

REPREZENTACJA WIEDZY

REALIZACJE SCENARIUSZY DZIAŁAŃ

PROJEKT NR 5

SZEF:

ROBERT JAKUBOWSKI

AUTORZY:

MARIUSZ AMBROZIAK

PAWEŁ BIELICKI

KAROL BOCIAN

HANNA DZIEGCIAR

KAROL DZITKOWSKI

MATEUSZ JANKOWSKI

WIKTOR RYCIUK

WARSZAWA, 23 KWIETNIA 2014

Spis treści

1. Opis zadania	3
2. Opis języka akcji	3
2.1. Sygnatura języka	4
2.2. Opis domeny	4
2.3. Scenariusze działań	5
2.4. Semantyka	5
3. Opis języka kwerend	6
4. Przykłady	8
4.1. Pytanie czy dany scenariusz może wystąpić	8
4.2. Pytanie czy dany warunek zachodzi w danym czasie	9
4.3. Pytanie czy dana akcja jest wykonywana w pewnym czasie	11
4.4. Pytanie czy podany cel jest osiągalny	12

1 Opis zadania

Zadaniem projektu jest opracowanie i zaimplementowanie:

- języka akcji pewnej klasy systemów dynamicznych,
- języka kwerend, zapewniającego uzyskanie odpowiedzi na określone pytania.

Szczegółowy opis klasy systemów dynamicznych oraz języka akcji jest opisany w rozdziale 'Opis języka akcji', natomiast język kwerend oraz zadawane pytania znajdują się w rozdziale 'Opis języka kwerend'. W tym dokumencie znajdują się również przykłady. Pokazują one konkretne przypadki użycia oraz oczekiwane wyniki działania programu.

2 Opis języka akcji

Język akcji, zaprojektowany na potrzeby zadania, spełnia następujące warunki:

1. Prawo inercji.
2. Sekwencyjność działań.
3. Możliwe akcje niedeterministyczne.
4. Liniowy model czasu - czas dyskretny.
5. Pełna informacja o wszystkich:
 - (a) akcjach,
 - (b) skutkach bezpośrednich.
6. Akcja posiada:
 - (a) warunek początkowy,
 - (b) czas trwania $t \geq 1$, $t \in \mathbb{N}$,
 - (c) efekt akcji.
7. Podczas trwania akcji, wartości zmiennych, na które ona wpływa, nie są znane.
8. Występujące rodzaje efektów:
 - (a) środowiskowe: zmiany wartości zmiennych systemu,
 - (b) dynamiczne: wystąpienie akcji może wywołać wystąpienie innych akcji po $d \geq 0$ jednostkach czasu od jej zakończenia.
9. W pewnych stanach akcje mogą być niewykonalne. Takie stany są określone przez podanie konkretnych punktów czasowych, albo przez określenie warunków logicznych.
10. Stany opisywane częściowo przez obserwacje.
11. Pewne stany mogą rozpocząć wykonywanie pewnych akcji.

Językiem odpowiadającym powyższym założeniom jest język *AL* opisujący domeny akcji z czasem liniowym.

2.1 Sygnatura języka

Sygnaturą języka jest następująca trójka zbiorów: $\psi = (F, Ac, \mathbb{N})$, gdzie:

F – zbiór zmiennych inercji (fluentów)

Ac – zbiór akcji

\mathbb{N} – zbiór liczb naturalnych (czas trwania akcji)

2.2 Opis domeny

Oznaczenia:

! – operator logiczny negacji

&& – operator logiczny koniunkcji

|| – operator logiczny alternatywy

() – nawias grupujący formuły

$f \in F$ – fluent

$Ac_i, Ac_j \in Ac$ – akcje

$\alpha, \pi \in Forms(F)$ – warunki

$\alpha := f \mid (\alpha) \mid !\alpha \mid \alpha \&\&\pi \mid \alpha || \pi$

$d_i, d \in \mathbb{N}$

Rodzaje zdań występujących w projektowanym języku (domena języka):

