

Una breve introduzione concettuale a STGraph



Questo testo è distribuito con Licenza Creative Commons Attribuzione
Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

Luca Mari, versione 2.3.16

STGraph è un sistema software per creare, modificare ed eseguire modelli di sistemi dinamici. E' stato progettato in modo che i vincoli da soddisfare nella costruzione dei modelli corrispondano fedelmente al cosiddetto approccio agli stati della Teoria dei Sistemi.

Un modello in STGraph è descritto come un insieme di variabili, il valore di ognuna delle quali può dipendere dal tempo e dal valore di ogni altra variabile del modello stesso. Le variabili condividono una stessa base dei tempi, caratterizzata da:

- istante iniziale della simulazione (variabile di sistema `time0`);
- istante finale della simulazione (variabile di sistema `time1`);
- passo temporale della simulazione (variabile di sistema `timeD`).

Le variabili sono dunque calcolate in modo sincrono in funzione della variabile di sistema `time`, che assume i valori `time0`, `time0+timeD`, `time0+2*timeD`, ...

Il valore di ogni variabile viene calcolato secondo logiche diverse, in funzione del tipo della variabile stessa.

- Una variabile algebrica ha un valore determinato attraverso la sua funzione di output, che può consistere in un valore costante (come `1` e `2+2`) oppure in un'espressione dipendente esplicitamente dal tempo (come `time^2`) e/o da altre variabili (come `x+y` se `x` e `y` sono variabili definite nel modello: l'eventuale dipendenza dal tempo di tali variabili rimane implicita).

La funzione di output è calcolata sincronicamente: dal punto di vista del modello, il valore della variabile è calcolato nello stesso istante di tempo simulato in cui sono calcolati i valori delle variabili da cui dipende; la funzione di output è dunque in effetti un'equazione algebrica.

Dal punto di vista della Teoria dei Sistemi, una variabile algebrica può essere dunque intesa come il più semplice sistema combinatorio, descritto da una funzione `input → output`:

$$\eta: U \rightarrow Y \quad y(t) = \eta(u(t))$$

- Una variabile di stato ha un valore determinato attraverso le sue funzioni di stato iniziale e di transizione di stato, secondo la seguente logica:
 - nell'istante iniziale della simulazione, in cui il valore di `time` è `time0`, vengono calcolate sia la funzione di stato iniziale, e il suo valore è assegnato come stato iniziale, sia la funzione di transizione di stato, e il suo valore è assegnato come stato successivo (cioè per l'istante in cui il valore di `time` è `time0+timeD`);
 - in ogni istante successivo, lo stato attuale è determinato dal valore della funzione di transizione di stato calcolato all'istante precedente, e la funzione di transizione di stato è ricalcolata per determinare lo stato successivo, possibilmente anche in funzione dello stato attuale, indicato con la variabile di sistema `this`;
 - in ogni istante, il valore della variabile coincide con lo stato della variabile stessa in quell'istante.

La funzione di transizione di stato è calcolata diacronicamente: dal punto di vista del modello, lo stato è calcolato per l'istante di tempo simulato successivo a quelli in cui sono calcolati i valori delle variabili da cui dipende (a tempo continuo, questo concetto di 'istante successivo' corrisponde al differenziale della funzione); la funzione di transizione di stato è dunque in effetti un'equazione alle differenze.

Dal punto di vista della Teoria dei Sistemi, una variabile di stato può essere dunque intesa come il più semplice sistema sequenziale, descritto da una funzione `input × stato → stato`:

$$\begin{aligned} \varphi: U \times X \rightarrow X & \quad x(t+\Delta t) = \varphi(u(t), x(t)) \\ \eta: X \rightarrow Y & \quad y(t) = \eta(x(t)) \end{aligned}$$

- Una variabile di stato con output ha un comportamento analogo a una variabile di stato, con la differenza che il suo valore non coincide con lo stato ma è determinato da una funzione di output. Dal punto di vista della Teoria dei Sistemi, una variabile di stato con output è dunque descritta da una coppia di funzioni `input × stato → stato` e `input × stato → output`:

$$\varphi: U \times X \rightarrow X \quad x(t+\Delta t) = \varphi(u(t), x(t))$$

$$\eta: U \times X \rightarrow Y \quad y(t) = \eta(u(t), x(t))$$

Qualche semplice esempio può essere utile per mettere in evidenza le caratteristiche del comportamento delle variabili in STGraph (indichiamo con `x-init`, `x-trans`, e `x-out` rispettivamente le funzioni di stato iniziale, transizione di stato e output della variabile `x`).

`x` algebrica:

`x-out` ← `sin(y)`

`x` calcola il seno della variabile `y`

`x` algebrica:

`x-out` ← `exp(time)`

`x` calcola l'esponenziale della variabile di sistema `time`

`x` di stato:

`x-init` ← 0

`x-trans` ← `this+1`

`x` calcola la successione 0, 1, 2, ...

`x` di stato:

`x-init` ← `u`

`x-trans` ← `this`

`x` mantiene il valore assegnato all'istante iniziale

`x` di stato:

`x-init` ← 0

`x-trans` ← `u`

`x` assume il valore ricevuto in input all'istante precedente

`x` di stato con output:

`x-init` ← ...

`x-trans` ← `u`

`x-out` ← `(u-this)/timeD`

`x` calcola l'approssimazione a tempo discreto della derivata della successione `u`

`x` di stato:

`x-init` ← ...

`x-trans` ← `this+u*timeD`

`x` calcola l'approssimazione a tempo discreto dell'integrale della successione `u`