

Il comfortometro al CLE

Sistemi sociotecnici e risparmio energetico



© Michele d'Ottavio

Il contesto e il problema

Efficienza energetica negli smart buildings

- Rendere efficiente un edificio o un sistema di edifici o ancora grandi edifici tra loro collegati richiede uno sforzo trans-, multi-, inter- disciplinare
- Il CLE è un sistema di edifici tra loro collegati che raccoglie migliaia di studenti, amministrativi e docenti.
- Per funzionare richiede una grande quantità di energia, sia diretta che indiretta.
- Qui ci occuperemo essenzialmente di energia diretta

Alcuni dati sul CLE

- Circa 45mila mq di superficie, 36.000 mq di edifici, 14mila mq di verde, 70 aule per 8mila studenti,
- oltre 700 posti studio studio/consultazione collocati lungo le facciate (per un totale di circa 1 km)
- 10.000 persone la popolazione complessiva del Campus, tra studenti e personale
- 8.000 studenti in aula contemporaneamente
- 5 biblioteche riunite in una per un totale di oltre 620mila volumi, 330 posti letto, il tutto per un investimento complessivo di 135 milioni di euro.

Le inefficienze del CLE

- La bolletta energetica del CLE dipende da diversi fattori:
- Scarsa efficienza energetica della struttura (vetri non filtrati, luci sempre accese, temperature indoor troppo alte)
- Complicata regolazione della temperatura indoor (caldo d'inverno e freddo d'estate).
- Mancanza di una corretta e razionale applicazione della temperatura ai differenti spazi del Campus (uffici, aule per lezioni, biblioteca, laboratori)
- Comportamenti individuali scarsamente consapevoli del consumo energetico (luci accese, computer in stand by).
- Assenza di un sistema di interazione tra final users e sistema edificio.

Anno 2013

1. Consumo Energia Termica

529.129	m ³ metano
4.911.851	kWht
175.692	m ³ cubi riscaldati complesso CLE
2.668	GG reali anno solare 2013
2.617	GG convenzionali per Torino
183	durata periodo stagione riscaldamento reale e convenzionale
27,42	Energia termica Specifica (kWht/ m ³ / GG)
29,96	Energia termica Specifica senza correzione GG (kWht / m ³)

2. Consumo Energia Elettrica

5.222.555	kWhe
885.099,44	€
43.095,00	m ² complesso CLE
121,19	Energia elettrica Specifica (kWhe / m ²)

Il CLE come sistema sociotecnico

- Il CLE è un sistema socio-tecnico che implica l'assemblaggio di funzioni tecniche e comportamenti individuali e aggregati
- Per elaborare un piano sistematico di riduzione del consumo di energia occorre quindi agire su più piani interrelati:
 - Il piano tecnologico
 - Il piano sociale
 - Il piano individuale
 - Il piano ambientale
- Queste differenti dimensioni costituiscono un sistema sociotecnico nel quale tutte le componenti interagiscono

Sistemi di pratiche al CLE

- Al CLE sono individuabili vari sistemi di pratiche finalizzate che dovrebbero comportare differenti consumi di energia e differenti sistemi di comfort.
- Tali sistemi situati di attività si protendono oltre gli edifici del CLE comportando possibili ulteriori analisi.
- Lavorare: lavoro amministrativo e di docenza
- Studiare: lo studio di studenti, ricercatori, docenti avviene essenzialmente nella biblioteca.
- Organizzare (uffici)
- Coordinare (sale riunioni)
- Ricercare (attività di laboratorio)
- Insegnare (aule)
- Laureare
- Disseminare

Controllo remoto della temperatura

- Il CLE è dotato di un sistema di controllo remoto della temperatura degli spazi del complesso che permette la regolazione automatica del sistema di riscaldamento e raffreddamento.
- Tale sistema è tarato per mantenere la temperatura attorno ai 21 gradi d'inverno e ai 24 d'estate, con una discrezionalità di +3 e -3 sulle medie stabilite.
- Tuttavia, tale sistema di feedback negativi manca di alcuni aspetti:
 - Non riesce a individuare picchi di comfort/discomfort associati ai diversi sistemi situati di pratiche e rispondere ai vari bisogni.
 - Non fornisce in tempo reale informazioni sui consumi di energia ma regola solo la temperatura.
 - Non è dotato di interfacce funzionali e desiderabili per gli *end user* che permetta loro di interagire con il sistema.

