R	1	S	Si crea la relazione con Batteria

Il costo totale dell'operazione è 8.

Il costo giornaliero dell'operazione è dato da $8 \times 960 = 7680$.

Operazione 6

Energia consumata nell'ultima settimana

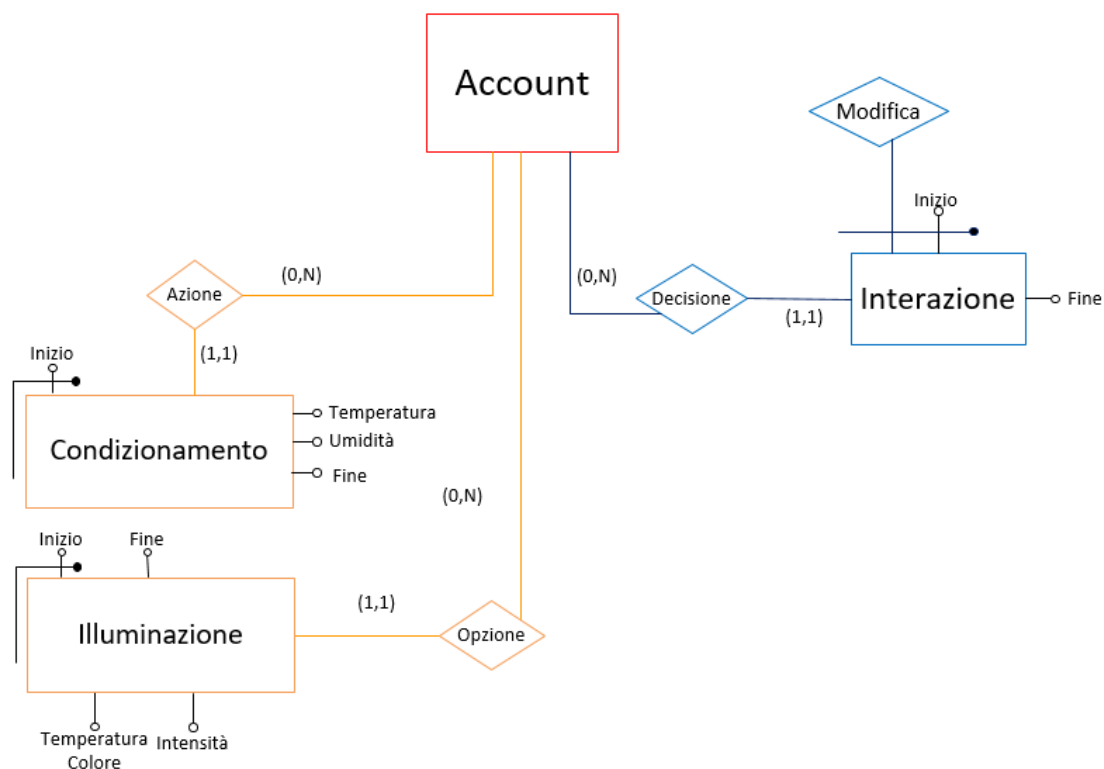
Descrizione: Questa funzionalità il consumo totale registrato nel database, relativo a tutte le interazioni di tutti i dispositivi (dispositivi intelligenti, condizionatori e luci) nell'ultima settimana.

Frequenza: 1 al giorno

Input: N/A

Output: Consumo energetico totale della casa nell'ultima settimana

E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Interazione	E	4050
Condizionamento	E	1350
Illuminazione	E	2700

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Interazione	E	45*7=315	L	In un giorno abbiamo in media 45 interazioni, quindi 315 settimanali
Condizionamento	R	15*7=105	L	In un giorno abbiamo 15 impostazioni di condizionamento, quindi 105 impostazioni settimanali
Illuminazione	R	30*7=210	L	In un giorno abbiamo 15 impostazioni di illuminazione, quindi 210 impostazioni settimanali

Il costo totale dell'operazione è 630.

Il costo giornaliero dell'operazione è dato da $1*630=630$.

Operazione 7

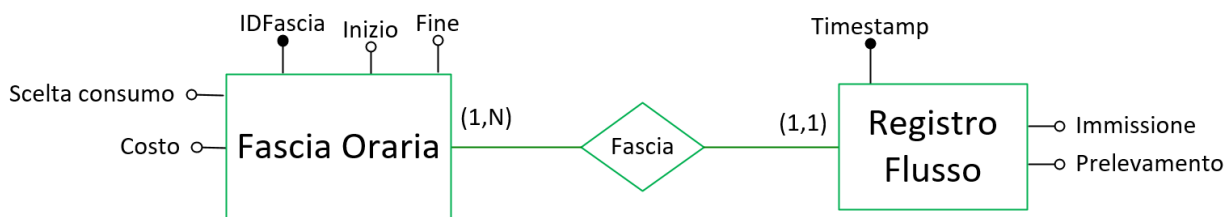
Inserimento dei record del Registro Flusso

Descrizione: Si inseriscono nel database i dati ricevuti dal contatore bidirezionale

Frequenza: ci sono 1440 dati giornalieri

Input: Timestamp, Immissione, Prelevamento

Output: E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Registro Flusso	E	129600
Flusso per Fascia	R	129600
Fascia Oraria	E	4

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Registro Flusso	E	1	S	Si inserisce il nuovo record

Flusso per Fascia	R	1	S	Si crea la relazione con Fascia Oraria
-------------------	---	---	---	--

Il costo totale dell'operazione è $2*2=4$.

Il costo giornaliero dell'operazione è dato da $1440 \cdot 4 = 5760$.