- (Ac_i, d_i) causes α if π
Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu powoduje stan α , jeśli zachodzi warunek π .
- (Ac_i, d_i) invokes (Ac_j, d_j) after d if π
Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu powoduje wykonanie akcji Ac_j trwającej d_j jednostek czasu po d jednostkach czasu od zakończenia akcji Ac_i , jeśli przy jej rozpoczęciu zachodzi warunek π .
- (Ac_i, d_i) releases f if π
Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu powoduje uwolnienie f po zakończeniu akcji Ac_i , jeśli zachodzi warunek π .
- π triggers (Ac_i, d_i)
Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu jest wykonywana, jeśli zajdzie warunek π .
- impossible (Ac_i, d_i) at d
Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu jest niewykonalna w chwili d .
- impossible (Ac_i, d_i) if π
Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu jest niewykonalna, jeśli zachodzi warunek π .

2.3 Scenariusze działań

Scenariusze działań opisane są w następujący sposób:

- $Sc = (OBS, ACS)$
- $OBS = \{(\gamma_1, t_1), \dots, (\gamma_m, t_m)\}$, gdzie:
 $m \geq 0$ – liczba obserwacji,
każda obserwacja jest stanem częściowym (stanem spełniającym warunek γ_i w pewnym punkcie czasu t_i).
 $\gamma_i \in Forms(F)$
- $ACS = \{((Ac_1, d_1), t_1), \dots, ((Ac_n, d_n), t_n)\}$, gdzie:
 $n \geq 0$,
 Ac_i – akcja,
 d_i – czas trwania akcji,
 t_i – punkt w czasie (rozpoczęcie akcji).

2.4 Semantyka

Definicja 2.1. *Semantyczną strukturą języka AL nazywamy system $S = (H, O, E, T_\infty)$ taki, że:*

- $H : Forms(F) \times \mathbb{N} \rightarrow \{0, 1\}$ jest funkcją historii, pozwala ona stwierdzić, jaki stan ma pewny fluent lub czy dana formuła jest spełniona, dla określonej chwili czasu t .
- $O : Ac \times \mathbb{N} \rightarrow 2^F$ jest funkcją okluzji. Dla pewnej ustalonej akcji $A \in Ac$, chwili czasu $t \in \mathbb{N}$, funkcja $O(A, t)$ zwraca zbiór fluentów, na który akcja A ma wpływ, jeśli będzie ona trwała w chwili t . Wartość funkcji okluzji będziemy nazywać regionem okluzji.
- $E \subseteq Ac \times \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ jest relacją wykonania akcji. Trójka (A, t, d) należy do relacji E jeśli akcja A trwająca d jednostek czasu jest rozpoczęta w czasie t . W naszym modelu zakładamy warunek sekwencyjności działań. Oznacza on, że tylko jedną akcję możemy wykonać w danym czasie tak, więc jeśli $(t_1, t_1 + d_1) \subseteq (t_2, t_2 + d_2)$ lub $(t_2, t_2 + d_2) \subseteq (t_1, t_1 + d_1)$ oraz $(A, t_1, d_1) \in E$ i $(B, t_2, d_2) \in E$, to $A = B$, $t_1 = t_2$, $d_1 = d_2$. Natomiast jeżeli $(t_1, t_1 + d_1) \not\subseteq (t_2, t_2 + d_2)$, $(t_2, t_2 + d_2) \not\subseteq (t_1, t_1 + d_1)$ oraz $(A, t_1, d_1) \in E$ i $(B, t_2, d_2) \in E$, to $t_1 + d_1 < t_2$ lub $t_2 + d_2 < t_1$.
- $T_\infty \in \mathbb{N}$ jest czasem zakończenia scenariusza, może to być dowolnie duża ustalona liczba naturalna. Mówi ona do kiedy powinny być zakończone wszystkie akcje w danym scenariuszu. Oznacza to, że nie będziemy rozpatrywać nieskończonych scenariuszy.