Normativa temperature

- Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E. 6(1), E.6(2) e E.8, si assume una temperatura interna costante pari a 20° C, con discrezionalità +2.
- Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1) e E.6(2) si assume una temperatura interna costante pari a 26° C, con discrezionalità -2.

Il comfortometro:

un contributo per risolvere il
problema

Aspetti del comfort

- Il comfort è stato analizzato sulla base di alcuni grandi temi:
 - 1. Comfort, tecnologia e società
 - 2. Comfort e ambiente interno
 - 3. Comfort e clima esterno
 - 4. Comfort, salute e benessere
 - 5. Comfort, cultura e convenzioni sociali
 - 6. Comfort e cambiamento climatico

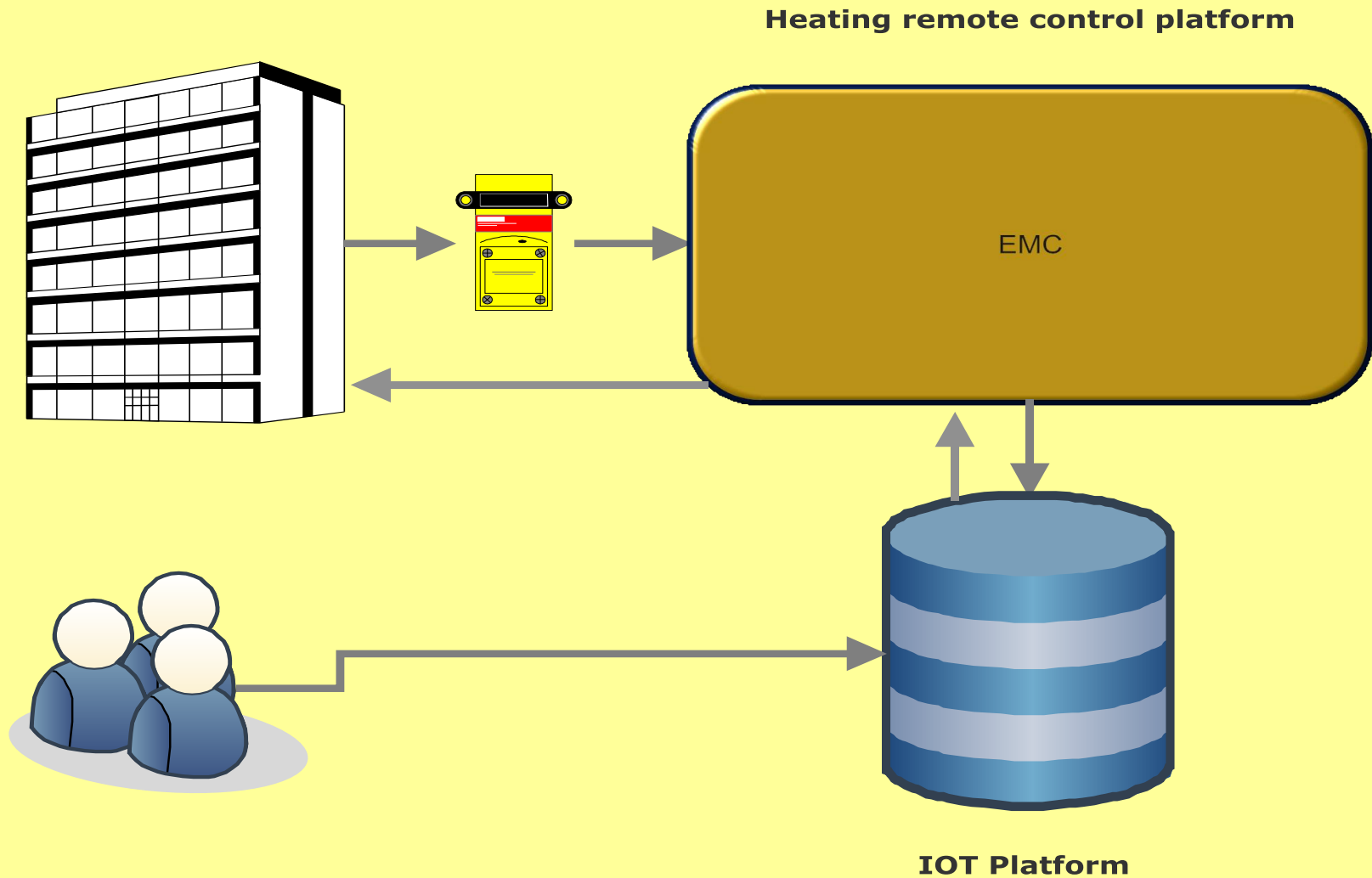
Cos'è il Comfortometro

- Un oggetto personale (indossabile) per la comunicazione tra la persona che lo indossa e il CLE
- Dotato di sensori: raccoglie dati
- Capace di interazione (es. tattile/visiva) per la comunicazione
 - Tra persona e CLE
 - Con sistemi di gestione

Il comfortometro

- Il comfortometro è un oggetto indossabile per rilevare e comunicare il comfort termico-acustico-luminoso delle persone nei diversi ambienti al fine e di ottimizzare il comfort delle persone e di ridurre i consumi.
- Si tratta di un gadget (anello, bracciale, ciondolo, gadget eventualmente integrato con altri quali smart card o chiavette USB) che registra le condizioni ambientali ma soprattutto permette all'utente di inviare feedback sul suo grado di comfort (in modo semplice tattile o attraverso semplici movimenti) a una piattaforma che raccoglie i dati per il gestore energetico.
- I dati inviati dall'utente finale alla piattaforma Internet of Things (IOT) permetterebbe l'adattamento della situazione termica indoor al comfort dell'utente.
- Gli stessi dati possono integrarsi con ed abilitare diversi tipi di servizi

Architettura del comfortometro



Obiettivi: risparmio energetico e comfort