Operazione 8

Classifica uso energia utenti nel mese passato

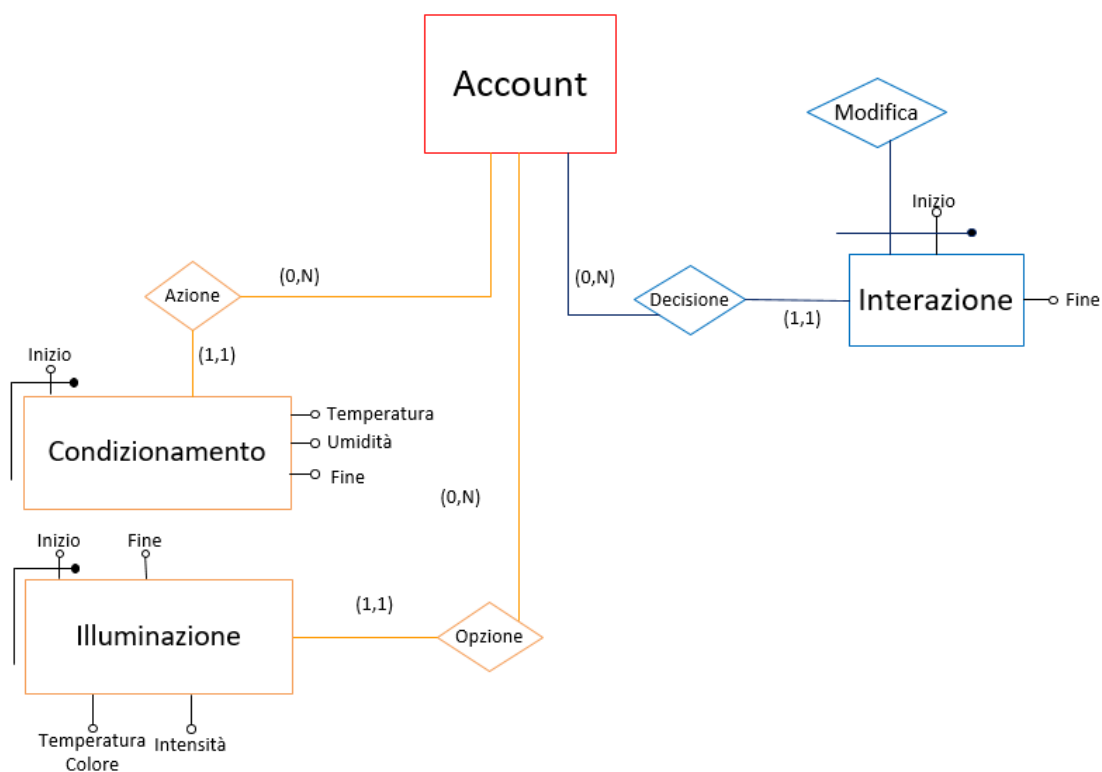
Descrizione: L'operazione stipula una classifica degli utenti in base alle impostazioni relative a dispositivi, luci e condizionamento nel mese passato.

Frequenza: 2 richieste al mese

Input: N/A

Output: Classifica degli utenti

E-R Interessato:



Nome	Tipo	Volume
Account	E	3
Decisione	R	4050
Interazione	E	4050
Azione	R	1350
Condizionamento	E	1350

Opzione	R	2700
Illuminazione	E	2700

Tavola degli accessi:

Concetto	Costrutto	Accessi	Tipo	Descrizione
Account	E	3	L	Recupero di tutti gli account della smart home
Decisione	R	$45 \cdot 60 = 2700$	L	Recupero i dati degli ultimi 2 mesi
Interazione	E	$45 \cdot 60 = 2700$	L	Recupero il consumo della relativa interazione
Azione	R	$15 \cdot 60 = 900$	L	Recupero i dati degli ultimi 2 mesi
Condizionamento	E	$15 \cdot 60 = 900$	L	Recupero il consumo della relativa impostazione di condizionamento
Opzione	R	$30 \cdot 60 = 1800$	L	Recupero i dati degli ultimi 2 mesi
Illuminazione	E	$30 \cdot 60 = 1800$	L	Recupero il consumo della relativa impostazione di illuminazione

Il costo totale dell'operazione è 10803.

Il costo mensile dell'operazione è $2 \cdot 10803 = 21606$.

6. PROGETTAZIONE LOGICA

- SCHEMA LOGICO E VINCOLI INTEGRITÀ REFERENZIALE

Di seguito la traduzione nel modello logico relazionale, insieme ai Vincoli di Integrità Referenziali.

Account (Username, Hash, Salt, DataIscrizione, Domanda, Risposta)

Documento Identità (Tipologia, Numero, EnteDiRilascio, Scadenza, Account, CodFiscale)

Abitante (CodFiscale, Nome, Cognome, DataNascita, Telefono)

Domanda di sicurezza (IDDomanda, Domanda)

Stanza (IDStanza, Nome, Lunghezza, Larghezza, Altezza, Piano, LivelloEfficienza, LivelloDispersione)

Porta (IDPorta, Stanza1, Stanza2, PuntoCardinale)

Finestra (IDFinestra, PuntoCardinale, Stanza)

Schema	Attributo	Reference	
		Schema	Attributo
Account	Domanda	DomandaSicurezza	IDDomanda
Documento Identità	Account	Account	Username
Documento Identità	CodFiscale	Abitante	CodFiscale
Porta	Stanza1	Stanza	IDStanza
Porta	Stanza2	Stanza	IDStanza
Finestra	Stanza	Stanza	IDStanza

Dispositivo (IDDispositivo, Nome, Stato, Tipo, Potenza)

Smart plug (IDPlug, Stato, Dispositivo)

Interazione (IDDispositivo, Inizio, Fine, Consumo, Account, Potenza, Programma)

Potenza (IDPotenza, Dispositivo, Consumo, Livello)

Programma (IDProgramma, Dispositivo, Durata, PotenzaMedia)

Caratteristica (Nome, Valore, Programma)

Schema	Attributo	Reference	
		Schema	Attributo
Smart Plug	Dispositivo	Dispositivo	IDDispositivo
Interazione	Dispositivo	Dispositivo	IDDispositivo
Interazione	Account	Account	Username
Interazione	Potenza	Potenza	IDPotenza
Interazione	Programma	Programma	IDProgramma
Potenza	Dispositivo	Dispositivo	IDDispositivo
Programma	Dispositivo	Dispositivo	IDDispositivo
Caratteristica	Programma	Programma	IDProgramma

Registro Temperatura(**Timestamp**, TemperaturaEsterna)

Stato (**Stanza, Timestamp**, TemperaturaInterna)