Niech: A, B będą akcjami, f - fluentem, α, π - będą formułami, d, d_2, d_3 - liczbami naturalnymi (oznaczającymi czas trwania akcji) oraz $fl(\alpha)$ będzie zbiorem fluentów występujących w α . Wtedy dla zdań języka AL muszą być spełnione następujące warunki:

- Dla każdego wyrażenia $((A, d) \text{ causes } \alpha \text{ if } \pi) \in D$ i dla każdego momentu w czasie $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$ oraz $(A, t, d) \in E$, wtedy $H(\alpha, t + d) = 1$ oraz dla każdego momentu w czasie $d' \in \mathbb{N}$ takiego, że $1 \leq d' \leq d$ mamy $fl(\alpha) \subseteq O(A, t + d')$.
- Dla każdego wyrażenia $((A, d) \text{ release } f \text{ if } \pi) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$ oraz $(A, t, d) \in E$, wtedy dla każdego momentu w czasie $d' \in \mathbb{N}$ takiego, że $1 \leq d' \leq d$ mamy $f \in O(A, t + d')$.

- Dla każdego wyrażenia $(\pi \text{ triggers } (A, d)) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$ oraz $t + d \leq T_\infty$, wtedy $(A, t, d) \in E$.
- Dla każdego wyrażenia $((A, d_1) \text{ invokes } (B, d_2) \text{ after } d \text{ if } \pi) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, $(A, t, d_1) \in E$ oraz $t + d + d_1 + d_2 \leq T_\infty$, wtedy $(B, t + d + d_1, d_2) \in E$.
- Dla każdego wyrażenia $(\text{impossible } (A, d) \text{ at } t)$ mamy $(A, t, d) \notin E$
- Dla każdego wyrażenia $(\text{impossible } (A, d) \text{ if } \pi)$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, wtedy $(A, t, d) \notin E$.

Definicja 2.2. Niech $S = (H, O, E, T_\infty)$ będzie strukturą języka AL , $Sc = (OBS, ACS)$ będzie scenariuszem, oraz D dziedziną. Powiemy, że S jest strukturą dla Sc zgodną z opisem domeny D , jeśli:

- Dla każdej obserwacji $(\alpha, t) \in OBS$ mamy $H(\alpha, t) = 1$
- $ACS \subseteq E$
- Dla każdej akcji $A \in Ac$ oraz dla każdego czasu rozpoczęcia akcji i jej długości $t, d \in \mathbb{N}$, jeżeli $(A, t, d) \in E$, to $t + d \leq T_\infty$.

Definicja 2.3. Niech $O_1, O_2: X \rightarrow 2^Y$. Mówimy, że $O_1 \prec O_2$ jeżeli $\forall x \in X \ O_1(x) \subseteq O_2(x)$ oraz $O_1 \neq O_2$.

Definicja 2.4. Niech $S = (H, O, E, T_\infty)$ będzie strukturą dla scenariusza $Sc = (OBS, ACS)$ zgodną z opisem dziedziny D . Mówimy, że S jest O -minimalną strukturą, jeżeli nie istnieje struktura $S' = (H', O', E', T'_\infty)$ dla tego samego scenariusza i domeny taka, że $O' \prec O$.

Definicja 2.5. Niech $S = (H, O, E, T_\infty)$ będzie strukturą dla scenariusza $Sc = (OBS, ACS)$ zgodną z opisem domeny D . S będziemy nazywać modelem Sc zgodnym z opisem D jeżeli:

- S jest O -minimalny
- Dla każdego momentu w czasie $t, d \in \mathbb{N}$, $\{f \in F: H(f, t) \neq H(f, t + d)\} \subseteq O(A, t + d)$ dla pewnej akcji A .
- Nie istnieje, żadna struktura $S' = (H', O', E')$ dla Sc zgodna z opisem D , która spełnia poprzednie warunki oraz taka, że $E' \subset E$.

Uwaga 2.1. Nie dla każdego scenariusza można ułożyć model. Mówimy, że scenariusz Sc jest zgodny jeśli istnieje do niego model zgodny z dziedziną D .