- Il fabbisogno energetico del CLE è enorme.
- Un primo obiettivo è quindi la riduzione del consumo energetico del CLE
- Chi studia e lavora al CLE si trova spesso in condizioni sconfortevoli relative soprattutto alla temperatura interna dei locali e alla luce solare che penetra dalle finestre.
- Clima, illuminazione, umidità sono fattori che interagiscono con la qualità del comfort indoor percepito dalle persone che frequentano il CLE.
- Un secondo obiettivo è quindi il miglioramento del comfort indoor.

- I dati inviati dagli users con il comfortografo vengono incrociati con i dati di temperatura provenienti dal sistema di controllo remoto degli edifici del CLE.
- L'incrocio dei due dati può permettere la regolazione del sistema di riscaldamento/raffreddamento sul breve e lungo periodo, riducendo gradualmente le temperature indoor.
- Visto che la discrezionalità degli utenti finali si colloca tra +3 per il caldo e -3 per il freddo, una diminuzione di 1 grado può comportare un risparmio dell'8%.
- L'introduzione di una tecnologia per la rilevazione del comfort può cambiare gli stessi parametri di comfort attivando strategie di riduzione dei consumi energetici.

- I dati possono anche essere usati per realizzare forme di predizione
 - Lato CLE,
 - previsione dei flussi, incrociando i dati con i calendari, in modo di pianificare la gestione termica dei locali
 - Gestione personalizzata degli uffici e degli spazi
 - In presenza: attraverso la rilevazione della presenza/assenza e conseguente accensione/spegnimento/regolazione personalizzata dei servizi
 - Predittiva: sincronizzazione con i calendari delle persone
 - Monitoraggio presenze e flussi anche in ottica di sicurezza
 - Lato utenti per avere suggerimenti su come vestirsi, viste le pianificazioni del CLE
- In modo secondario potrebbero anche essere usati per la pianificazione più generale dell'uso dei locali