Condizionatore (**IDCondizionatore**, Classe, PotenzaMedia, Stanza)

Condizionamento (**Condizionatore, Inizio**, Account, Temperatura, Umidità, Fine, Consumo)

Ricorrenza Giorno (**Condizionatore, Inizio, Giorno**)

Ricorrenza Mese (**Condizionatore, Inizio, Mese**)

Elemento Illuminazione (**IDLuce**, Stato, Nome, Stanza)

Illuminazione (**Luce, Inizio**, Fine, TemperaturaColore, Intensità, Consumo, Account)

Temperatura Colore (**Luce, Valore**)

Intensità (**Luce, Livello**, Potenza)

Schema	Attributo	Reference	
		Schema	Attributo
Stato	Stanza	Stanza	IDStanza
Stato	Timestamp	RegistroTemperatura	Timestamp
Condizionatore	Stanza	Stanza	IDStanza
Condizionamento	Condizionatore	Condizionatore	IDCondizionatore
Condizionamento	Account	Account	Username
RicorrenzaGiorno	Inizio	Condizionamento	Inizio
RicorrenzaGiorno	Condizionatore	Condizionamento	Condizionatore
RicorrenzaMese	Inizio	Condizionamento	Inizio
RicorrenzaMese	Condizionatore	Condizionamento	Condizionatore
ElementoIlluminazione	Stanza	Stanza	IDStanza
TemperaturaColore	Luce	ElementoIlluminazione	IDLuce
Intensità	Luce	ElementoIlluminazione	IDLuce
Illuminazione	Luce	ElementoIlluminazione	IDLuce
Illuminazione	Account	Account	Username

Suggerimento(**IDSuggerimento**, Inizio, Account, Scelta, Programma)

Pannello Fotovoltaico(**IDPannello**, Superficie)

Energia Prodotta (**Timestamp, Pannello**, Quantità, Irraggiamento, Fascia)

Stoccaggio(**Timestamp, Batteria, Pannello**)

Batteria(**IDBatteria**, Capacità, EnergiaRimanente)

Fascia Oraria(**IDFascia**, Inizio, Fine, SceltaConsumo, Costo)

Registro Flusso(**Timestamp**, Immissione, Prelevamento, Fascia)

Schema	Attributo	Reference	
		Schema	Attributo
Suggerimento	Account	Account	Username

Suggerimento	Programma	Programma	IDProgramma
Energia Prodotta	Pannello	Pannello Fotovoltaico	IDPannello
Energia Prodotta	Fascia	Fascia oraria	IDFascia
Stoccaggio	Batteria	Batteria	IDBatteria
Stoccaggio	Pannello	Energia Prodotta	Pannello
Stoccaggio	Timestamp	Energia Prodotta	Timestamp
Registro Flusso	Fascia	Fascia Oraria	IDFascia

- **VINCOLI DI INTEGRITÀ GENERICI**

Di seguito sono riportati i vincoli di integrità generici, quelli evidenziati in grassetto sono implementati mediante script SQL.

- 1) L'interazione con un dispositivo deve essere lecita, cioè la potenza o il programma appartengono a quel dispositivo.**
- 2) L'interazione con un elemento di illuminazione deve essere lecita, cioè il colore della temperatura e dell'intensità appartengono a quell'elemento di illuminazione.**
- 3) La temperatura dell'impostazione di un condizionatore appartiene all'intervallo [16,30].**
- 4) Se la capacità di una batteria è al massimo, non è possibile aggiungere altra energia prodotta.
- 5) Il documento Identità deve essere in corso di validità.
- 6) Una nuova interazione su un dispositivo implica l'aggiornamento dell'attributo 'Fine' dell'interazione precedente dello stesso dispositivo, nel caso in cui sia una sovrapposizione.
- 7) Una nuova interazione su un elemento di illuminazione implica l'aggiornamento dell'attributo 'Fine' dell'interazione precedente dello stesso elemento di illuminazione, nel caso in cui sia una sovrapposizione.
- 8) Una nuova interazione su un condizionatore implica l'aggiornamento dell'attributo 'Fine' dell'interazione precedente dello stesso condizionatore, nel caso in cui sia una sovrapposizione.
- 9) Le fasce orarie non si devono sovrapporre
- 10) L'attributo Scelta di Suggerimento ha dominio {0,1}.**
- 11) L'attributo Giorno di RicorrenzaGiorno ha domini {1,2,3,4,5,6,7}.**
- 12) L'attributo Mese di Ricorrenza Mese ha dominio {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}.**
- 13) L'attributo 'Tipo' in Dispositivo può assumere solo i valori {fisso, variabile}.**
- 14) L'attributo 'LivelloEfficienza'**
- 15) L'attributo 'PuntoCardinale' nell'entità Porta e Finestra possono assumere solo i seguenti valori {N, NE, NW, S, SE, SW, E, W}.**

- 16) L'attributo 'Stato' assume soltanto i valori {0,1}.
- 17) Ogni qualvolta viene inserita una nuova interazione con attributo 'Fine' non nullo, viene calcolato il consumo appartenente a quella interazione.
- 18) Quando una interazione è finita (cioè viene aggiornato l'attributo fine a un valore consistente) il database calcola e inserisce il consumo relativa a quella interazione

7. ANALISI DIPENDENZE FUNZIONALI E NORMALIZZAZIONE

Account (**Username**, Hash, Salt, DataIscrizione, Domanda, Risposta)

Username -> Hash, Salt, DataIscrizione, Domanda, Risposta

È già in BCNF

Documento Identità (**Tipologia**, **Numero**, EnteDiRilascio, Scadenza, Account, CodFiscale)

Tipologia, Numero -> EnteDiRilascio, Scadenza, Account, CodFiscale

È già in BCNF

Abitante (**CodFiscale**, Nome, Cognome, DataNascita, Telefono)

CodFiscale -> Nome, Cognome, DataNascita, Telefono

È già in BCNF

Domanda di sicurezza (**IDDomanda**, Domanda)

IDDomanda -> Domanda

È già in BCNF

Stanza (**IDStanza**, Nome, Lunghezza, Larghezza, Altezza, Piano, LivelloEfficienza)

IDStanza -> Nome, Lunghezza, Larghezza, Altezza, Piano, LivelloEfficienza

È già in BCNF

Porta (**IDPorta**, Stanza1, Stanza2, PuntoCardinale)

IDPorta -> Stanza1, Stanza2

È già in BCNF

Finestra (**IDFinestra**, PuntoCardinale, Stanza)

IDFinestra -> PuntoCardinale, Stanza

È già in BCNF

Dispositivo (**IDDispositivo**, Nome, Stato, Tipo, Consumo)

IDDispositivo -> Nome, Stato, Tipo, Consumo

È già in BCNF.

