

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO - BICOCCA
Scuola di Scienze
Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione
Corso di laurea magistrale in Informatica

Progetto di Architetture del Software

Relazione di:
Refolli Francesco 865955

Anno Accademico 2024-2025

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Traccia	1
1.2	Legenda	2
2	Architettura del Problema	2
2.1	Assunzioni	2
2.2	Casi d'Uso	4
2.3	Dati del Problema	5
2.4	Attività dei Casi d'Uso	5
2.4.1	Acquisizione Parametro Sanitario	6
2.4.2	Acquisizione ADL	6
2.4.3	Acquisizione Attività Motoria	6
2.4.4	Invia Dati Paziente	7
2.4.5	Monitoraggio Anomalie Sanitarie	7
2.4.6	Gestione Anomalia	7
2.4.7	Controllo Aderenza Piano Terapeutico	8
2.4.8	Definizione Piano Terapeutico	8
2.4.9	Termina Gestione Anomalia	9
3	Architettura Logica	9
3.1	Partizionamento livellato	9
3.2	Partizionamento settoriale	11
3.3	Confronto e partizionamento scelto	13
4	Architettura Concreta	14
4.1	Diagramma dei Componenti	14
4.2	Diagrammi di Sequenza	14
4.2.1	Acquisizione ADL	14
4.2.2	Acquisizione Parametro Sanitario	15
4.2.3	Definizione Piano Terapeutico	15
4.2.4	Invia Dati Paziente	16
4.2.5	Termina Gestione Anomalia	16
4.2.6	Acquisizione Attività Motoria	17
4.2.7	Controllo Aderenza Piano Terapeutico	17
4.2.8	Gestione Anomalia	18
4.2.9	Monitoraggio Anomalie Sanitarie	19
5	Architettura di Deployment	20
6	Analisi di Qualità	20

1 Introduzione

1.1 Traccia

Si deve progettare e realizzare un sistema di monitoraggio remoto della salute di pazienti e di teleriabilitazione in previsione di un intervento chirurgico. I pazienti devono essere monitorati per i parametri fisiologici e rispetto alle attività della vita quotidiana, inclusa l'identificazione del fatto che il paziente svolge le attività previste dal piano di riabilitazione.

Se alcuni parametri rilevati superano delle **soglie**, il sistema **deve inviare un allarme al medico curante**, il quale deve mettersi in contatto con il paziente attraverso una chiamata. Si deve progettare un sistema di telemonitoraggio che:

1. acquisisce *in tempo reale* i dati dai sensori secondo tempistiche definite secondo il piano terapeutico del paziente.
2. supporta il medico nella ridefinizione del piano terapeutico (comporta la variazione delle frequenze di acquisizione dei parametri fisiologici).
3. deve automaticamente attuare il nuovo piano terapeutico.
4. controlla se si verificano situazioni anomale (valori dei parametri fisiologici al di fuori delle soglie).
5. nel caso di situazioni anomale, identifica un medico di turno affinché si rechi fisicamente dal paziente per una visita Nel caso di situazioni di allarme (tipo codice rosso), identifica l'ambulanza più vicina e l'ospedale più vicino in cui trasportare il paziente.
6. notifica il medico di turno identificato inviandogli la cartella sanitaria.
7. consente al medico di turno di inviare i parametri rilevati, la diagnosi ed altre informazioni relative allo stato di salute del paziente.
8. acquisisce dalla piattaforma di tracciamento le informazioni delle attività della vita quotidiana svolte.
9. verifica a fine giornata se nei momenti in cui doveva svolgere degli esercizi di riabilitazione, il paziente li ha svolti realmente.

1.2 Legenda

- **azioni**
- **attori**
- **dati**

2 Architettura del Problema

2.1 Assunzioni

I medici

- La nomenclatura dei medici è la seguente: il medico curante è definito **Medico di Base** (o MB), quello di turno è il **Medico di Turno** (o MT).
- Il Medico di Turno è inteso come personale della Guardia Medica o dell'Ospedale in mobilità che può gestire le anomalie.
- Il Medico di Turno, l'Ambulanza e l'Ospedale possono trovarsi al momento della chiamata in località diverse.
- Il Medico di Turno ha un elenco di destinatari a cui inviare i dati (specialisti, centralina AUSL) che non comprende il Medico di Base in quanto si assume che egli abbia accesso alle informazioni del suo paziente (aggiornate dal sistema).

- Il Medico di Turno termina la gestione dell'anomalia manualmente e può aggiungere una diagnosi alla cartella clinica del paziente.
- Si assume che il software con il quale i Medici, l'Ospedale, l'Ambulanza si interfacciano al sistema sia già esistente e il sistema da sviluppare si debba integrare con essi.
- Si assume che i sensori siano dotati di software proprio con il quale il sistema si deve *"semplicemente"* integrare (caso tipico dei dispositivi IoT/WoT).

Il monitoraggio

- Il Piano Terapeutico definisce il monitoraggio di un parametro assieme alle sue soglie (min, max) di normalità e al codice anomalia da assegnare in caso di superamento delle soglie.
- Con "superamento della soglia" si intende un valore fuori dal range (min, max).
- In caso di più soglie superate, il codice assegnato all'anomalia è quello più grave tra le violazioni.
- Un valore fuori soglia fa scattare l'anomalia se e solo se nel controllo precedente non era già stata superata.
- I dati rilevati dai sensori dei parametri sanitari sono salvati (cifrati) nel sistema per permettere al Medico di Turno e al Medico di Base di accedere allo storico recente (< 1 Mese) del paziente.
- Il sistema effettua i controlli solo quando i valori attualizzati si rendono disponibili (la frequenza di rilevazione di ciascuno è definita nel Piano Terapeutico).

Le anomalie

- Se una nuova violazione delle soglie avviene mentre la gestione di un'anomalia è in atto, il codice dell'anomalia è aggiornato mantenendo il codice più grave.
- Se il codice dell'anomalia è promosso da **non-grave** a **grave** (locuzione "Anomalia aggravata") allora viene attivata la sotto-procedura di gestione delle emergenze prevista (allerta di Ospedale e Ambulanza).
- L'anomalia gestita è salvata nello storico delle anomalie a supporto del Medico di Base (e del Medico di Turno nelle future anomalie).

Le stime

- Si prende come bacino d'utenza di riferimento l'AUSL di Piacenza.
- L'area ha una popolazione di circa 280K abitanti e di questi circa il 30 % è un assistito fragile (anziani, malati cronici ... etc).
- I medici di base sono circa 170, e ognuno ha circa 1500 assistiti. Di questi, si assume che il 2.5 % degli assistiti necessiti di cura domiciliare e/o si sottoponga ad un intervento (con piano terapeutico).
- Ovvero, si parla di circa 45 pazienti per medico di base; in totale nel sistema ci possono essere 7.5K assistiti.
- Il numero di emergenze 118 attivate nell'ultimo anno è stato 34K; con un pò di approssimazione si può stimare che la probabilità per un cittadino preso a caso di generare un'urgenza è del 12 %.

- Quindi, nel corso dell'anno ci possono essere in media 930 attivazioni (approssimando a 1000 per stimare anche le anomalie non emergenziali), per un totale di 3 anomalie al giorno.
- Siccome esistono parametri fisiologici che devono essere acquisiti con alte frequenze, si stima che un sensore possa in media produrre dati con frequenza di 50 Hz (ovvero 50/secondo).

2.2 Casi d'Uso

Sono stati identificati i seguenti casi d'uso:

- **U1:** Acquisizione Parametro Sanitario
- **U2:** Acquisizione ADL
- **U3:** Acquisizione Attività Motoria
- **U4:** Invia Dati Paziente
- **U5:** Monitoraggio Anomalie Sanitarie
- **U6:** Gestione Anomalia
- **U7:** Controllo Aderenza Piano Terapeutico
- **U8:** Definizione Piano Terapeutico
- **U9:** Termina Gestione Anomalia