Aspetti del comfortometro

- Integrarsi con il sistema (i sistemi) di controllo energetico
- Aggiungere nuove possibilità a quelle offerte dall'ICT per monitorare e razionalizzare i consumi.
- Introdurre in tali sistemi una dimensione legata alla percezione e comportamento degli individui
- Creare opportunità di integrazione anche con altri sistemi di gestione,
 - Singolarmente: oggetto personale come chiave intelligente di accesso/monitoraggio/personalizzazione di ambienti e servizi
 - Su gruppi: strumento per monitoraggi e previsioni, e di supporto a decisioni/pianificazione

La soluzione proposta:

Wearable computing

Wearable computing

- Miniaturizzazione consente oggi di inserire a basso costo componenti elettronica in piccoli oggetti o tessuti
 - Sensori
 - Microprocessori
 - Dispositivi di input/output
 - Attuatori
- E di implementare nel microprocessore algoritmi in grado di far
 - Elaborare i dati da sensori (es. posizione, temperatura, ossigeno, Co2, luce, ...) o in input da utente (es input tattili o di movimento o legati ai sensori) ma anche input vocali
 - Comunicare con altri dispositivi (es telefono) e con altri oggetti (Internet of Things)
 - Elaborare input dagli utenti (sono programmabili come un qualunque PC)
 - Fornire output agli utenti, anche in questo caso tangibili (vibrazioni, sonori, luminosi)
- Facile prototipazione usando tecnologie a basso costo e condivise (es. Arduino, stampanti 3D, ...)

Wearable electronics

With chips shrinking and sensors becoming cheaper, personal computing is moving from that smartphone in your pocket to your arm, your wrist, right out to your fingertips.



Google Glass
Coming soon: eyeglasses that take photos and video that you can immediately share online, all with a few taps of your finger or the sound of your voice

The glove that calls home
Speaker on the thumb, microphone on the pinkie; 'Nuff said

Medical bands
Strap one on your arm and measure your heart rate and cholesterol

Accessorize for access
Jewelry, belts and bracelets will monitor your caloric intake, connecting you to the cloud

iWatch
Apple's much-rumored gadget could turn your wrist into an outpost for your iPhone

Wardrobe change on the go
Clothes can light up, advertise, change colors or become transparent

Wristbands
With the Nike+ Fuel Band, your gym workout just got more productive

High-tech fabric
Items such as knee socks from Uniqlo convert evaporating moisture on your body to heat

Come funziona il comfortometro

- Fornito a frequentatori del CLE
- Raccoglie dati e feedback (in modo passivo e con semplici forme di interazione) su
 - Come le persone usano il CLE
 - Il loro comfort ambientale
- Fornisce feedback alla persona
- Comunica con una piattaforma IoT di raccolta e integrazione dati
- Tali dati verranno analizzati con vari strumenti a supporto delle decisioni
- Possibile evoluzione: il device potrebbe fungere da smart card aumentata, garantendo l'accesso a una serie di servizi.
- In questo caso, si potrebbero anche monitorare i flussi di persone