3 Opis języka kwerend

Zdefiniowany język akcji może być odpytywany przez poniżej zaprezentowany język kwerend, który zapewnia uzyskanie odpowiedzi $TRUE/FALSE$ na następujące pytania:

Q1. Czy podany scenariusz jest możliwy do realizacji zawsze/kiedykolwiek?

- *always/ever executable Sc*
Oznacza, że scenariusz Sc zawsze/kiedykolwiek jest zgodny z domeną D , tzn. że istnieje model dla danego scenariusza do chwili T_∞ włącznie.

Q2. Czy w chwili $t \geq 0$ realizacji podanego scenariusza warunek γ zachodzi zawsze/kiedykolwiek?

- *always/ever γ at t when Sc*

Oznacza, że zawsze/kiedykolwiek w chwili t realizacji scenariusza Sc zachodzi warunek γ .

- *always/ever γ when Sc*

Oznacza, że zawsze/kiedykolwiek w pewnej chwili t realizacji scenariusza Sc zachodzi warunek γ .

Q3. Czy w chwili t realizacji scenariusza wykonywana jest akcja A ?

- *always/ever performing A at t when Sc*

Oznacza, że w chwili t realizacji scenariusza Sc zachodzi akcja A .

- *always/ever performing A when Sc*

Oznacza, że istnieje pewna chwila w realizacji scenariusza Sc , w której zachodzi akcja A .

- *always/ever performing at t when Sc*

Oznacza, że w chwili t realizacji scenariusza Sc zachodzi pewna akcja.

Q4. Czy podany cel γ jest osiągalny zawsze/kiedykolwiek przy zadanym zbiorze obserwacji OBS?

- *always/ever accessible γ when Sc*

Oznacza, że cel γ jest osiągalny zawsze/kiedykolwiek przy zadanym zbiorze obserwacji OBS przy realizacji scenariusza Sc , tzn. istnieje model dla danego scenariusza do chwili T_∞ włącznie.

Uwaga 3.1. Warunek *always* zachodzi jeśli odpowiedź na kwerendę we wszystkich ścieżkach wykonania jest *TRUE*, natomiast warunek *ever* zachodzi jeśli istnieje co najmniej jedna taka ścieżka.

Uwaga 3.2. Kwerendy są sprawdzane do czasu $t=T_\infty$, jeśli do tego czasu warunek jest spełniony, to odpowiedzią jest *TRUE*, w przeciwnym razie *FALSE*.

Semantyka kwerend w języku

Niech Sc będzie scenariuszem, a D opisem domeny języka. Powiemy, że kwerenda Q jest konsekwencją Sc zgodnie z D (ozn. $Sc, D \models Q$)

- zapytanie kwerendą Q postaci *executable Sc*
zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdej ścieżki wykonania istnieje model $S = (H, O, E, T_\infty)$ zgodny z D dla scenariusza Sc .
- zapytanie kwerendą Q postaci *γ at t when Sc*
zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdego modelu $S = (H, O, E, T_\infty)$ scenariusza Sc zgodnego z D zajdzie $H(\gamma, t) = 1$
- zapytanie kwerendą Q postaci *γ when Sc*
zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdego modelu $S = (H, O, E, T_\infty)$ scenariusza Sc zgodnego z D zajdzie $\exists_{t \in N} H(\gamma, t) = 1$.
- zapytanie kwerendą Q postaci *performing A at t when Sc*
zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdego modelu $S = (H, O, E, T_\infty)$ scenariusza Sc zgodnego z D zajdzie $\exists_{d \in N} (A, t, d) \in E$.

- zapytanie kwerendą Q postaci *performing A when Sc* zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdego modelu $S = (H, O, E, T_\infty)$ scenariusza Sc zgodnego z D znajdzie $\exists_{t \in N} \exists_{d \in N} (A, t, d) \in E$.
- zapytanie kwerendą Q postaci *performing at t when Sc* zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdego modelu $S = (H, O, E, T_\infty)$ scenariusza Sc zgodnego z D znajdzie $\exists_{A \in Ac} \exists_{d \in N} (A, t, d) \in E$.
- zapytanie kwerendą Q postaci *accessible γ when Sc* zwróci wynik *TRUE* jeśli dla każdego modelu $S = (H, O, E, T_\infty)$ scenariusza Sc zgodnego z D znajdzie $\exists(A_0, \dots, A_n \in ACS, n \geq 0) \exists_{t \in N} H(\gamma, t) = 1$.