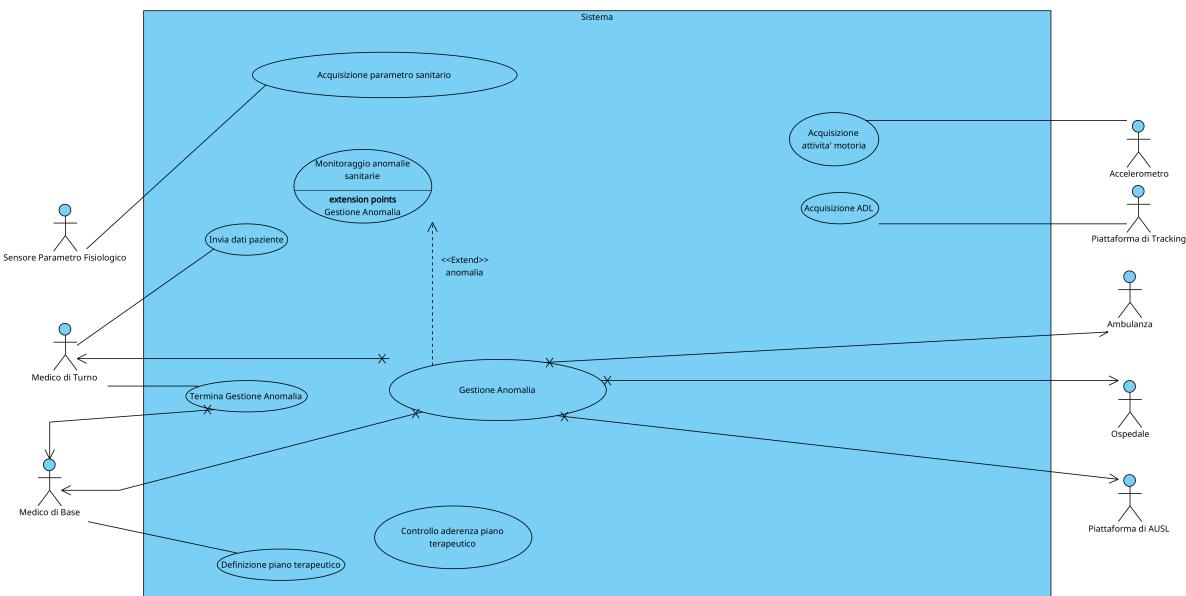


Figura 1: Diagramma dei Casi d'Uso

2.3 Dati del Problema

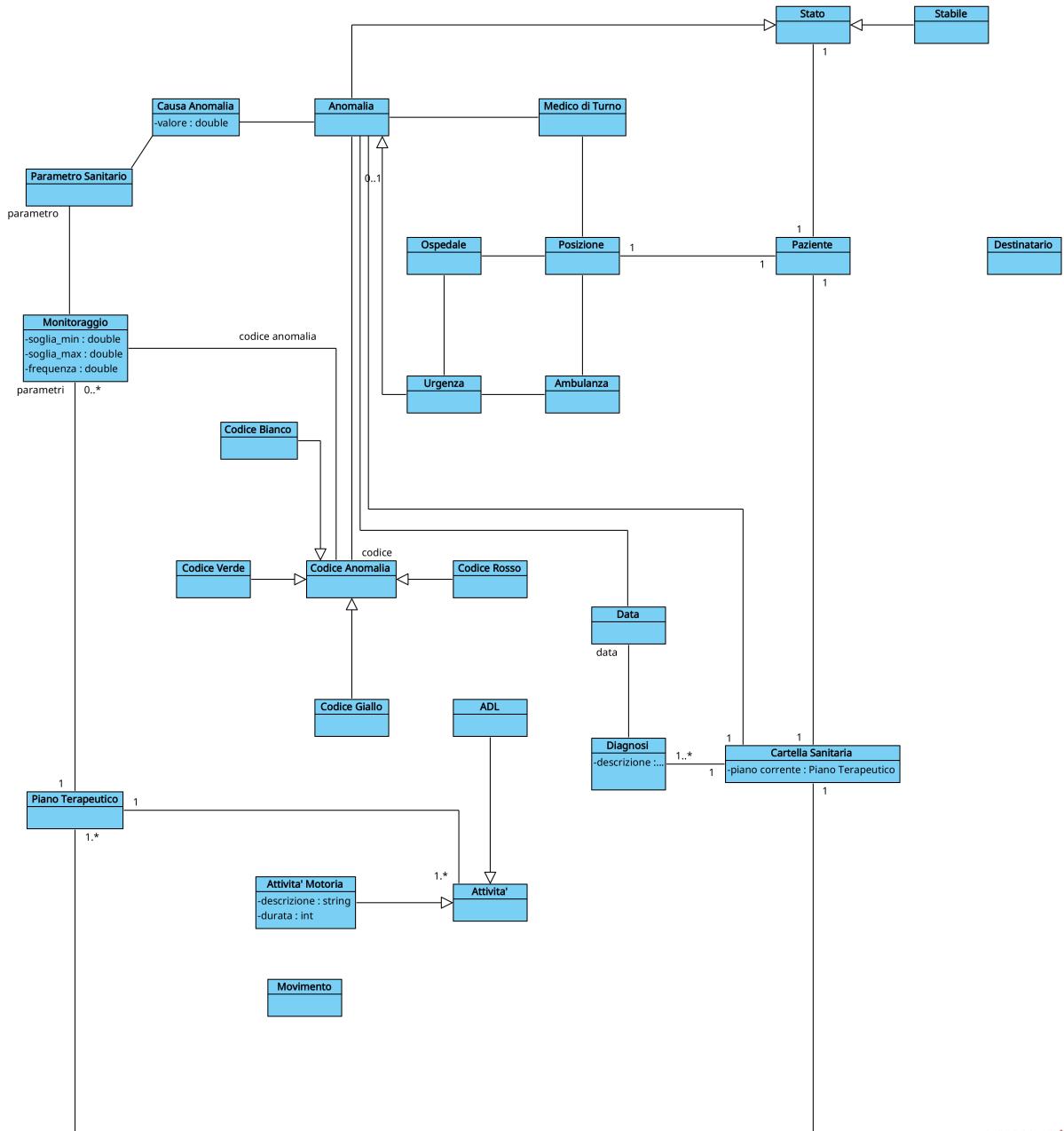


Figura 2: Diagramma dei Dati

2.4 Attività' dei Casi d'Uso

I casi d'uso a loro volta sono stati divisi nelle seguenti attività. I diagrammi contengono alcune note:

- In Arancio sono indicate delle informazioni di tipo funzionale.
- In Lilla sono indicate delle informazioni sui delay tra le attività.
- In Blu Scuro sono indicate delle informazioni sulla complessità delle attività (salvo esplicità indicazione, le attività del sistema hanno bassa complessità).

- In Verde sono indicate delle informazioni circa le frequenze massime previste per i flussi e le attività.
- Le frequenze fanno riferimento alla stima di 7.5K pazienti e alla stima di 3 anomalie giornaliere. In particolare si assume che i piani terapeutici siano stati già definiti al momento dell'inserimento del paziente e che vengano cambiati con la stessa frequenza con cui si verificano le anomalie per i pazienti.

2.4.1 Acquisizione Parametro Sanitario

Le frequenze sono alte per via del fatto che solitamente si tratteranno di parametri vitali e quindi è importante che il sistema possa ricevere molti dati in tempo reale e possa immagazzinarli per future elaborazioni.

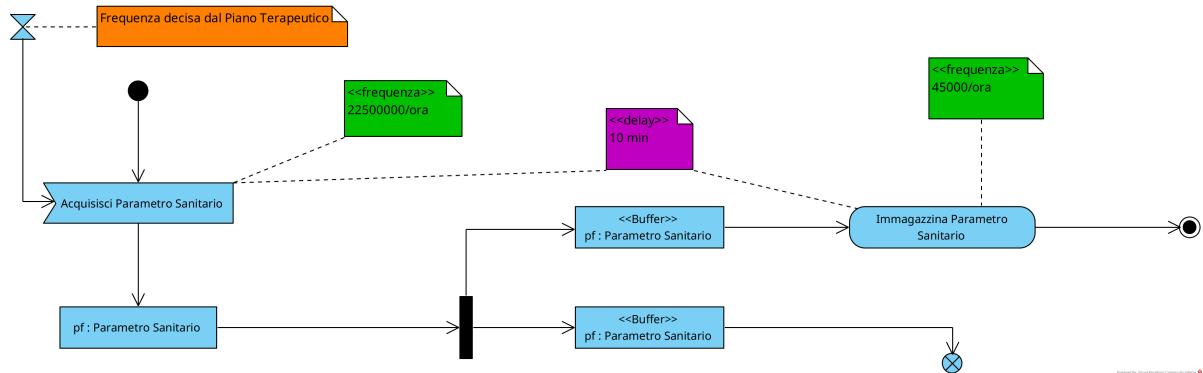


Figura 3: Acquisizione Parametro Sanitario

2.4.2 Acquisizione ADL

Le frequenze sono più basse rispetto alla rilevazione di parametri sanitari perché non rappresentano un pericolo immediato per il paziente ma solo una violazione del suo piano terapeutico.

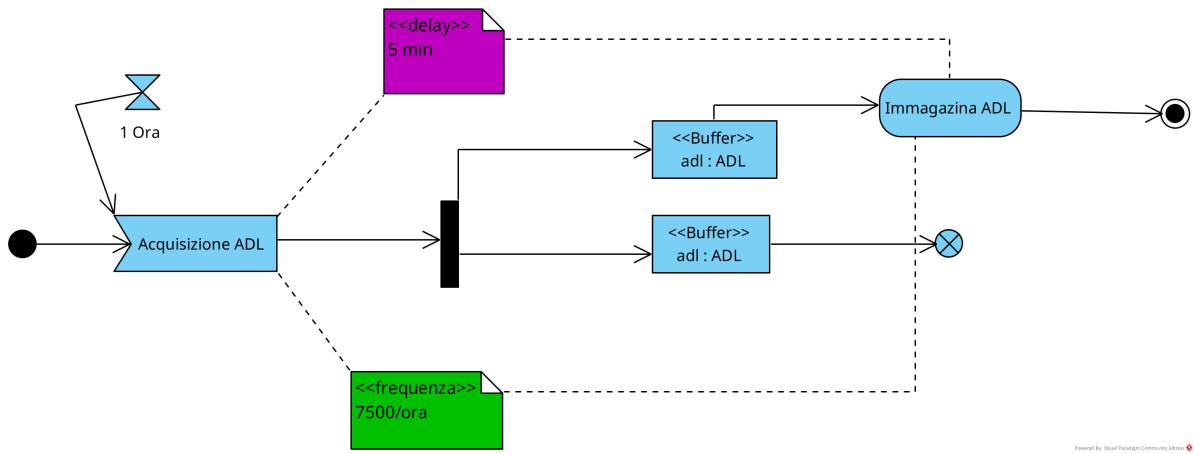


Figura 4: Acquisizione ADL

2.4.3 Acquisizione Attività Motoria

Le frequenze sono più basse rispetto alla rilevazione di parametri sanitari perché non rappresentano un pericolo immediato per il paziente ma solo una violazione del suo piano terapeutico.

