
DT Research Brainstorming - 03-04-2024

Notes

I topic legati ai Digital Twin che abbiamo trattato durante il meeting sono stati sintetizzati e raggruppati nelle seguenti sotto sezioni:

Entanglement

- Rappresenta sicuramente uno degli aspetti di ricerca più interessanti da continuare a sviluppare e che potenzialmente potrebbe portare a risultati interessanti dal punto di vista delle pubblicazioni
- Altri aspetti legati ai Digital Twin restano comunque interessanti, ma forse con una finestra temporale più piccola
- Alcuni degli aspetti ancora da investigare sul tema DT & Entanglement sono:
 - **Entanglement & Augmentation** -> Come cambia la misurazione dell'entanglement con un DT che non è soltanto rappresentazione della suo PT, ma che va ad aggiungere nuove funzionalità alla computazione dello stato (forse già coperto) e/o in funzioni aggiuntive che vanno "fuori dal normale" flusso di sincronizzazione tra DT <-> PT
 - **Entanglement & Composition** -> Le misurazioni che abbiamo fatto fino ad ora hanno riguardato singoli DT e non è stato ancora affrontato il tema della composizione. Cosa succede all'entanglement e alla sua misurazione quando ci troviamo con dei DT composti dove un DT di "livello più alto" attinge alle informazioni di altri DT invece che direttamente dai corrispondenti PT ? E' possibile applicare la stessa misurazione/metrica oppure ci sono nuove considerazioni da fare ?
 - **Entanglement, ODTE ed Espressività** -> Con l'ODTE abbiamo introdotto una metrica efficace per la misura dell'entanglement in un singolo DT, ma allo stesso tempo abbiamo ridotto l'espressività delegando agli esperti di dominio la capacità di comprendere cosa succede.
 - Da un lato dall'ODTE è sempre possibile andare a scomporre ed analizzare i suoi fattori moltiplicativi (*Timeliness*, *Reliability*, *Availability*) dall'altro per capire effettivamente cosa succede serve comunque un esperto di dominio in grado di capire effettivamente la causa del problema o il problema/stato nel quale si trova il DT -> Per esempio la timeliness potrebbe essere impattata da un degrado delle comunicazioni su network o da un degrado delle performance di computazione che peggiorano il tempo di computazione dello stato
 - Quale potrebbe essere un modo per aumentare l'espressività della misura dell'entanglement senza complicare troppo la metrica, ma aumentando la capacità di identificare il problema ?
 - Una possibilità potrebbe essere quella di estendere il **Life Cycle** di un DT caratterizzandolo in maniera più forte con la misura dell'entanglement e per esempio con le componenti dell'ODTE
 - Al momento la misura dell'entanglement è utilizzata semplicemente per passare da uno stato di Sync (*Entangled*) ad uno di Out-of-Sync (*Not-Entangled*), si potrebbe forse fare di meglio per esempio:
 - Se ho un problema sulla timeliness si potrebbe evidenziare un "flag" sullo stato *Bound* del ciclo di vita del DT, introdurre uno stato intermedio tra Bound e Sync dove il DT è effettivamente associato al PT, ma senza riuscire a garantire le performance desiderate

- Un discorso analogo si potrebbe fare per un degrado nei tempi di computazione dello Stato (t_{exec}) in questo caso il DT potrebbe essere in Sync, ma effettivamente in "ritardo" con uno stato *Delayed* per evidenziare per esempio che la computazione è avvenuta correttamente, ma oltre la deadline per un problema di computazione (lo stesso stato si potrebbe raggiungere anche per un Delay del network) -> Server ragionare meglio sul ciclo di vita, le transizioni possibili e la loro espressività
- Un problema legato al Life Cycle potrebbe essere anche quello dei DT Composti e di conseguenza anche all'entanglement di un DT composto come anticipato nei punti precedenti -> Il Life Cycle di un DT Composto cambia rispetto ad un DT normale ? Probabilmente no, ma la computazione delle sue transizioni potrebbe cambiare. Come cambia un ipotetico Life Cycle entanglement-driven nel caso di un DT composto ?
- **Entanglement & Replication** -> Quali sono i legami tra Replication ed Entanglement ?
 - Il concetto di Replication ha senso che venga esplorato meglio rispetto a quanto proposto ed introdotto da Minerva
 - Gli aspetti di replica di un DT possono avere senso sia per quanto riguarda aspetti di **performance/deployment** (es: load balancing) sia per tematiche legate alla logica dei DT dove differenti repliche (sincronizzate con un DT master o direttamente connesse all'oggetto fisico) possono implementare **modelli differenti in funzione del contesto e del goal applicativo**
 - In aggiunta (ed in particolare per il pattern Master/Slave) ha senso investigare il legame dell'entanglement in catene di digital twin -> **Entanglement & Replication** avrà dei legami con la misura anticipata prima e legata ad **Entanglement & Composition**
 - Altro aspetto potenzialmente interessante legato al tema replication ed entanglement è come la misura dell'entanglement (es: ODTE) possa essere utilizzato per la gestione delle repliche in modo dinamico -> **Posso tramite l'ODTE e l'analisi dei suoi componenti capire quando potrebbe servirmi una nuova replica ?**
 - In questo caso/scenario forse avrebbe senso anche misurare la parte Digital<->Digital del DT tenendo in considerazione anche le performance di chi osserva il Twin e non soltanto della relazione PT<->DT come attualmente avviene con l'ODTE