Open Issues

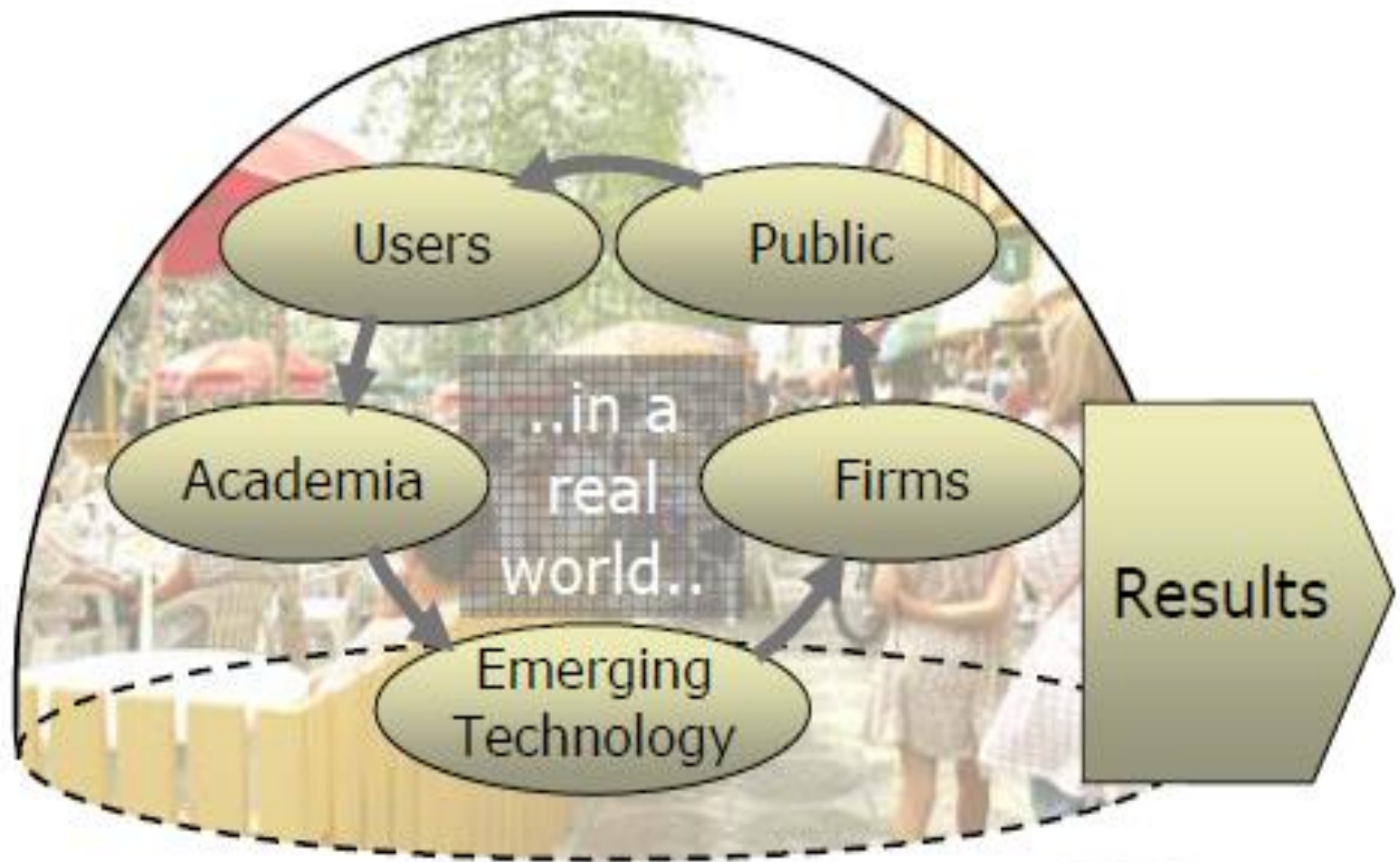
- Il comfort è soggettivo ma anche guidato da abitudini.
- Considerare dati utenti in contraddizione tra loro (ad es: alcune persone hanno caldo e altre freddo contemporaneamente) → **possibile soluzione** 1) usare tecniche di group modeling e di group adaptation per massimizzare la soddisfazione, 2) sistema che impara a conoscere l'utente e a interpretare il suo feedback di conseguenza in relazione a parametri oggettivi
 - vedere come gestire dati utenti in contraddizione con l'obiettivo di razionalizzare i consumi (ad es: le persone vogliono aumentare l'aria condizionata)
 - progettare un device che sia usabile/usato dalle persone nel contesto specifico
 - come motivare le persone all'uso del device e sostenibilità nel tempo

La modalità di lavoro

Creazione di un Living Lab

Il Living Lab

- Per realizzare il comfortometro intendiamo attivare un Living Lab.
- Il Living Lab è un ambiente costituito per la co-progettazione di strategie, percorsi, oggetti, tecnologie innovative, favorendo un processo di co-creazione che coinvolge in modo paritetico utenti, stakeholders, designers e sviluppatori sin dalle prime fasi di progettazione.
- E' un ecosistema aperto di innovazione che mette insieme, al fine di produrre cambiamenti utili e rilevanti nei sistemi socio-tecnici, utilizzatori finali, esperti, decisori, imprese.
- Il Living Lab consente una sperimentazione e una valutazione continua di quanto viene progettato, coinvolgendo gli utenti in modo prolungato e in situazioni “reali”.
- Il Living Lab sarà composto da circa 20 persone appartenenti a diversi cluster di agenti (docenti, personale tecnico amministrativo, studenti, esperti, realizzatori) che avrà il compito di progettare e guidare tutte le fasi di ideazione e realizzazione del comfortometro e di diverse strategie di risparmio energetico.