Smart plug(**IDPlug**, Stato, Dispositivo)

IDPlug-> Stato, Dispositivo

È già in BCNF.

Interazione(**IDDispositivo**, **Inizio**, Fine, Consumo, Account, Potenza, Programma)

IDDispositivo, **Inizio**-> Fine, Consumo, Account, Potenza, Programma

È già in BCNF.

Potenza(**IDPotenza**, Dispositivo, Consumo, Livello)

IDPotenza-> Dispositivo, Consumo, Livello

È già in BCNF.

Programma(**IDProgramma**, Dispositivo, Durata, Consumo)

IDProgramma -> Dispositivo, Durata, Consumo

È già in BCNF.

Caratteristica(**Nome**, **Valore**, **Programma**)

È già in BCNF.

Registro Temperatura(**Timestamp**, TemperaturaEsterna)

Timestamp -> TemperaturaEsterna

È già in BCNF.

Stato (**Stanza**, **Timestamp**, TemperaturaleInterna)

Stanza, **Timestamp** -> TemperaturaleInterna

È già in BCNF.

Condizionatore (**IDCondizionatore**, Classe, Stanza)

IDCondizionatore -> Classe, Stanza

È già in BCNF.

Condizionamento (**Condizionatore**, **Inizio**, Account, Temperatura, Umidità, Fine, Consumo)

Condizionatore, **Inizio** -> Account, Temperatura, Umidità, Fine, Consumo

È già in BCNF.

Ricorrenza Giorno (**Condizionatore**, **Inizio**, **Giorno**)

È già in BCNF.

Ricorrenza Mese (**Condizionatore**, **Inizio**, **Mese**)

È già in BCNF.

Elemento Illuminazione (**IDLuce**, Stato, Nome, Stanza)

IDLuce -> Stato, Nome, Stanza

È già in BCNF.

Illuminazione (**Inizio**, **Luce**, Fine, TemperaturaColore, Intensità, Consumo, Account)

Inizio, **Luce** -> Fine, TemperaturaColore, Intensità, Consumo, Account

È già in BCNF.

Temperatura Colore (**Luce**, **Valore**)

È già in BCNF.

Intensità (**Livello**, **Luce**, Consumo)

Livello, **Luce** -> Consumo

È già in BCNF.

Suggerimento(**IDSuggerimento**, Inizio, Account, Scelta, Programma)

IDSuggerimento-> Inizio, Account, Scelta, Programma

È già in BCNF.

Pannello Fotovoltaico(IDPannello, Superficie)

IDPannello-> Superficie

È già in BCNF.

Energia Prodotta (Timestamp, Pannello, Quantità, Irraggiamento, Fascia)

Timestamp, Pannello-> Quantità, Irraggiamento, Fascia

È già in BCNF.

Stoccaggio(Timestamp, Batteria, Pannello)

È già in BCNF.

Batteria(IDBatteria, Capacità, EnergiaRimanente)

IDBatteria->Capacità, EnergiaRimanente

È già in BCNF.

Fascia Oraria(IDFascia, Inizio, Fine, SceltaConsumo, Costo)

IDFascia-> Inizio, Fine, SceltaConsumo, Costo

È già in BCNF.

Registro Flusso(Timestamp, Immissione, Prelevamento, IDFascia)

Timestamp-> Immissione, Prelevamento, IDFascia

È già in BCNF.

8. DATA ANALYTICS

- ABITUDINI DEGLI UTENTI TRAMITE ASSOCIATION RULE LEARNING

Si è deciso di trovare le regole di associazione nel contesto dei dispositivi intelligenti della Smarthome.

Attraverso l'algoritmo Apriori, si sono trovati le regole associative forti tra i Dispositivi.

1) Individuazione Items e Transazioni

L'insieme degli Item è l'insieme dei Dispositivi registrati nel database.

Le Transazioni sono individuate nel modo seguente:

Per ogni Interazione I nello schema INTERAZIONE, si considera l'intervallo di tempo

$[I.Inizio - left_range, I.Inizio + right_range]$

Con *left_range* e *right_range* parametri variabili, scelti di default 5 e 20 minuti.

L'insieme dei Dispositivi che sono stati accessi in questo intervallo è considerato una transazione.

Le transazioni sono poi filtrate per il loro numero di componenti, rispetto ad un parametro *transaction_min_lenght*, di default 2 (ovvero scarto le transazioni con un solo elemento).

Creando e popolando il database di transazioni, si ottiene come in figura1:

ID	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	2	0	0	5	0	0	0	0	10	11	0	0	0	0	0
4	0	2	0	0	5	0	0	0	0	10	11	0	0	0	0	0
5	0	2	0	0	5	0	0	0	0	10	11	0	0	0	0	0
6	0	2	0	0	5	0	0	0	0	10	11	0	0	0	0	0
7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	11	0	0	0	15	0
13	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	11	0	0	0	15	0
14	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	11	0	0	0	15	0

Figura1: Database delle Transazioni: le colonne D1, ..., D16 sono i ID dei Dispositivi

2) Algoritmo Apriori in MySQL.

Una volta ottenuto le transazioni, si applica l'algoritmo Apriori su di essa.

Per rendere l'algoritmo iterabile per un numero variabile di volte, abbiamo creato delle functions e stored procedures che generano codice dinamico usando concat di stringhe, eseguite con prepare ed execute. Ma in pratica è poco leggibile come codice.