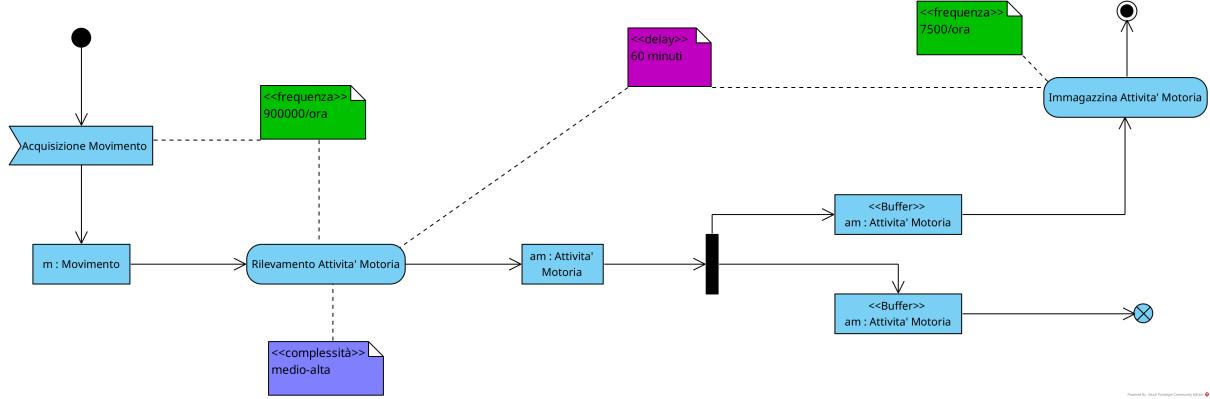


Figura 5: Acquisizione Attività Motoria

2.4.4 Invia Dati Paziente

Assumo che l'invio dei dati di un paziente sia strettamente correlato al suo stato anomalo.

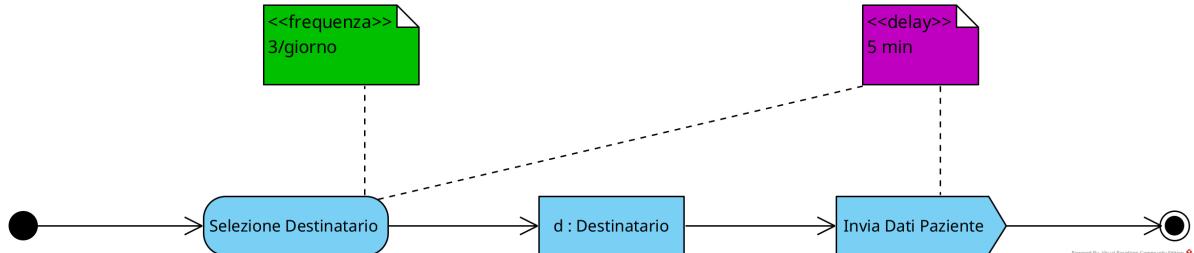


Figura 6: Invia Dati Paziente

2.4.5 Monitoraggio Anomalie Sanitarie

Se le rilevazioni di parametri sono molto frequenti allora anche la loro verifica deve essere altrettanto frequente. Vale la stima fatta in precedenza sulle anomalie dei pazienti (circa 3 al giorno). Una volta rilevata un'anomalia, la sua classificazione deve essere molto rapida perché alcune patologie sono tempo dipendenti.

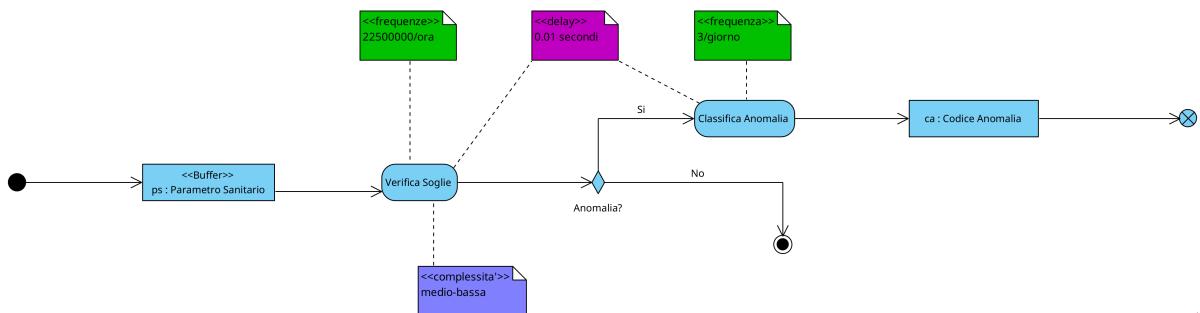


Figura 7: Monitoraggio Anomalie Sanitarie

2.4.6 Gestione Anomalia

L'identificazione delle risorse per gestirla (medico di turno, ambulanza e ospedale) deve essere relativamente rapida per la possibile presenza di patologie tempodipendenti. Siccome l'identificazione può concernere l'accesso di dati in tempo reale per l'allocazione delle risorse e una

comunicazione con la centrale operativa, il delay è più rilassato ¹ e la sua complessità è un filo più complessa rispetto alle altre.

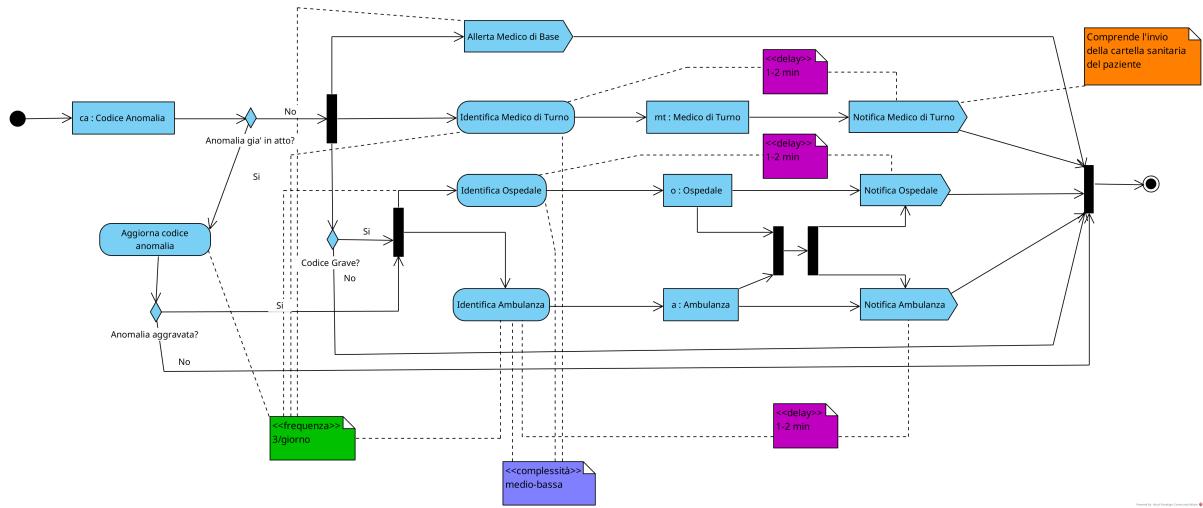


Figura 8: Gestione Anomalia

2.4.7 Controllo Aderenza Piano Terapeutico

L'aderenza al piano viene controllata una volta al giorno a mezzanotte *Ovvero allo scadere del giorno* e non essendo un'operazione complessa, nè eccessivamente prioritaria, può essere completata in una decina di minuti.

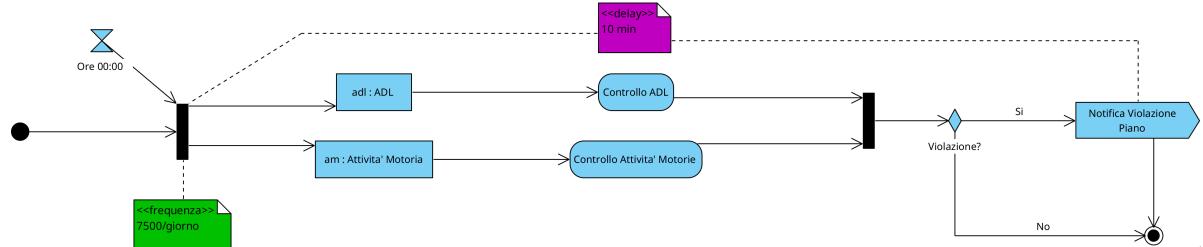


Figura 9: Controllo Aderenza Piano Terapeutico

2.4.8 Definizione Piano Terapeutico

Si assume che la ridefinizione del piano terapeutica sia strettamente correlata allo stato anomalo del paziente. Quindi valgono le considerazioni precedenti sulle frequenze di gestione delle anomalie. La ridefinizione del piano terapeutico deve essere completata entro il tempo di una normale sessione interattiva (di solito 30 minuti).

¹È un sistema distribuito, dopotutto

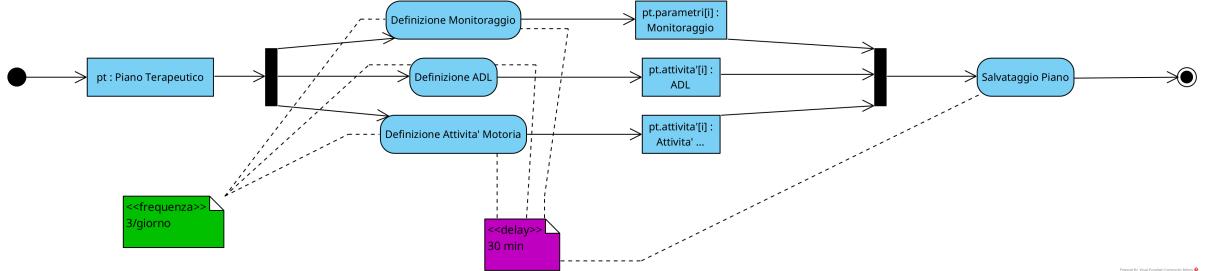


Figura 10: Definizione Piano Terapeutico

2.4.9 Termina Gestione Anomalia

Valgono le considerazioni precedenti sulle frequenze di gestione delle anomalie. Prevedendo un'opzionale dichiarazione di diagnosi, questa funzione deve essere completata entro il tempo di una normale sessione interattiva (di solito 30 minuti).