Uwaga 3.3. Jeśli warunek nie znajdzie program zwróci wartość *FALSE*.

4 Przykłady

4.1 Pytanie czy dany scenariusz może wystąpić

4.1.1 Historia

Michał jest pracującym studentem. W środę o godzinie 8.00 powinien pojawić się w pracy zupełnie trzeźwy. Mimo to we wtorek postanowił pójść do baru. Jeśli Michał się napije, stanie się pijany. Jeśli pójdzie spać przestanie być pijany, ale stanie się skacowany, co również będzie niedopuszczalne w jego pracy.

4.1.2 Opis akcji

(drink, 2) **causes** *drunk*
(sleep, 8) **causes** *!drunk*
(sleep, 8) **causes** *hangover* **if** *drunk*

4.1.3 Scenariusze

$Sc = (OBS, ACS)$
 $OBS = \{(!drunk, 0), (!hangover, 0), (!drunk, 10), (!hangover, 10)\}$
 $ACS = \{((drink, 2), 0), ((sleep, 8), 2)\}$

$Sc_2 = (OBS_2, ACS_2)$
 $OBS_2 = \{(!drunk, 0), (!hangover, 0), (!drunk, 10), (!hangover, 10)\}$
 $ACS_2 = \{((sleep, 8), 1)\}$