Per semplicità, nel paragrafo 4 dello script, abbiamo riportato il codice per esteso che sarebbe stato generato per eseguire l'algoritmo, fino alla quarta iterazione.

All'inizio, si è creato una tabella di supporto ITEMS, utile successivamente per trovare la cardinalità degli itemset. Contiene i dati delle Transazioni T sotto forma di coppie

$\{T.ID, T.D[i]\}$

Per esempio, la transazione ID=3 in figura1 ha {2,5,10,11}, allora la tabella di supporto avrà le coppie {3,2}, {3,5}, {3,10}, {3,11}.

Iterazione 1: Si crea la tabella C1, con i relativi Support, sfruttando la tabella ITEMS. Poi si crea da essa la tabella dei Large Itemset L_1

```
Support(X) = X.Count1 / Total

create table L1 as
select * from C1 where Support > @Support;
```

Item1	Count1	Total	Support
1	4	23	0.173913043
2	7	23	0.304347826
3	2	23	0.086956521
5	7	23	0.304347826
9	2	23	0.086956521
10	14	23	0.608695652
11	12	23	0.52173913
15	5	23	0.217391304
16	9	23	0.391304347

Figura2: Esempio di Tabella C1

Successivamente ad ogni passo k dell'iterazione si ripetono i seguenti 3 passi:

1. Passo di Join: Si generano i nuovi candidati C_k a partire dai Large Itemset L_{k-1} .

```
477 select Item1, Item2,
478        a.Item3,
479        b.Item3 as Item4
480 from L3 a
481 inner join L3 b using(Item1, Item2)
482 where a.Item3 <> b.Item3
```

Figura3: Esempio Codice per genere i Candidati C3 da Large 2-Itemset

2. Viene calcolato il Support dei candidati C_k (usando la tabella di support ITEMS) e tutti i valori delle varie Confidence($X \rightarrow Y$)

Item1	Item2	Item3	Count1	Count2	Count3	Total	Support	Confidence1	Confidence2
2	5	10	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
2	5	11	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
2	10	5	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
2	10	11	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
2	11	5	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
2	11	10	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	2	10	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	2	11	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	10	2	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	10	11	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	11	2	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
5	11	10	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
5	11	15	7	7	3	23	0.1304	0.4286	0.4286
5	15	11	7	3	3	23	0.1304	0.4286	1.0000
10	2	5	14	7	4	23	0.1739	0.2857	0.5714
10	2	11	14	7	4	23	0.1739	0.2857	0.5714
10	5	2	14	4	4	23	0.1739	0.2857	1.0000
10	5	11	14	4	4	23	0.1739	0.2857	1.0000
10	11	2	14	9	4	23	0.1739	0.2857	0.4444
10	11	5	14	9	4	23	0.1739	0.2857	0.4444
10	11	16	14	9	5	23	0.2174	0.3571	0.5556
10	16	11	14	7	5	23	0.2174	0.2857	0.7143

Figura4: Esempio dei Candidati C_3 con i relativi Support e Confidence

3. Passo di Pruning: viene creato la tabella dei Large Itemset L_k dove mantenuti solo i record con Support superiori al valore dato dall'utente. In questo modo è soddisfatto la proprietà: i sottoinsiemi dell'itemset sono a loro volta dei large itemset. In quanto è facile verificare che:

Dato un insieme $S = \{a, b, c, \dots, n\}$, la cardinalità di S nel database di Transazioni è sempre minore o uguale alla cardinalità di un qualunque suo sottoinsieme $\text{subset}\{S\}$.

Di conseguenza lo è anche il loro Support.

$$|S| \leq |\text{subset}\{S\}|$$

$$\text{Support}(S) = (|S|/\text{Total}) \leq (|\text{subset}\{S\}|/\text{Total}) = \text{Support}(\text{subset}\{S\})$$

$$\text{Support}(S) \leq \text{Support}(\text{subset}\{S\})$$

Da ciò segue che

$$\text{se } \text{Support}(S) \geq \text{SupportRichiesto} \implies \text{Support}(\text{subset}\{S\}) \geq \text{SupportRichiesto}$$

Nota sul codice:

Nel codice, per semplicità, i nomi delle colonne sono scritte nella forma

$$\text{Count}[n] \text{ e } \text{Confidence}[n].$$

$\text{Count}[n]$ vuol dire cardinalità dell'insieme $\{\text{Item1}, \dots, \text{Item } n\}$

Confidence[n] vuol dire Confidence(X -> Y)

dove X = {Item1, ..., Item n} Y = {Item n+1, ..., Item k}

Item1	Item2	Item3	Count1	Count2	Count3	Total	Support	Confidence1	Confidence2
2	5	10	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
2	5	11	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
2	10	5	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
2	10	11	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
2	11	5	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
2	11	10	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	2	10	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	2	11	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	10	2	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	10	11	7	4	4	23	0.1739	0.5714	1.0000
5	11	2	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
5	11	10	7	7	4	23	0.1739	0.5714	0.5714
5	11	15	7	7	3	23	0.1304	0.4286	0.4286
5	15	11	7	3	3	23	0.1304	0.4286	1.0000
10	2	5	14	7	4	23	0.1739	0.2857	0.5714
10	2	11	14	7	4	23	0.1739	0.2857	0.5714

Figura5: Esempio di Large 3-Itemset

Count2 vuol dire Count {Item1, Item2}

Count3 è Count {Item1, Item2, Item3}

Confidence1 è Confidence(Item1 --> Item2, Item3)

Confidence2 è Confidence(Item1, Item2 --> Item3)

Ricavare le regole forti

Una volta trovato tutti i Large k-Itemset, basta unirli e selezionare gli Itemset con Confidence desiderati. Così si sono ottenuti tutti gli Itemset che hanno Supporto e Confidence richiesti dall'utente.