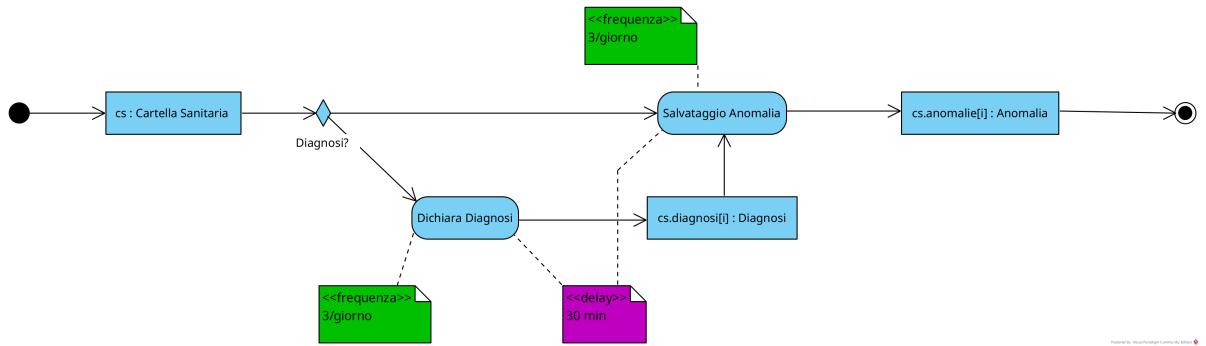


Figura 11: Termina Gestione Anomalia

3 Architettura Logica

Per l'architettura logica sono state realizzate due opzioni di partizionamento che verranno valutate in termini di metriche AL ai fini di scegliere la più vantaggiosa. Per favorire la comprensione, con il termine *modulo* si intende il componente dell'Architettura Logica. Con il termine *componente* ci riferisce invece al concetto di componente dell'Architettura Concreta.

3.1 Partizionamento livellato

Il sistema è diviso in 4 moduli:

- **C4:** Interazione Guidata Umana.
- **C3:** Gestione Emergenze.
- **C2:** Elaborazione Dati.
- **C1:** Acquisizione Dati.

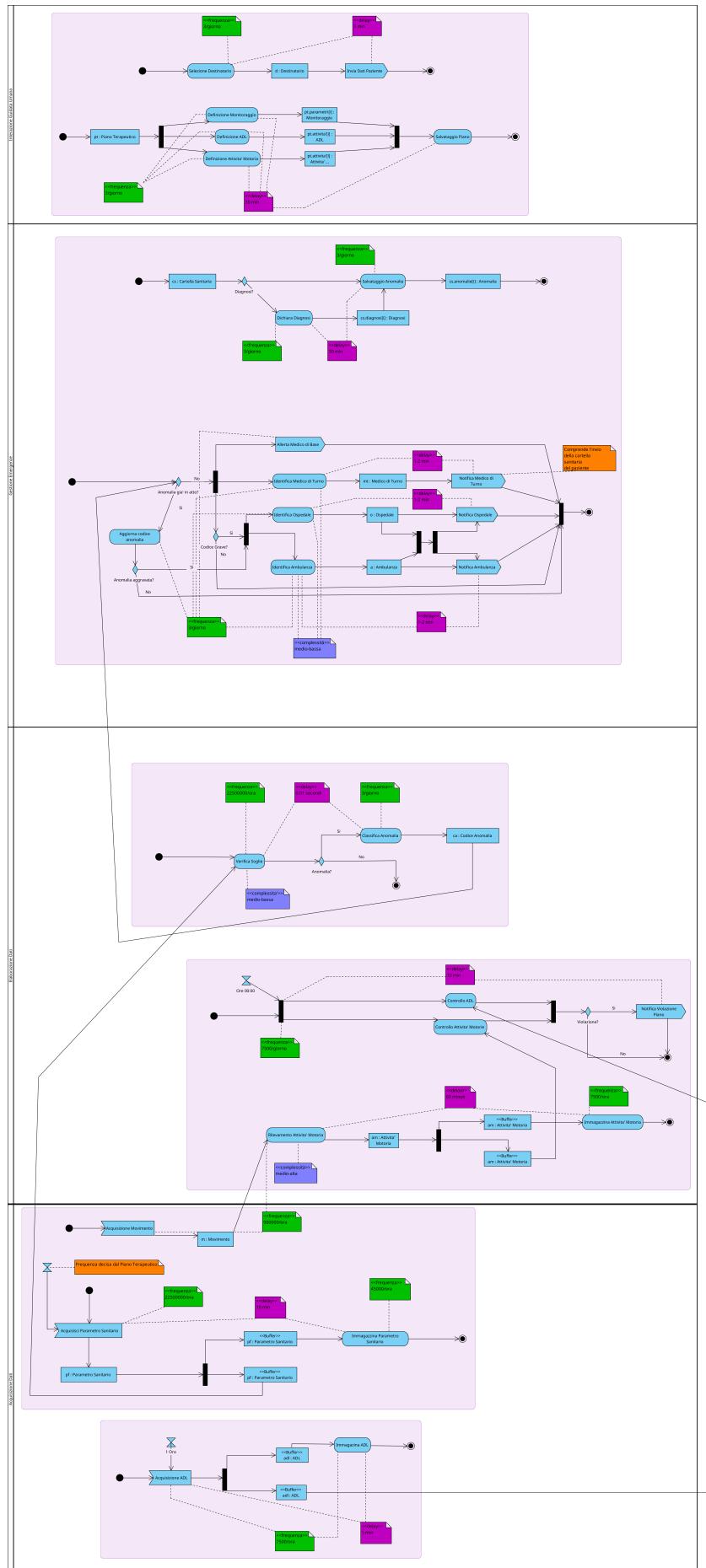


Figura 12: Partizione Logica Livellata
10

Nel diagramma sono presenti dei riquadri color rosa che abbozzano una possibile divisione in componenti concreti nella fase successiva. Il partizionamento del sistema è legato ad un grado di astrazione rispetto al tipo di attività che sono eseguite e dal grado di intervento umano. Quindi abbiamo una segregazione di tutte le funzioni che richiedono di elaborare dati in un apposito modulo, in un altro quelle che acquisiscono dati, in un altro la gestione delle emergenze e così via.

Dimensione	Valore	Motivazione
Complexity	30	La maggior parte di moduli incorpora attività con livello omogeneo di complessità
Frequency	60	Alcuni moduli hanno attività con frequenze molto diverse, ma alcuni sono omogenei
Delay	70	Alcuni moduli hanno attività con delay molto diversi tra loro
Location	0	Le attività nei moduli eseguono potenzialmente sugli stessi nodi
Extra flows	40	Quasi tutti i moduli scambiano informazioni con sistemi esterni (la Centrale, i rilevatori IoT, ... etc)
Intra flows	40	Generalmente i moduli si scambiano pochi dati, ma i moduli <i>Acquisizione Dati</i> e <i>Elaborazione Dati</i> sono molto accoppiati
Sharing	10	I moduli non condividono dati se non in streaming (<i>Buffers</i>)
Control flows	10	L'unica interazione rilevante è il trigger delle anomalie in <i>Elaborazione Dati</i> verso la <i>Gestione Emergenze</i>

3.2 Partizionamento settoriale

Il sistema è diviso in 4 moduli:

- **C1:** Rilevazione di dati in tempo reale.
- **C2:** Rilevazione e gestione delle anomalie (dall'inizio alla fine).
- **C3:** Gestione e controllo aderenza ai piani terapeutici.
- **C4:** L'interfaccia "medicale" che permette ai medici di visualizzare e inviare dati.