DT Quality/Fidelity

- L'ODTE ed in generale le misure sull'entanglement sono focalizzate sul livello di accoppiamento tra fisico e digitale tenendo in considerazione sia la parte di connessione che il tempo di computazione dello stato interno del DT ed essenzialmente tutti i passaggi coinvolti per la sincronizzazione dello stato -> **Non tengono in conto della quality/fidelity dello Stato del DT**
- Ha senso prima analizzare gli aspetti di **terminologia** ? Parliamo di **quality**, di **fidelity** o di altro ?
- Un esempio potrebbe essere un DT associato ad una telecamera con modello responsabile di fare object detection sulle immagini ricevute
 - L'ODTE mi dice se i frame video arrivano correttamente, se arrivano la frequenza che ci si aspetta e se il tempo di computazione del Modello e quindi l'object detection vengono eseguiti nei tempi prestabiliti
 - Quello che non mi dice e che non mappa (giustamente) l'ODTE è se le immagini che ricevo sono valide (contengono l'informazione che cerco) e se lo stato computato è quello che mi aspetto (non trovo oggetti non perché non sono presenti, ma perché l'immagine non contiene informazione)
- La possibilità di osservare dall'esterno senza essere un esperto del dominio se un DT sta funzionando correttamente e se rappresenta una copia fedele (rispetto ai requisiti) della propria controparte fisica rappresenta una metrica fondamentale se puntiamo a realizzare degli ecosistemi di DT

- La misura della quality/fidelity del DT potrebbe avere un legame anche con la rivisitazione ed estensione del **Life-Cycle** e dei commenti fatti nelle sezioni precedenti

Real-Time & Digital Twins

- In quali casi ha senso parlare di Real-Time e Digital Twin
 - **(Opzione 1)** Un DT e' associato ad un oggetto veramente Real-Time (es: veicolo autonomo)
 - **(Opzione 2)** Un DT e' associato ad un oggetto veramente Real-Time (es: veicolo autonomo) & il suo comportamento e Software sono anche loro Real-Time con vincoli e garanzie computazionali specifiche
- Entrambi gli scenari attualmente non sono stati investigati
- Come l'**ODTE** ed in generale la misura dell'**entanglement** possono aiutare oppure essere modificati quando si parla di DT & Real-Time ?
- Per quanto riguarda l'**Opzione 1** una cosa interessante (nata da un confronto con Paolo) e':
 - Gli oggetti real-time (veicolo autonomo) gestiscono dinamicamente l'esecuzione dei task con priorit  differenti e possono decidere di rallentare alcuni task al variare del contesto (es: ritardo la telemetria del veicoli perche' mi serve computazione per fare object detection e non schiantarmi)
 - Come i DT possono lavorare ed integrarsi in modo furbo in questi scenari ? Il DT potrebbe essere avvisato dal PT di un cambio di contesto ? Potrebbe sapere a priori o capire il cambio ?
 - In questo scenario l'ODTE e la misura dell'entanglement potrebbero essere impattate o variare e potrebbe avere senso studiare il problema

DT & Computazione

- Come procediamo rispetto alla tesi di Nicola Ricciardi ?
- Potrebbe avere senso espandere gli esperimenti e completare la parte Energy ?