4.1.4 Kwerendy

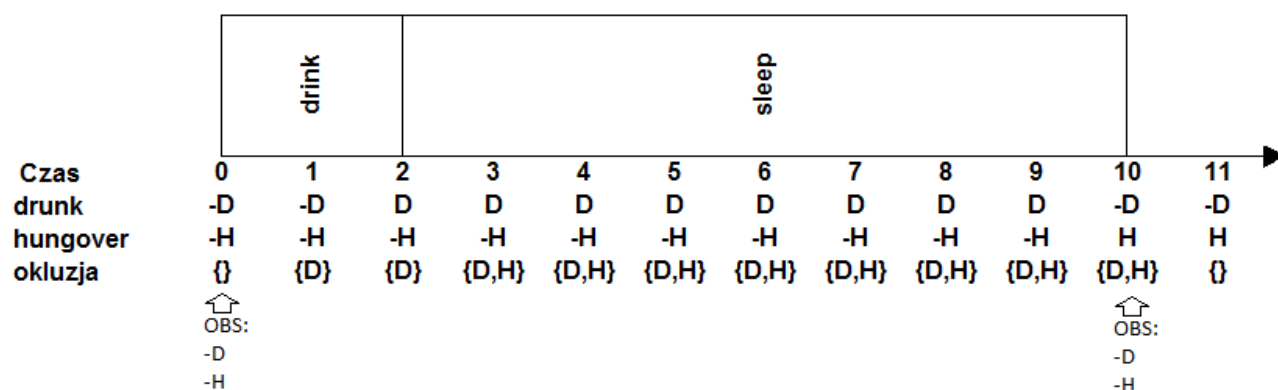
1. **ever executable** Sc

2. ever executable $Sc2$

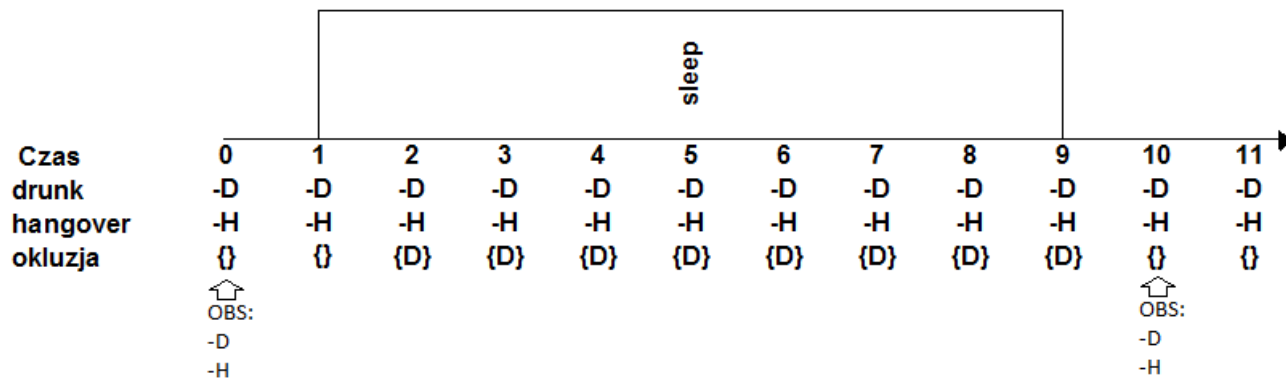
4.1.5 Analiza

Odpowiedzi na kwerendy to odpowiednio:

1. FALSE zgodnie z diagramem 1.
2. TRUE zgodnie z diagramem 2.



Rysunek 1: Diagram dla scenariusza Sc



Rysunek 2: Diagram dla scenariusza $Sc2$

Scenariusz $Sc2$ jest w pełni poprawny i wykonywalny. Scenariusza Sc nie można wykonać, ponieważ wymaga on by w chwili 10 fluenty *drunk* i *hangover* miały wartość FALSE, jednak w tej chwili zmienna *hangover* ma wartość TRUE.

4.2 Pytanie czy dany warunek zachodzi w danym czasie

4.2.1 Historia

Mick i Sarah są parą, więc mają wspólne produkty spożywcze, ale posiłki zwykle jadają oddzielnie. Pewnego dnia Sarah chce zrobić ciasto, a Mick naleśniki. Nie mogą być one robione w tym samym czasie ze względu na konieczność użycia miksera do przygotowania obu. Ponadto, zrobienie jednego lub drugiego dania zużywa cały zapas jajek dostępnych w mieszkaniu, więc trzeba je potem dokupić.

4.2.2 Opis akcji

$(making_panc, 1)$ **causes** !eggs **if** eggs
 $(making_cake, 1)$ **causes** !eggs **if** eggs
 $(buy_eggs, 2)$ **causes** eggs

4.2.3 Scenariusz

$Sc = (OBS, ACS)$
 $OBS = \{(eggs, 0)\}$
 $ACS = \{((making_panc, 1), 0), ((making_cake, 1), 2)\}$

4.2.4 Kwerendy

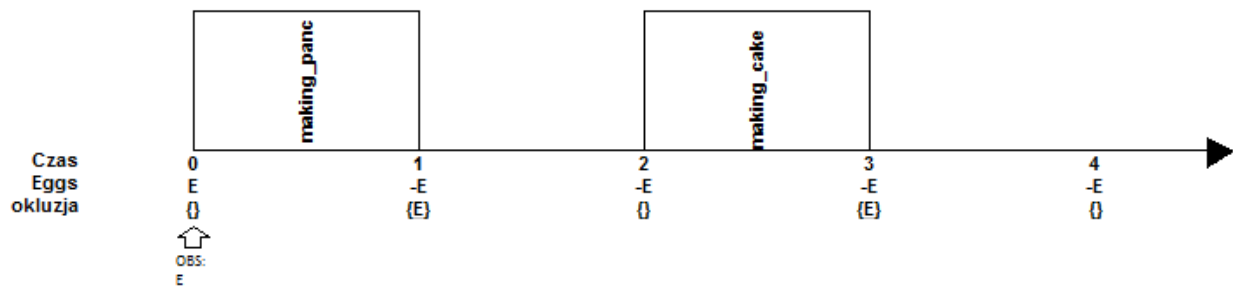
1. eggs at 0 **when** Sc
2. eggs at 2 **when** Sc

4.2.5 Analiza

Odpowiedzi na kwerendy to odpowiednio:

1. TRUE,
2. FALSE.

Zgodnie z diagramem dla scenariusza Sc :



Rysunek 3: Diagram dla scenariusza Sc

Oczywiście warunek akcji $making_panc$ nie jest spełniony w momencie 2.