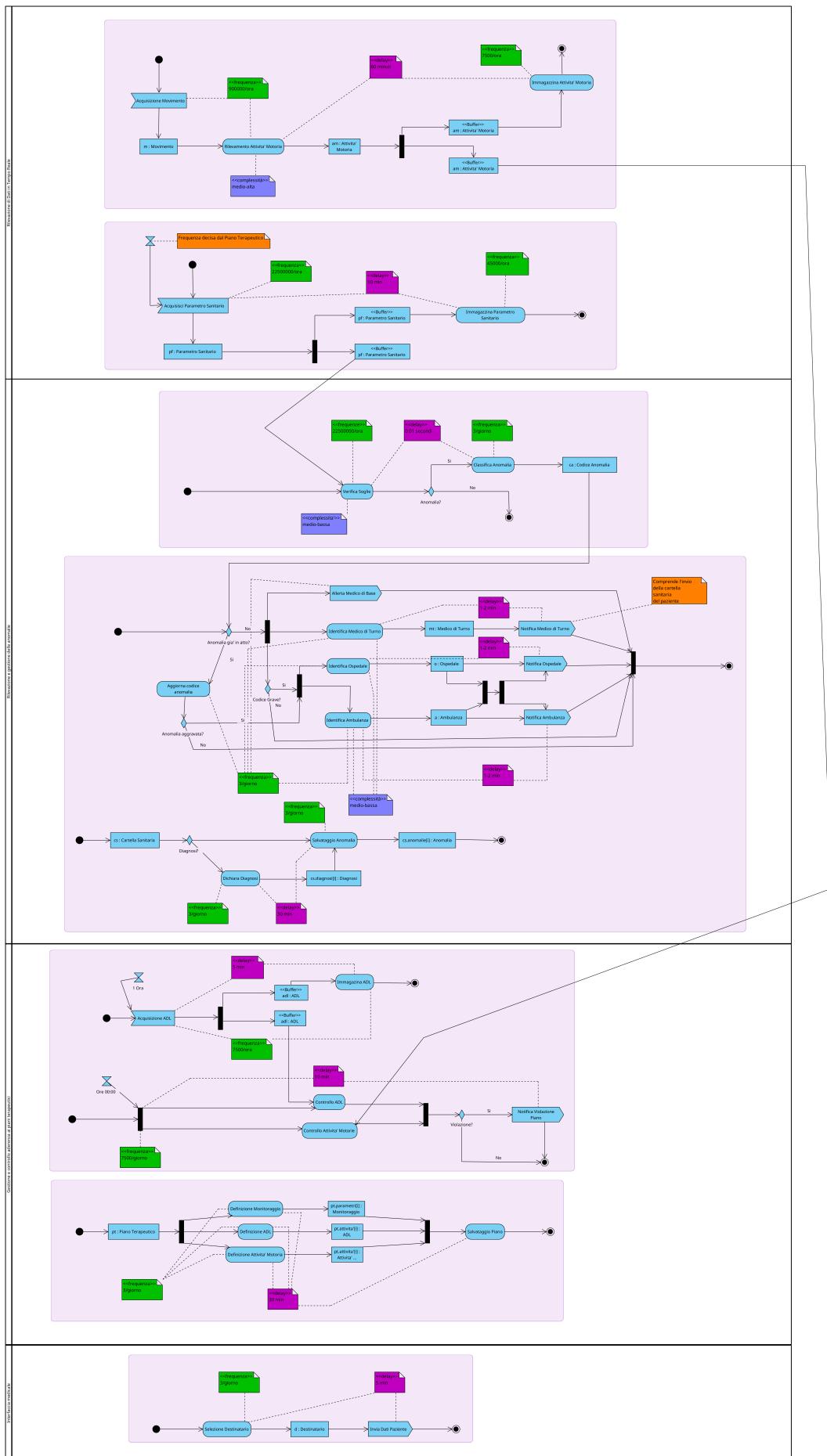


Figura 13: Partizione Logica Settoriale
12

Nel diagramma sono presenti dei riquadri color rosa che abbozzano una possibile divisione in componenti concreti nella fase successiva. Il partizionamento del sistema è legato alla frequenza delle attività (C1) e al tipo di dato che viene processato (C3, C4) e alla comunicazione interna-esterna nella coordinazione del sistema per raggiungere un obiettivo complesso (C2, la gestione di una anomalia dall'inizio alla fine dell'emergenza). Di seguito una valutazione della partizione nelle 9 dimensioni definite:

Dimensione	Valore	Motivazione
Complexity	30	La maggior parte di moduli incorpora attività con livello omogeneo di complessità
Frequency	60	Alcuni moduli hanno attività con frequenze molto diverse, ma alcuni sono omogenei
Delay	60	Alcuni moduli hanno attività con delay molto diversi tra loro, ma alcuni sono abbastanza omogenei come ordine di grandezza
Location	0	Le attività nei moduli eseguono potenzialmente sugli stessi nodi
Extra flows	40	Quasi tutti i moduli scambiano informazioni con sistemi esterni (la Centrale, i rilevatori IoT, ... etc)
Intra flows	30	I moduli si scambiano pochi dati, e sempre al massimo con un solo modulo
Sharing	10	I moduli non condividono dati se non in streaming (<i>Buffers</i>)
Control flows	0	I moduli tra loro non interagiscono

3.3 Confronto e partizionamento scelto

Dalle metriche (riportate nelle Figure 14 e 15) risulta che il partizionamento migliore sia quello settoriale.