Attività preliminare allo sviluppo del Living Lab per la realizzazione del comfortometro è l'*osservazione* e lo *studio del contesto* di riferimento:

- Risulta utile condurre una primissima fase di osservazione in ‘shadowing’ del contesto.
- La finalità è osservare le pratiche di adattamento degli utenti del Cle rispetto allo stato attuale delle cose.
- Nel dettaglio sarà utile per:
 - Identificare bisogni latenti;
 - Identificare gli ‘utenti estremi’;
 - Studiare il comportamento degli utenti per agire in modo empatico sullo stesso.

- Con la fase di osservazione si intende rispondere a domande quali:
 - Di che cosa le persone si preoccupano in questo ambiente? Perché?
 - Quali sono le regole di comportamento in questo spazio?
 - Come si muove ‘l'energia’ in questo ambiente? Quali flussi di persone e per quali attività?
 - Cosa pensano le persone mentre esperiscono tale ambiente?
 - Esistono differenze tra comportamenti dichiarati e agiti in tale spazio? Perché?

- Le tecniche a sostegno dell'osservazione sono:
 - “Deep hanging out”: trascorrere del tempo in prossimità dei soggetti;
 - Fare un tour da un insider: assumere il ruolo e il punto di vista del soggetto;
 - Paparazzi: osservare e fotografare in modo anonimo l'ambiente.
- L'osservazione e l'annotazione di tali pratiche sarà funzionale a valutare eventuali concept di servizio realizzabili.