Nello script il Large Itemset totale è generato dinamicamente dallo stored procedure

```
get_Association_rules()
```

Si ottiene così la tabella L con le regole forti:

Item1	Item2	Item3	Item4	Item5	Confidence1	Confidence2	Confidence3	Confidence4	Support
10	16	11	null	null	0.3571	0.7143	null	null	0.2174
11	2	5	null	null	0.3333	1.0000	null	null	0.1739
11	2	10	null	null	0.3333	1.0000	null	null	0.1739
11	5	2	null	null	0.3333	0.5714	null	null	0.1739
11	5	10	null	null	0.3333	0.5714	null	null	0.1739
11	5	15	null	null	0.2500	0.4286	null	null	0.1304
11	10	2	null	null	0.3333	0.4444	null	null	0.1739
11	10	5	null	null	0.3333	0.4444	null	null	0.1739
11	10	16	null	null	0.4167	0.5556	null	null	0.2174
11	15	5	null	null	0.2500	1.0000	null	null	0.1304
11	16	10	null	null	0.4167	1.0000	null	null	0.2174
15	5	11	null	null	0.6000	1.0000	null	null	0.1304
15	11	5	null	null	0.6000	1.0000	null	null	0.1304
16	10	11	null	null	0.5556	0.7143	null	null	0.2174
16	11	10	null	null	0.5556	1.0000	null	null	0.2174
2	5	10	11	null	0.5714	1.0000	1.0000	null	0.1739
2	5	11	10	null	0.5714	1.0000	1.0000	null	0.1739
2	10	5	11	null	0.5714	0.5714	1.0000	null	0.1739
2	10	11	5	null	0.5714	0.5714	1.0000	null	0.1739
2	11	5	10	null	0.5714	1.0000	1.0000	null	0.1739

Figura6: Esempio di Large Itemset finale

Considerazioni:

Si noti che la tabella Large Itemset d'esempio ha al massimo 5-Itemset, anche se i dispositivi in figura1 erano in totale 16. Questo perché se un'iterazione non ha più candidati C_k , non ha più senso continuare e quindi lo fermiamo.

Inoltre si nota come molte righe hanno gli stessi Itemset, ma in un ordine diverso. Questo è voluto, poiché le regole da cui si generano sono in generale diverse ed in generale saranno diverse anche i loro Confidence.

Per esempio, da $\{A, B, C\}$ e $\{B, A, C\}$, i valori della Confidence1 si riferiscono a regole diverse:

$$\text{Confidence1}(A \rightarrow BC), \text{Confidence1}(B \rightarrow AC)$$

Ma sono presenti anche casi uguali come la Confidence2

$$\text{Confidence2}(AB \rightarrow C) = \text{Confidence2}(BA \rightarrow C)$$

Quindi ci possono essere regole ripetute ma sicuramente non ci sono 2 righe che individuano tutte le stesse regole.

Questo è un limite del nostro codice, ma non è facile risolvere per la struttura SQL.

- OTTIMIZZAZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI

Si vuole attuare un piano di ottimizzazione riguardante l'efficienza energetica in modo da migliorare l'impiego di energia rinnovabile disponibile. Nei seguenti punti sarà introdotto l'algoritmo che soddisfa tale richiesta, cercando di capire inoltre come esso è stato implementato sul DBMS.

La funzione d'analisi dovrebbe funzionare al tempo `current_timestamp()`, ma nel database non abbiamo popolato dati recenti. Quindi usiamo una variabile globale `@tempo` per eseguirlo nei giorni interessanti.

In un certo istante temporale vengono calcolati dei *parametri fondamentali*:

- 1) Il *consumo istantaneo della casa* (relativo alle ultime interazioni dei dispositivi accesi).
- 2) *Produzione energetica* dei pannelli fotovoltaici (in riferimento all'ultimo rilevamento).
- 3) *Ultimo irraggiamento* (relativo all'ultima rilevazione).
- 4) *Irraggiamento previsto*.

Il codice che implementa il primo punto (consumo della casa) controlla per prima cosa la tabella *'Interazione'* le impostazioni attuate sui dispositivi accesi al momento `@tempo`. Per ciascuna di esse viene esaminata la *potenza istantanea* in kW:

- Nel caso riguardante una regolazione di potenza, vado a visionare nella tabella *Potenza* il consumo relativo a tale dispositivo con tale regolazione.
- Nel caso riguardante una regolazione di programma, vado a visionare nella tabella *Programma* il consumo relativo a tale dispositivo con tale regolazione.
- Se non c'è una regolazione, in questo caso è un dispositivo a consumo fisso, quindi, basta controllare la sua potenza nella tabella *Dispositivo*.

```
# Calcolo le potenza totale richiesta dai Dispositivi accesi
with Interazioni_attive as (
    select * from Interazione
    where @tempo between Inizio and ifnull(Fine,now())
),
consumi_attivi as (
    select pt.Consumo as ConsumoPotenza,
           pg.Potenza as ConsumoProgramma,
           d.Potenza as ConsumoFisso
    from Interazioni_attive i
    left outer join Potenza pt on Potenza = IDPotenza
    left outer join Programma pg on Programma = IDProgramma
    left outer join Dispositivo d on i.Dispositivo = IDDispositivo
)
select ifnull(sum(ConsumoPotenza),0) + ifnull(sum(ConsumoProgramma),0) + ifnull(sum(ConsumoFisso),0)
from consumi_attivi
into consumo_dispositivi;
```

Adesso è necessario calcolare il consumo derivante dai dispositivi di condizionamento e dei dispositivi di illuminazione dalle tabelle 'Condizionamento' e 'Illuminazione'. Il seguente script implementa tale azione.

```
#Potenza totale richiesta dai Condizionatori accesi
select sum(PotenzaMedia) into consumo_condizionamento
from Condizionamento
    inner join Condizionatore on Condizionatore = IDCondizionatore
where @tempo between Inizio and ifnull(Fine,now());

#Potenza totale richiesta dalle Luci accese
select sum(it.Potenza) into consumo_illuminazione
from Illuminazione i
    inner join Intensita it on (i.Intensita = it.Livello and i.Luce = it.Luce)
where @tempo between Inizio and ifnull(Fine,now());

set consumo_totale = ifnull(consumo_dispositivi,0) +
    ifnull(consumo_condizionamento,0) +
    ifnull(consumo_illuminazione,0);
```

A questo punto possiamo calcolare il consumo complessivo della casa sommando le tre variabili 'consumo_dispositivi', 'consumo_condizionamento', 'consumo_illuminazione' il cui risultato è nella variabile 'consumo_totale'.