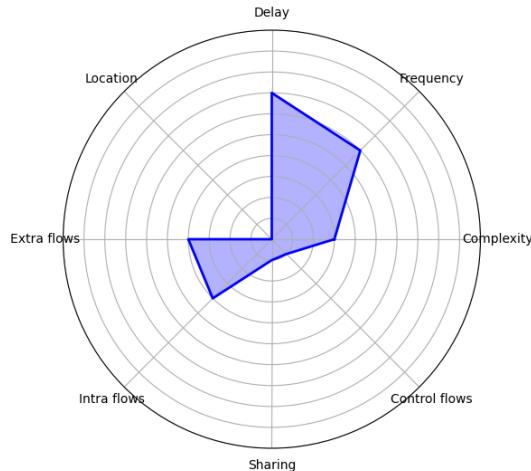


Figura 14: Partizione per Livelli

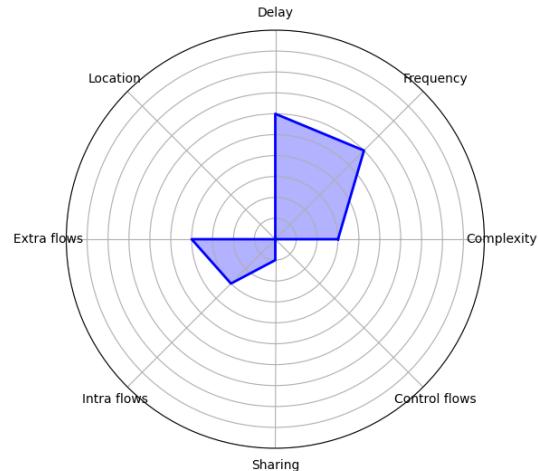


Figura 15: Partizione Settoriale

4 Architettura Concreta

4.1 Diagramma dei Componenti

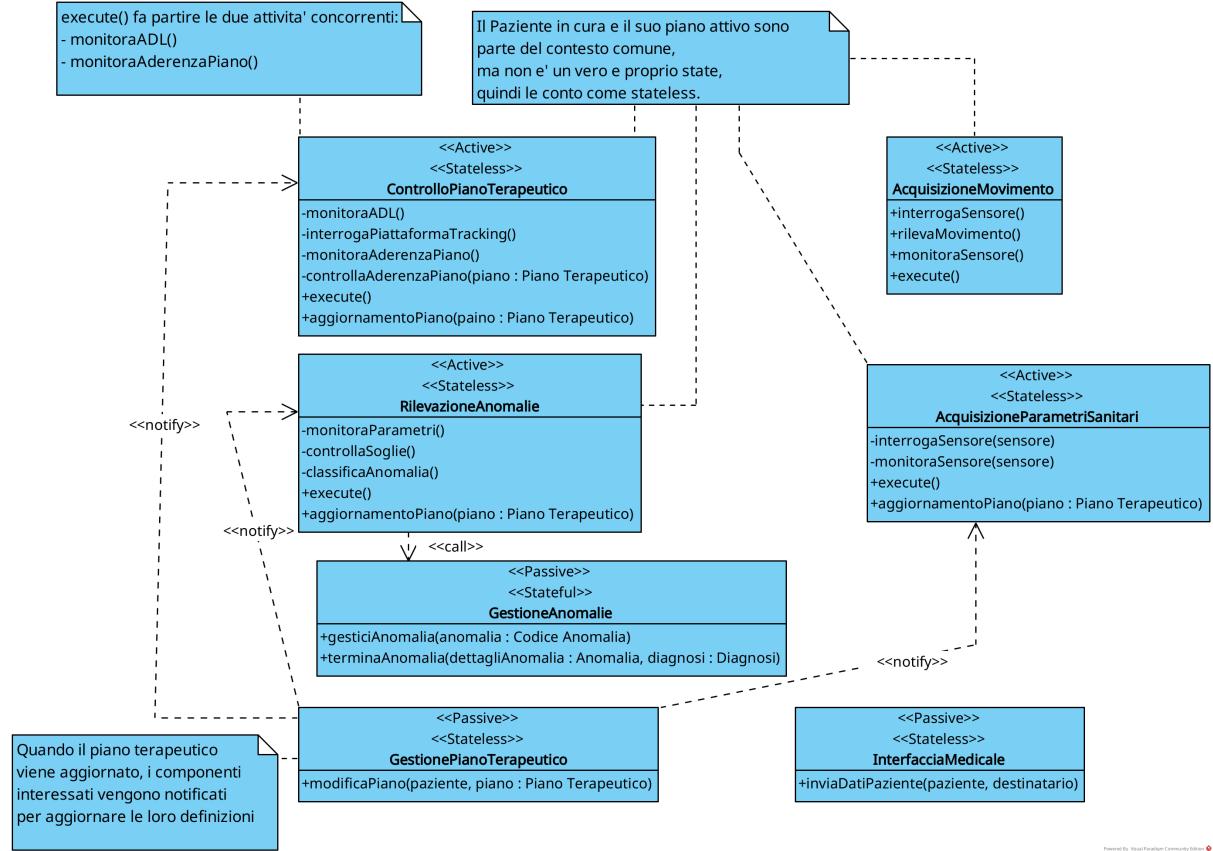


Figura 16: Diagramma dei Componenti

4.2 Diagrammi di Sequenza

4.2.1 Acquisizione ADL

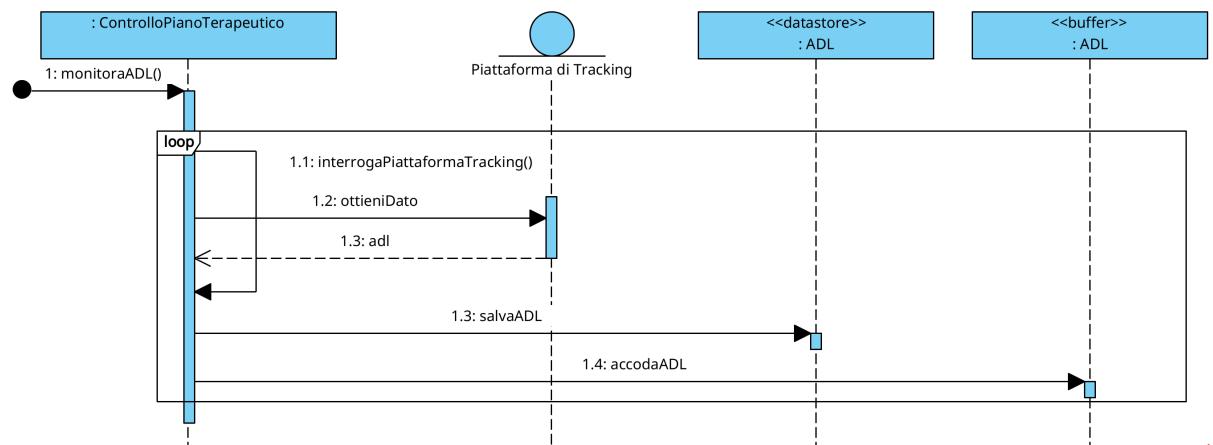


Figura 17: Acquisizione ADL

4.2.2 Acquisizione Parametro Sanitario

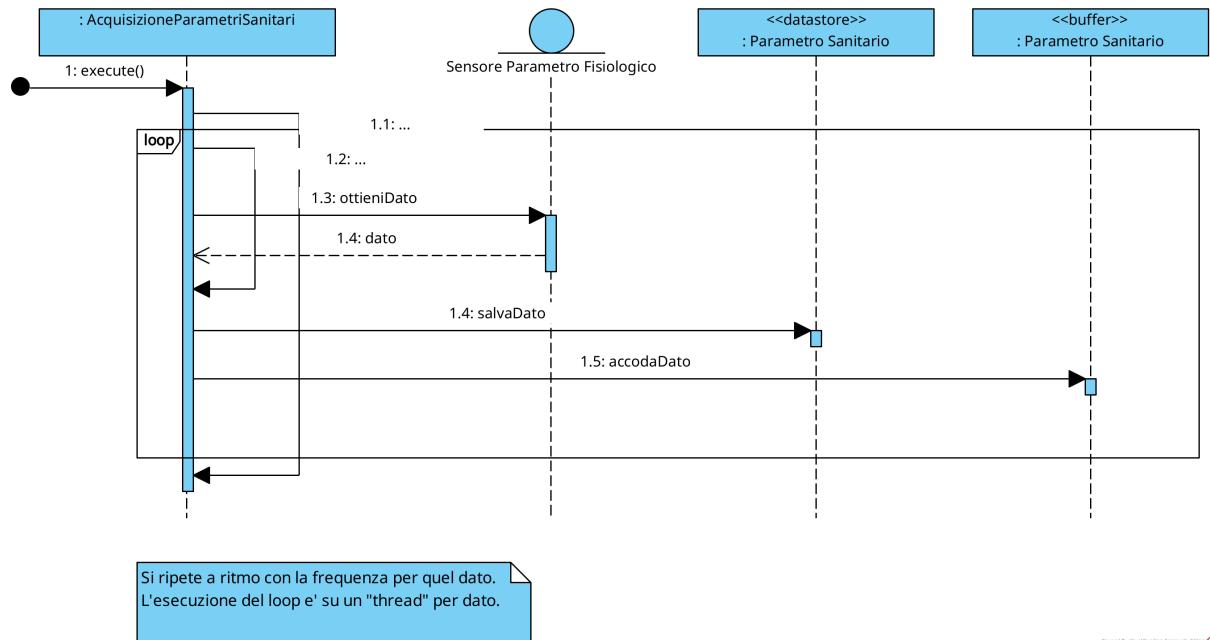


Figura 18: Acquisizione Parametro Sanitario

4.2.3 Definizione Piano Terapeutico

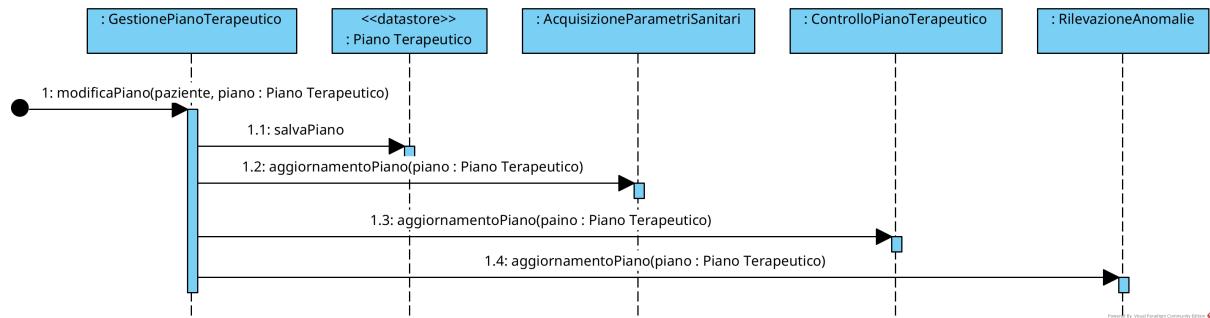


Figura 19: Definizione Piano Terapeutico

4.2.4 Invia Dati Paziente

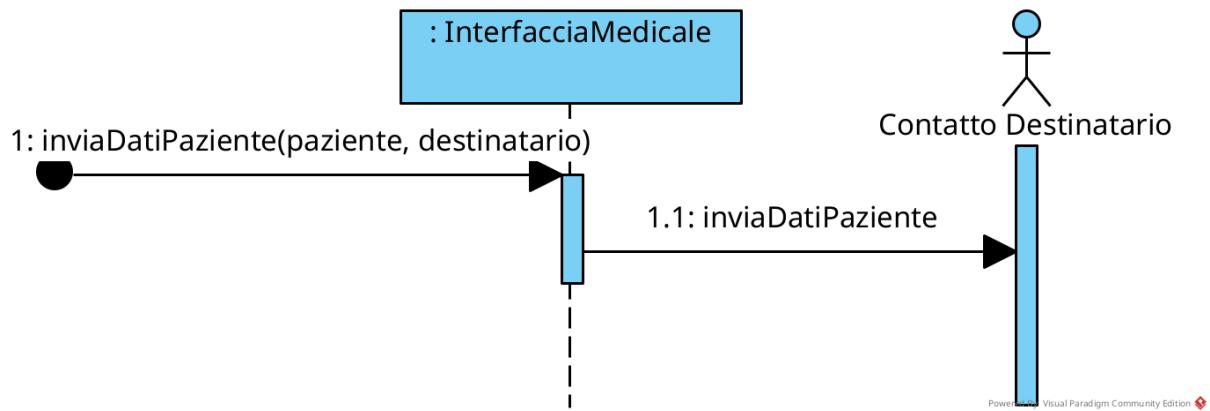


Figura 20: Invia Dati Paziente

4.2.5 Termina Gestione Anomalia

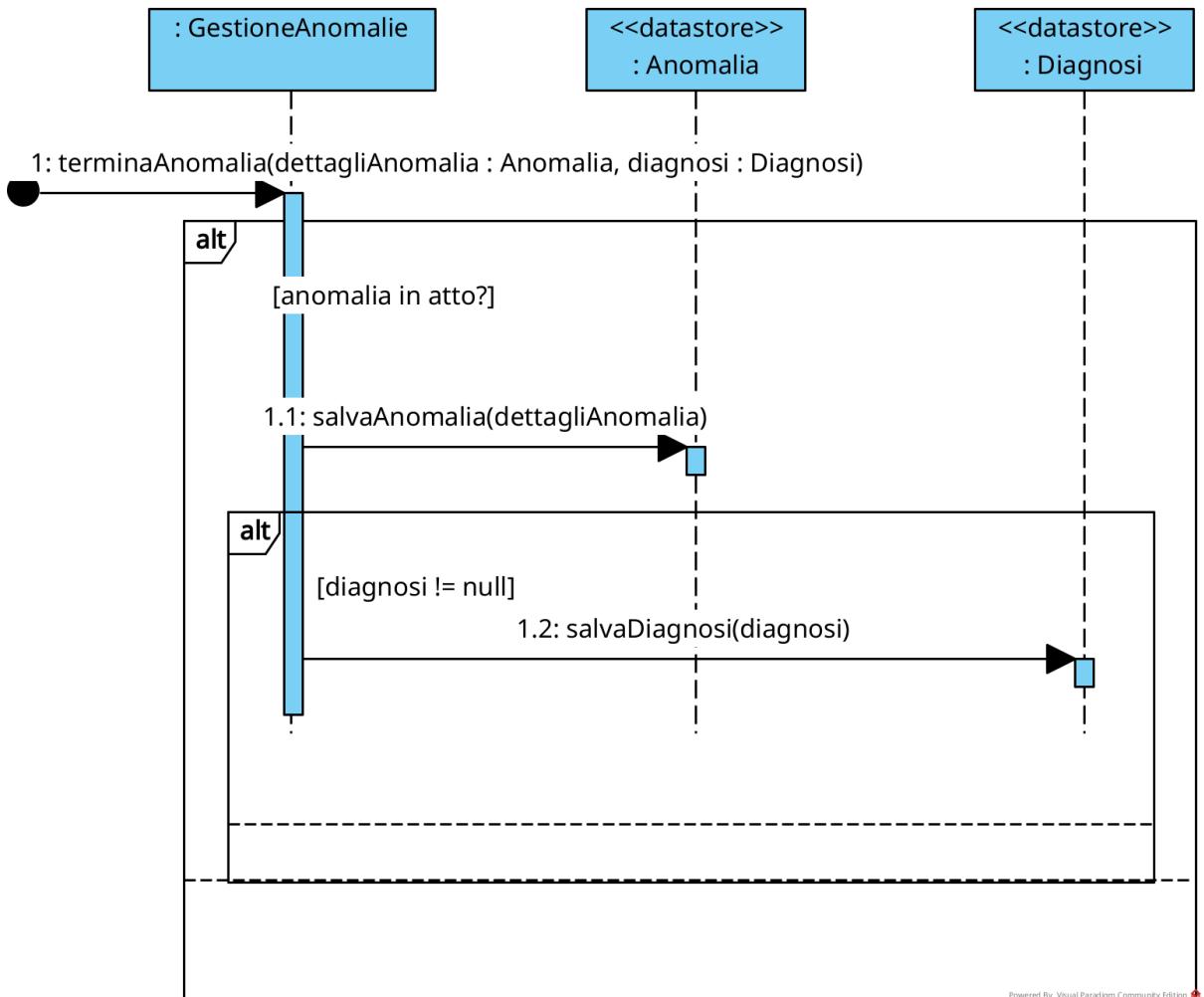


Figura 21: Termina Gestione Anomalia

4.2.6 Acquisizione Attivita' Motoria

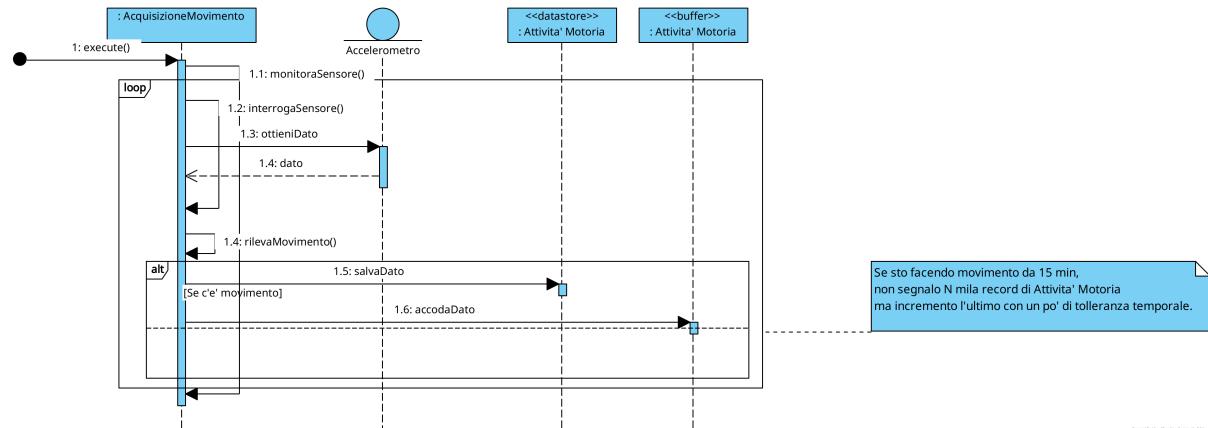


Figura 22: Acquisizione Attivita' Motoria

4.2.7 Controllo Aderenza Piano Terapeutico

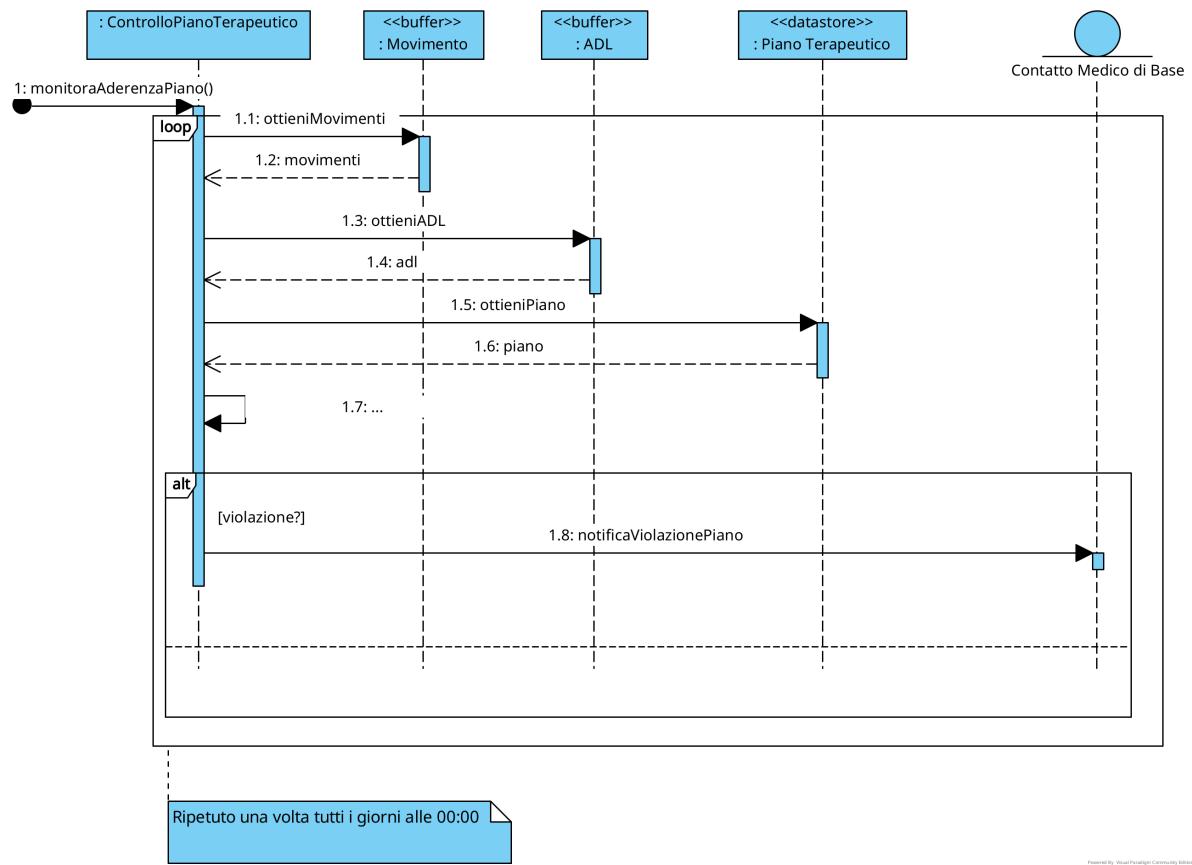


Figura 23: Controllo Aderenza Piano Terapeutico

4.2.8 Gestione Anomalia

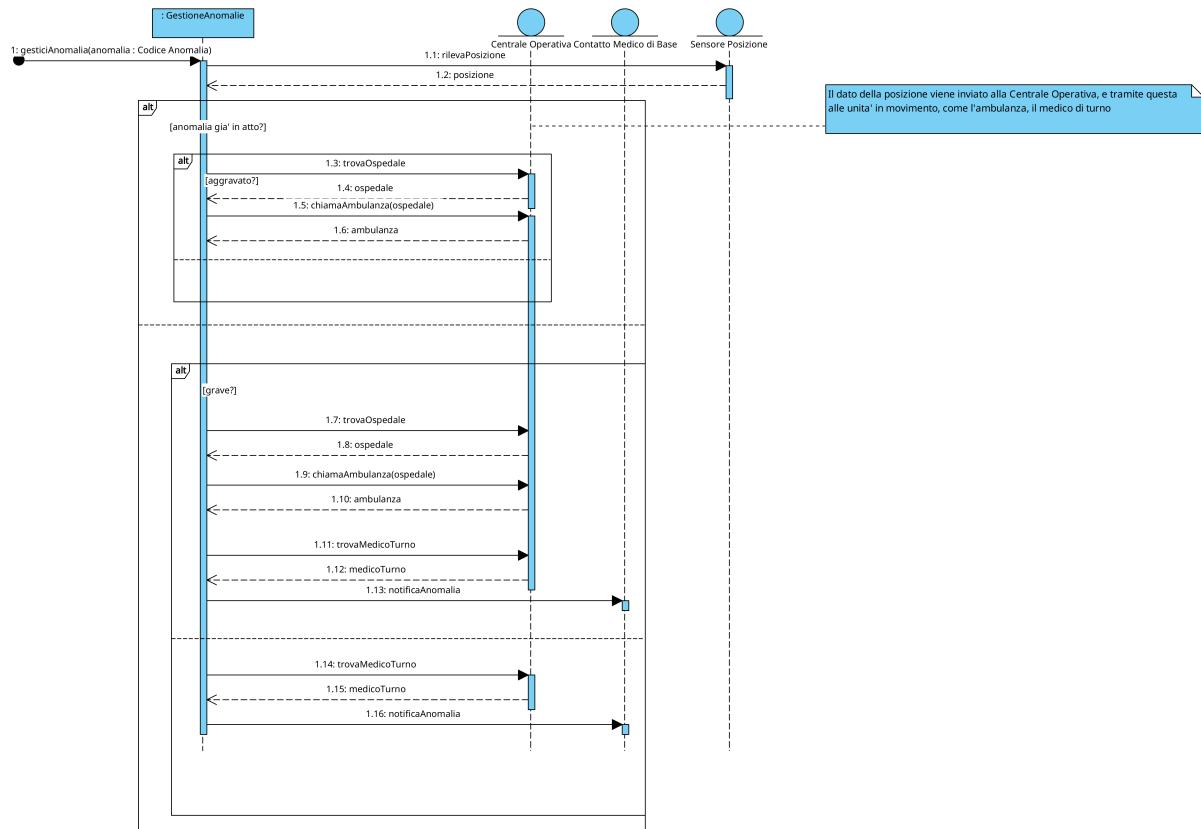


Figura 24: Gestione Anomalia

4.2.9 Monitoraggio Anomalie Sanitarie

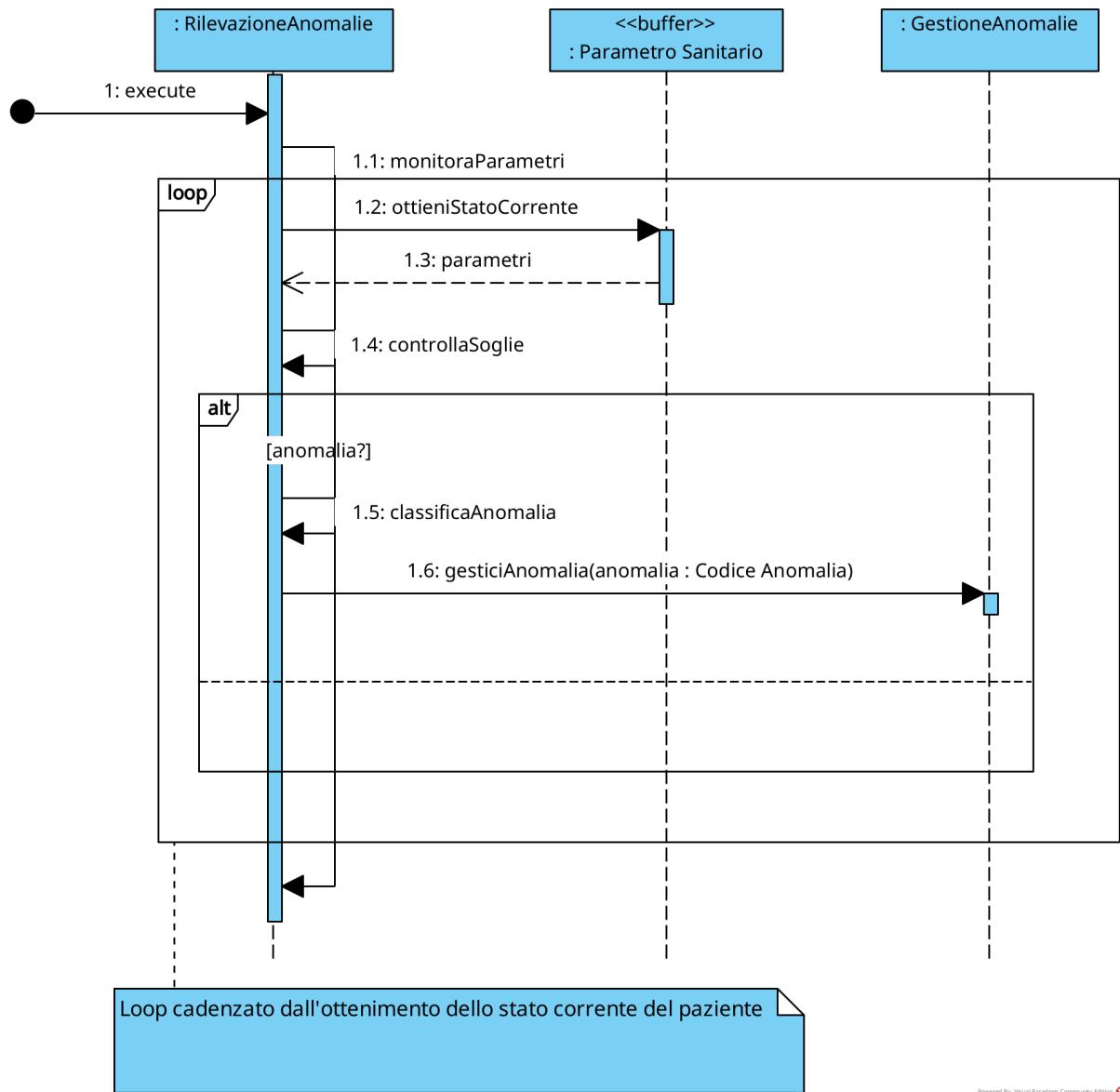


Figura 25: Monitoraggio Anomalie Sanitarie

5 Architettura di Deployment