4.3 Pytanie czy dana akcja jest wykonywana w pewnym czasie

4.3.1 Historia

Mamy Billa i psa Maxa. Jeśli Bill idzie, to Max biegnie przez jakiś czas. Jeśli Bill gwizdże, Max szczeka przez jakiś czas. Jeśli Bill zatrzymuje się, Max również. Jeśli Bill przestaje gwizdać, to Max przestaje szczekać.

4.3.2 Opis akcji

$(goes_Bill, 2)$ **causes** run_Max
 $(goes_Bill, 2)$ **invokes** $(runs_Max, 2)$ **after** 0
 $(runs_Max, 2)$ **causes** $!run_Max$
 $(whistles_Bill, 1)$ **causes** $bark_Max$
 $(whistles_Bill, 1)$ **invokes** $(barks_Max, 1)$ **after** 0
 $(barks_Max, 1)$ **causes** $!bark_Max$

4.3.3 Scenariusz

$Sc = (OBS, ACS)$
 $OBS = \{(!run_Max, 0), (!bark_Max, 0)\}$
 $ACS = \{((goes_Bill, 2), 1), ((whistles_Bill, 1), 5), ((goes_Bill, 2), 7)\}$

4.3.4 Kwerendy

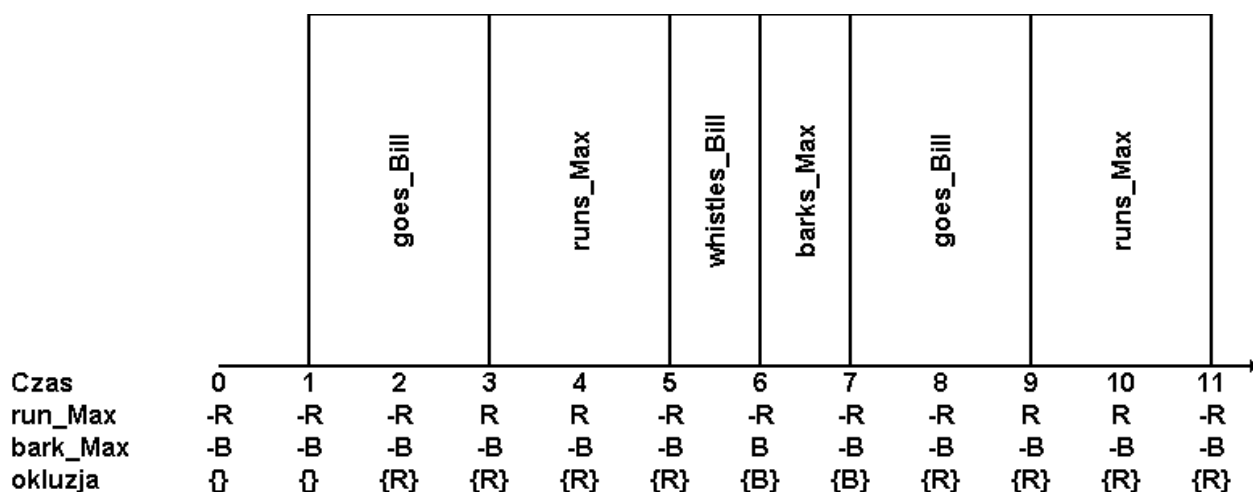
1. **performing** $runs_Max$ **at** 8 **when** Sc
2. **performing** $runs_Max$ **when** Sc
3. **performing at** 8 **when** Sc

4.3.5 Analiza

Odpowiedzi na powyższe kwerendy są następujące:

1. FALSE,
2. TRUE,
3. TRUE.

Ilustruje to poniższy diagram:



Rysunek 4: Diagram dla scenariusza Sc

4.4 Pytanie czy podany cel jest osiągalny

4.4.1 Historia

Mamy Billa oraz komputer. Bill może nacisnąć przycisk *Włącz* lub odłączyć komputer od zasilania. Początkowo komputer jest wyłączony i podłączony do zasilania. Jeżeli zostanie naciśnięty jego przycisk *Włącz* oraz komputer jest podłączony do zasilania, to komputer włączy się. Odłączenie komputera od prądu powoduje, że komputer będzie odłączony od zasilania oraz wyłączony.