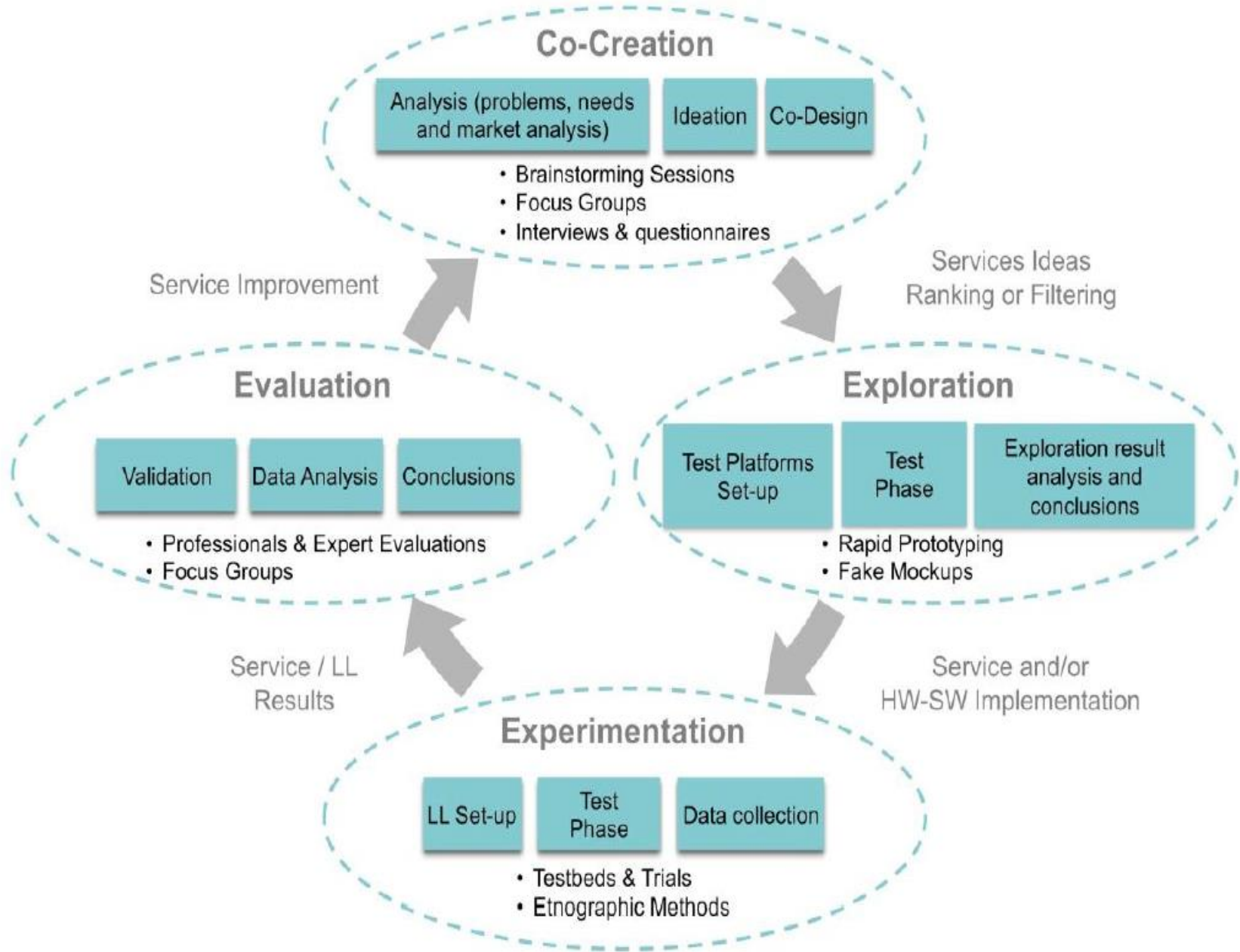
Fasi del Living Lab

- Per realizzare il Comfortometro sarà attivato un processo basato sulle seguenti fasi:
- A. Identificazione di problemi, bisogni, scenari, analisi costi-benefici, e la proposizione di soluzioni. Questo primo gruppo di attività verrà realizzato attraverso focus group, brain storming, interviste:
 - Identificazione dei problemi e dei bisogni dei frequentatori del CLE
 - Costruzioni di scenari possibili
 - Co-progettazione delle soluzioni ai problemi rilevati

- B. Un secondo gruppo di attività riguarderà la valutazione delle possibilità di accesso e della natura dei dati da raccogliere provenienti dagli edifici del CLE e dagli utenti che devono essere incrociati e confrontati. Tali dati devono confluire in una piattaforma IOT in grado di interfacciare edifici e agenti:
 - Raccolta e analisi dei dati forniti dalla Heating Remote Control Platform
 - Valutazione dei dati forniti dal comfortometro ed esplorazione della sua fattibilità
 - Realizzazione o adattamento della piattaforma IOT per l'analisi dei dati (picchi di disagio, temperature, umidità)
 - Valutazione dell'efficacia del middleware
 - Analisi dell'ontologia del progetto e del frame di riferimento (riduzione dei consumi e miglioramento del comfort)
 - test sulla capacità di comunicazione tra sensori dell'edificio, sistema di controllo delle temperature, piattaforma IOT e comfortometro

- C. Un terzo gruppo di attività riguarda la realizzazione del prototipo dell'oggetto e la sua sperimentazione
 - prototipizzazione dell'oggetto tecnologico
 - Sperimentazione dell'oggetto su un gruppo di 20 persone
 - valutazione dell'interazione tra agente ed oggetto
 - Valutazione dell'interazione tra agente-oggetto-piattaforma-edificio
- D. Un quarto gruppo di attività riguarda la valutazione finale del comfortometro da parte degli esperti e degli utenti presenti nel Living Lab, il confronto tra dati di consumo energetico nei momenti T0, T1, Tn, e le sue potenzialità di commercializzazione
 - Validazione
 - Analisi dei dati
 - valutazione commerciale e costi benefici

- E. Una ultima fase studierà, nel caso di valutazione positiva, le modalità di implementazione del progetto , eventualmente in partnership con enti/aziende esterne.



Il Gruppo di Lavoro

*Il progetto nasce da discussioni in Unito
(Centro interdipartimentale ICxT tra
Dipartimenti di Informatica, Cultura
Politica e Società, Management,
Giurisprudenza, Psicologia, ESOMAS)
insieme a Telecom Italia e CSP -
Innovazione nelle ICT.*