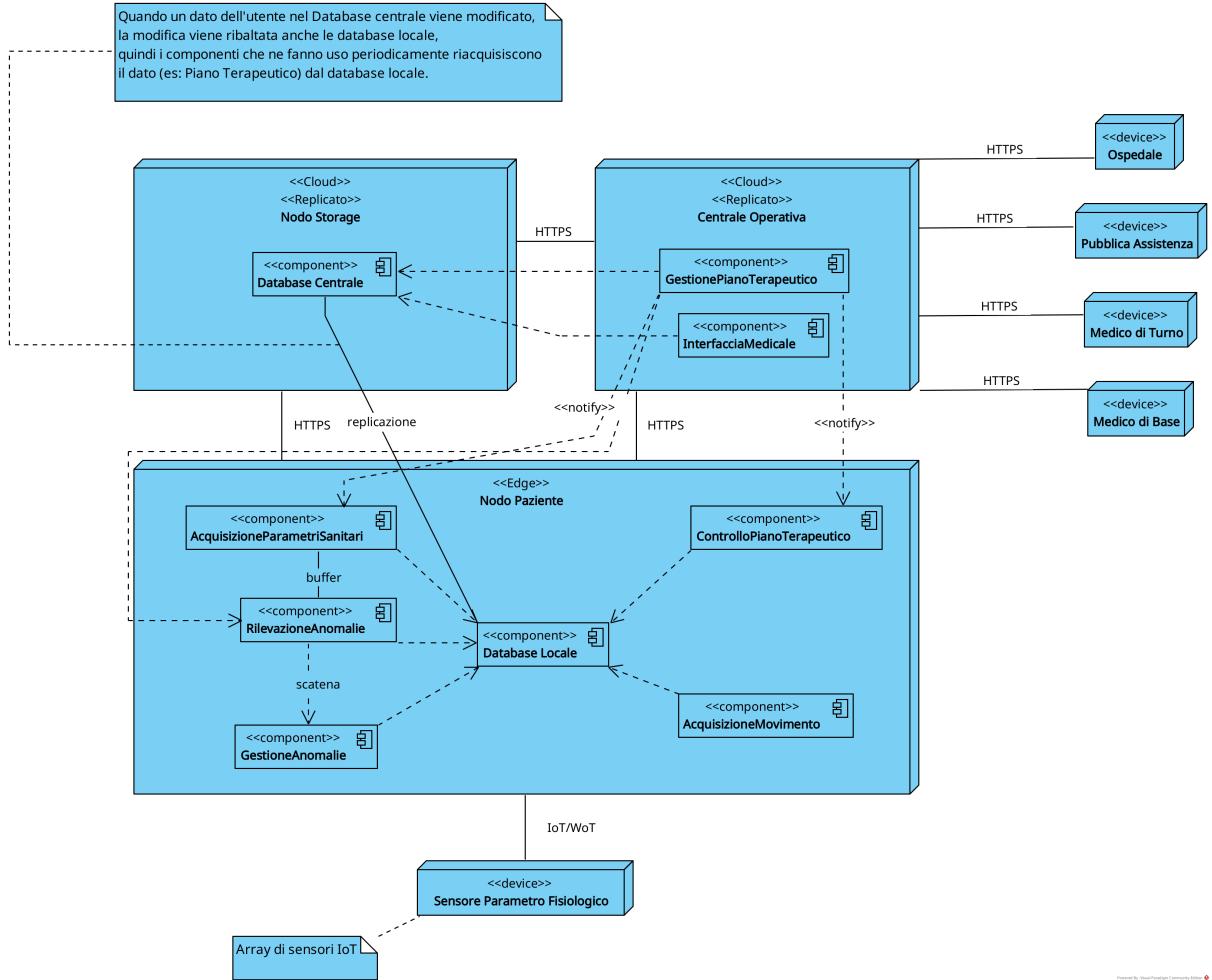


Figura 26: Diagramma di Deployment

6 Analisi di Qualità

Performance Le operazioni onerose per servire un utente non impattano sulle risorse di un altro utente. Il nodo dell'utente deve essere abbastanza potente da poter processare tutti i dati provenienti dai sensori.

Security I dati emessi dai sensori possono non essere criptati per velocizzare il trasferimento siccome si trovano in prossimità del nodo utente. Invece le comunicazioni tra la centrale, lo storage e il nodo utente devono essere criptate per garantire il rispetto delle normative vigenti in materia di tutela della privacy. HTTPS di per sé garantisce un mascheramento del contenuto del pacchetto, ma in base all'implementazione di TLS può essere necessario utilizzare anche un tunnel cifrato per mantenere segreta anche l'identità della sorgente dei dati ². I dati negli storage locale e globale dovrebbero inoltre essere cifrati per impedire accesso non autorizzato.

²Per quanto riguarda le comunicazioni nodo personale - cloud

Modifiability Il sistema è modulare, ma alcuni componenti dipendono dalle interfacce esposte per garantire la comunicazione, quindi eventuali modifiche devono essere concertate. Le tecnologie utilizzate nei nodi diversi possono essere diverse.

Availability I nodi della centrale operativa e dello storage centrale devono essere replicati per garantire disponibilità in caso di guasti.

Resilience Il punto precedente include anche la replicazione in più zone di rischio diverse, per evitare che una catastrofe ambientale o un incidente nucleare/industriale metta fuori uso tutte le repliche. Inoltre, se un sensore si guasta è di fondamentale importanza essere in grado di rilevare immediatamente l'evento per evitare che si verifichino anomalie silenziose.

Recoverability Se il nodo personale va in crash, e perde di conseguenza tutti i dati nella memoria volatile, grazie al database locale è possibile recuperare le informazioni perse per continuare le operazioni. Il componente *RilevaAnomalie* invece può continuare a operare come prima siccome utilizza solo gli ultimi dati disponibili provenienti dal buffer (o in alternativa utilizzare l'ultimo record nello storage locale se il dato è a bassa frequenza di campionamento).

Observability I processi nel nodo centrale possono essere facilmente monitorati, ma anche gli eventi significativi nel nodo personale possono essere loggati e inviati alla centrale per verificare l'efficienza del sistema.

Deliverability Il nodo personale può verificare la presenza di aggiornamenti nell'upstream e aggiornare il sistema di conseguenza. È preferibile se il nodo personale sia modulare al punto di poter sostituire intere parti del sistema senza provocare un'interruzione del servizio (*Hot Reloading*).