4.4.2 Opis akcji

$(clicks_button_on, 1)$ **invokes** $(switches_on_computer, 2)$ **after** 0 **if** $connect_power_computer$
 $(switches_on_computer, 2)$ **causes** $on_computer$
 $(disconnects_power, 1)$ **causes** $!connect_power_computer$
 $(disconnects_power, 1)$ **causes** $!on_computer$

4.4.3 Scenariusz

$Sc = (OBS, ACS)$
 $OBS = \{(!on_computer, 0), (connect_power_computer, 0)\}$
 $ACS = \{(clicks_button_on, 1), 1), ((disconnects_power, 1), 4), ((clicks_button_on, 1), 5)\}$

4.4.4 Kwerendy

1. $on_computer$ **at** 7 **when** Sc
2. **accessible** $on_computer$ **when** Sc

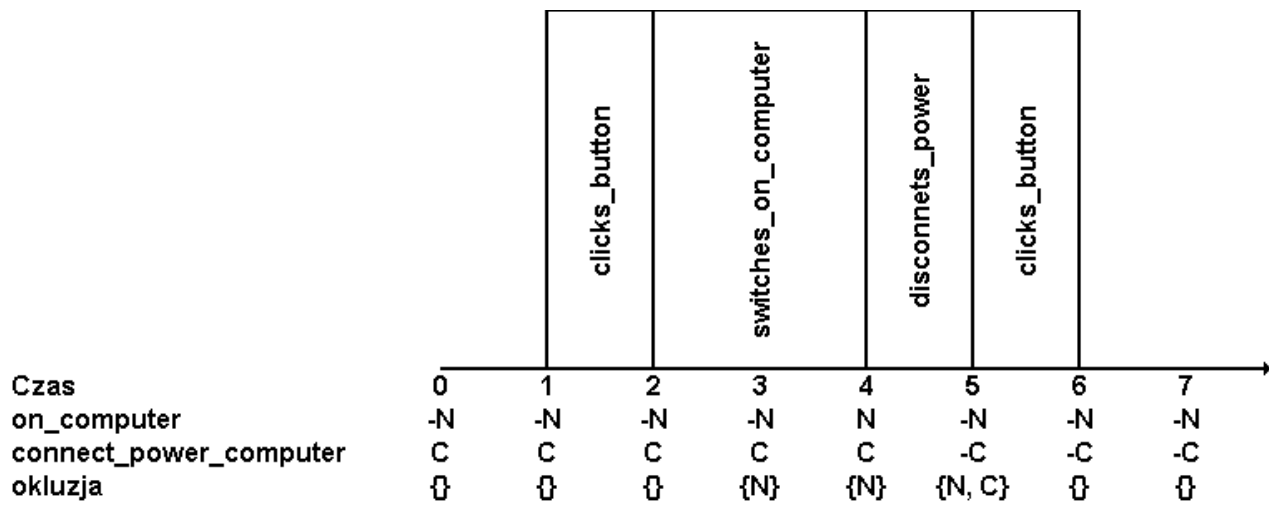
4.4.5 Analiza

Odpowiedzi na powyższe kwerendy są następujące:

1. FALSE,
2. TRUE.

Należy dodać, że cel osiągnięto już w chwili czasu równej 4, mimo iż komputer jest wyłączony od chwili czasu równej 5 i stan ten nie ulega już zmianie.

Ilustruje to poniższy diagram:



Rysunek 5: Diagram dla scenariusza *Sc*