Calcoliamo ora la potenza media (in kW) generata dai pannelli in quell'istante, calcolata con la seguente formula:

$$P = \text{Irraggiamento} * \text{superficie} * \text{rendimento}.$$

Inoltre, memorizziamo in 'ultimo_irraggiamento' l'ultima rilevazione di irraggiamento da parte dei pannelli fotovoltaici, il seguente script implementa tale azione

```
select avg(Irraggiamento), avg(Irraggiamento*PF.Superficie*PF.Rendimento) as potenza
from EnergiaProdotta EP
inner join
    pannellofotovoltaico PF on EP.Pannello=IDPannello
where Timestamp <= @tempo and Timestamp = (select max(Timestamp)
    from EnergiaProdotta
    where Timestamp <= @tempo)

into ultimo_irraggiamento, potenza_pannello;
set potenza_pannello=potenza_pannello/1000;
```

A questo punto dobbiamo calcolare l'irraggiamento previsto nelle successive ore, un dato fondamentale per raggiungere l'efficienza energetica. Abbiamo deciso di implementare il seguente algoritmo:

- Prendo in considerazione l'irraggiamento nei 30 giorni precedenti
- Per ognuno di questi giorni mi interesso delle due ore giornaliere successive di hour(@tempo) compresa anche l'ora attuale.
- A questo punto prendo in considerazione i giorni che hanno un livello di irraggiamento di partenza simile a quello dell'ora attuale (che differisca al massimo in valore assoluto di 50)
- Come ultimo passo calcolo una media finale relative ai livelli di irraggiamento dei giorni che rispettano la condizione del punto precedente.

```
with giorni_target as (  
    select day(EP.Timestamp) as giorno,  
           time(EP.Timestamp) as ora,  
           EP.Irraggiamento ,  
           (  
               select ep2.Irraggiamento between ultimo_irraggiamento - 50 and ultimo_irraggiamento + 50  
               from EnergiaProdotta ep2  
               where hour(@tempo) = hour(ep2.Timestamp) and EP.Timestamp = ep2.Timestamp  
           ) as giorno_simile  
  
    from EnergiaProdotta EP  
    where EP.Timestamp >= @tempo - interval 1 month  
           and hour(EP.Timestamp) between hour(@tempo) and hour(@tempo) + 2  
) ,  
media_giorni_simili as (  
    select Giorno, avg(Irraggiamento) as media_3_ore  
    from giorni_target  
    group by giorno  
    having sum(giorno_simile) is true  
)  
select avg(media_3_ore) into irraggiamento_previsto  
from media_giorni_simili;
```

Arrivati a questo punto avendo a disposizione dei quattro parametri fondamentali rispettivamente nelle variabili *'consumo_totale'*, *'potenza_pannello'*, *'ultimo_irraggiamento'* *'irraggiamento_previsto'*, posso attuare delle valutazioni che mi permettono di inviare un suggerimento per l'attivazione di un dispositivo con un relativo programma.

Abbiamo imposto una condizione necessaria: l'irraggiamento previsto deve essere maggiore dell'ultimo irraggiamento (questa condizione dice che nelle successive ore avrò una produzione energetica maggiore rispetto alla produzione energetica relativa all'ultima rilevazione); oltre a controllare se l'ultima produzione energetica è maggiore del consumo attuale della casa.

Se tale condizione è soddisfatta, memorizzo nella variabile *'energia_disponibile'* la potenza energetica in surplus che dispongo in questo momento. A questo punto ho la possibilità di visionare quale programma abbia il consumo che si avvicini di più al valore di energia disponibile. Il seguente script implementa ciò:

```

if irraggiamento_previsto >= ultimo_irraggiamento and potenza_pannello > consumo_totale then
# ho la possibilità di anticipare l'accensione di un dispositivo quindi invio un suggerimento sull'app,
# in quanto il livello di irraggiamento mi permette di fronteggiare il nuovo consumo

set energia_disponibile = (potenza_pannello - consumo_totale);

# trovo il programma che si 'avvicina' di piu' al valore di energia disponibile
select P.IDProgramma,P.Potenza
into programma_da_attivare,consumo_programma
from programma P
order by abs(P.Potenza-energia_disponibile)
limit 1;

```

Adesso possono verificarsi delle situazioni da gestire:

La prima è che l'energia disponibile sia maggiore o uguale del programma da attivare. Questa situazione mi permette di inviare il suggerimento con tale programma e con inizio uguale al @tempo. Ho la certezza che riuscirò a fronteggiare il nuovo consumo della casa (se il suggerimento verrà accettato), in quanto sappiamo che con l'irraggiamento attuale ho una quantità di energia sufficiente all'accensione del programma e che l'irraggiamento previsto sarà maggiore dell'irraggiamento attuale (quindi che abbia una quantità energetica prodotta dai pannelli fotovoltaici maggiore di quella attuale). Il seguente script implementa tale considerazione.

```

if energia_disponibile>=consumo_programma then -- invio il suggerimento sull'app tranquillamente,
-- se maggiore il resto dell'energia verrà venduta
insert into suggerimento (Inizio,Programma)
values (current_timestamp(),programma_da_attivare);
end if;

```

L'altro caso da prendere in considerazione è che '*energia_disponibile*' sia minore del '*consumo_programma*'. A questo punto è calcolare l'energia mancante per tale programma: basta sottrarre a '*consumo_programma*' il valore di '*energia_disponibile*' e moltiplicare per la durata del programma; il risultato è memorizzato nella variabile '*energia_mancante*'. Adesso basta controllare in batteria se ho una quantità sufficiente all'accensione del programma, se ciò accade allora procedo nell'inviare il suggerimento. Il seguente script implementa ciò che è stato detto ora.

```

if consumo_programma > energia_disponibile then -- controllo in batteria se ho energia sufficiente per l'accensione del dispositivo con quel programma
set energia_mancante = consumo_programma-energia_disponibile;
set energia_batteria = (select EnergiaRimanente from batteria);
if energia_batteria > energia_mancante then -- in batteria ho il rimanente per fronteggiare il consumo del programma da attivare,
-- posso inviare il suggerimento tranquillamente
insert into suggerimento (Inizio,Programma)
values (@tempo,programma_da_attivare);
end if;
end if;
end if;

```

Come è stato detto nel caso precedente, anche qui sappiamo che '*irraggiamento_previsto*' sia maggiore o uguale dell'irraggiamento attuale, condizione che può assicurarmi di avere un surplus

maggiore di energia prodotta. La seguente procedura può essere usata da un EVENT o TRIGGER che gestisce i suggerimenti.

ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Adesso vediamo un esempio di applicazione della funzione analitica descritta sopra.

Per primo vediamo il caso in cui il suggerimento può essere inviato, infatti esaminiamo lo script seguente:

```
insert into interazione(Dispositivo,Inizio,Fine,Consumo,Account,Potenza,Programma)
values (1,'2021-08-31 12:19',null,null,'Paolo',null,null),(16,'2021-08-31 12:24',null,null,'Paolo',21,null),
(12,'2021-08-31 12:19',null,null,'Giovanna',null,13);

/* insert into Condizionamento (Condizionatore, Inizio, Account, Temperatura, Umidita, Fine)
values (1,'2021-08-31 12:33','Paolo', 20, 50, null);*/

insert into Illuminazione (Luce, Inizio, Fine, TemperaturaColore, Intensita, Account)
values (3,'2021-08-31 12:21', null, 6000, 2, 'Francesco'),
(4,'2021-08-31 12:41', null, 5000, 1, 'Giovanna'),
(5,'2021-08-31 12:34', null, 5000, 1, 'Giovanna');

call analytics_1();
SELECT * FROM smarthome.suggerimento;
```

Nella situazione attuale abbiamo i seguenti valori:

irraggiamento_previsto	ultimo_irraggiamento	potenza_pannello	consumo_totale	consumo_dispositivi	consumo_condizionamento	consumo_illuminazione
356.416675	340	2.04	1.689	1.6500000000000001	NULL	0.039

Possiamo vedere come nel seguente contesto il suggerimento venga inviato, in quanto vengono rispettate le condizioni cioè riguardo l'irraggiamento previsto e potenza pannello.

Se invece viene tolto il commento relativo all'inserimento del condizionamento abbiamo la seguente situazione:

irraggiamento_previsto	ultimo_irraggiamento	potenza_pannello	consumo_totale	consumo_dispositivi	consumo_condizionamento	consumo_illuminazione
356.416675	340	2.04	2.8890000000000002	1.6500000000000001	1.2	0.039

In questo contesto il suggerimento non viene inviato in quanto la condizione '*potenza_pannello*' > '*consumo_totale*' non viene rispettata.

Per testare lo script è stato necessario usare una variabile tempo definita in questo modo:

```
set @tempo='2021-08-31 12:59';
```

Permette di avere una coerenza con i record inseriti in *'test_analytics_2.sql'* e quindi di prendere visione del funzionamento della funzione. Inoltre, per stampare a video l'output relativo ai parametri fondamentali (la seconda e terza immagine sopra partendo da qui) è presente una select nella procedura, che lasciamo commentata.

Si può facilmente immaginare come in una tipica giornata estiva dove l'irraggiamento dei pannelli è molto alto ed il consumo della casa pressoché nullo (caso in cui gli abitanti della smart home non siano presenti), la funzionalità implementata invia un suggerimento sull'app.

❖ STIMA DEL CONSUMO DEI CONDIZIONATORI

Per la stima del consumo dei Condizionamenti d'aria, si è adottato un approccio euristico.

Dati necessari:

Livello Efficienza Energetica della stanza, Livello Dispersione della stanza,
Temperatura desiderata,
Inizio e Fine del Condizionamento,
Temperature esterne ed interne, di tutta la durata del condizionamento.

Il Livello di Efficienza Energetica è stato ridefinito come: *“fattore che determina la potenza media P necessaria a riscaldare/raffreddare la stanza, a partire da una temperatura interna ed una esterna”*

$$P_{eff} = Eff * \Delta T$$

Livello di Dispersione: *“fattore che determina la potenza media P necessaria a mantenere la temperatura della stanza, a partire da una temperatura interna ed una esterna”*

$$P_{disp} = Disp * \Delta T$$

Poiché le temperature interne ed esterne cambiano nel tempo, non è immediato calcolare il consumo totale. L'approccio euristico calcola iterativamente, ad ogni intervallo di tempo “scan_step”, la potenza media ed il relativo consumo, necessarie al Condizionatore.

La variabile *scan_time* parte dall'Inizio, aumenta il suo valore ad ogni passo iterativo, di “scan_step” minuti, ed arriverà fino alla Fine del Condizionamento.

Per ogni passo iterativo:

1. Si trovano le rilevazioni di temperature interne ed esterne più vicine a scan_time. Se le rilevazioni sono troppo distanti (per esempio oltre i 30 minuti), il risultato del calcolo è inaffidabile e quindi non ha più senso la stima. In tal caso l'algoritmo si ferma e restituisce null.
2. Ricavate le temperature, si procede al calcolo del consumo nell'intervallo di tempo scan_step:

Se la temperatura interna è uguale alla temperatura desiderata, Il consumo è dovuto al mantenimento della temperatura desiderata, per tutta la durata di scan_step:

$$E = P_{disp} * scan_step = Disp * \Delta T * scan_step$$

Altrimenti il consumo è dovuto al riscaldamento/raffreddamento della stanza:

$$E = P_{eff} * scan_step = Eff * \Delta T * scan_step$$

Il consumo totale sarà la somma dei risultati trovati ad ogni passo dell'iterazione.

Il risultato è solo approssimativo, dipende molto dalle rilevazioni di temperatura. A livello di algoritmo il risultato dipende molto dalla variabile scan_step. Più grande è, più sarà grossolana il risultato ottenuto. Per aumentare l'accuratezza bisogna mettere un scan_step piccolo, a costo di maggior numero di iterazioni da fare.