DEPARTAMENTO DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Trabajo Práctico de Especificación

Recuperación de Información Musical

16 de Septiembre de 2019 — Algoritmos y Estructuras de Datos I

Grupo 9 - C Bug Bug

Integrante	LU	Correo electrónico
Rodriguez Celma, Guido	374/19	guido.rodriguez@outlook.com.ar
Balboa, Guillermo	447/13	guibalboa0@gmail.com
Montero, Pablo	411/10	monteropablo@gmail.com
Rodriguez, Miguel	57/19	mmiguerodriguez@gmail.com

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)
Intendente Güiraldes 2610 - C1428EGA
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina
Tel/Fax: (++54 +11) 4576-3300
http://www.exactas.uba.ar

1. Problemas

Ejercicio 1

proc formatoVálido (in s: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, in c: $\mathbb{Z}$, in p: $\mathbb{Z}$, out result: Bool) {
    Pre {$True$}
    Post {$result = True \leftrightarrow esFormatoVálido(s, c, p)$}
}

Ejercicio 2

proc replicar (in a: audio, in c: $\mathbb{Z}$, in p: $\mathbb{Z}$, out result: audio) {
    Pre {$c > 0 \land esFormatoVálido(a, 1, p)$}
    Post {$|result| = c \times |a| \land_L esRéplica(result, a, c)$}
}

pred esRéplica (s: audio, a: audio, c: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |a| \longrightarrow_L todosLosElementosIguales(\text{subseq}(s, i \times c, i \times c + c), a[i]))$
}

pred todosLosElementosIguales (subsec: audio, elem: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall x : \mathbb{Z})(x \in subsec \longrightarrow x = elem)$
}

Ejercicio 3

proc revertirAudio (in a: audio, in c: $\mathbb{Z}$, in p: $\mathbb{Z}$, out invertido: audio) {
    Pre {$esFormatoVálido(a, c, p)$}
    Post {$|a| = |invertido| \land_L lasSubsecuenciasEstánInvertidas(invertido, a)$}
}

pred lasSubsecuenciasEstánInvertidas (invertido: audio, a: audio) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < totalDeSubsecuencias(a, c) \longrightarrow_L laSubsecuenciaEstáInvertida(a, i \times c, i \times c + c, invertido))$
}

pred laSubsecuenciaEstáInvertida (a: audio, i: $\mathbb{Z}$, j: $\mathbb{Z}$, invertido: audio) {
  $subseq(a, i, j) = subseq(invertido, |invertido| - j, |invertido| - i)$
}

aux #totalDeSubsecuencias (a: audio, c: $\mathbb{Z}$) : $\mathbb{Z} = \frac{|a|}{c}$;

Ejercicio 4

proc magnitudAbsolutaMáxima (in a: audio, in c: $\mathbb{Z}$, in p: $\mathbb{Z}$, out máximos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, posicionesMáximo: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) {
    Pre {$esFormatoVálido(a, c, p)$}
    Post {
        $|máximos| = c \land |posicionesMáximo| = c \land$
        $sonLosMáximosAbsolutos(máximos, a, c) \land sonLasPosicionesDeLosMáximos(posicionesMáximo, a, c)$
        }
}

pred sonLosMáximosAbsolutos (m: $\mathbb{Z}$, a: audio, c: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |máximos| \longrightarrow_L esElMáximoAbsolutoDelCanal(máximos[i], i, a, c))$
}

pred esElMáximoAbsolutoDelCanal (m: $\mathbb{Z}$, i: $\mathbb{Z}$, a: audio, c: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall j : \mathbb{Z})((0 \leq j < |a| \land estáEnElCanal(j, i, c)) \longrightarrow_L abs(a[j]) \leq abs(m))$
}

pred sonLasPosicionesDeLosMáximos (m: $\mathbb{Z}$, a: audio, c: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |posicionesMáximo| \longrightarrow_L (estáEnElCanal(posicionesMáximo[i], i, c) \land_L$
  $a[posicionesMáximo[i]] = máximos[i]))$
}

Ejercicio 5

proc redirigir (in a: audio, in c: $\mathbb{Z}$, in p: $\mathbb{Z}$, out invertido: audio) {
  Pre $\{(1 \leq c \leq 2) \land esFormatoVálido(a, 2, p) \land sumaDeInvertidoEnRango(a, c, p)\}$
  Post $\{|invertido| = |a| \land_L estáRedirigido(a, invertido, c)\}$
}

pred sumaDeInvertidoEnRango (a: audio, c: $\mathbb{Z}$, p: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})((0 \leq i < |a| \land \neg estáEnElCanal(i, c-1, 2)) \longrightarrow_L estáEnRango(a[i] + otroCanalInvertido(a, i, c), p)$
}

pred estáRedirigido (a: audio, invertido: audio, c: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |a| \longrightarrow_L ($
    $(estáEnElCanal(i, c-1, 2) \land_L invertido[i] = a[i]) \lor$
    $(\neg estáEnElCanal(i, c-1, 2) \land_L índiceInvertido(a, invertido, i))$
  $))$
}

pred índiceInvertido (a: audio, invertido: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
  $invertido[i] = a[i] + otroCanalInvertido(a, i, c)$
}

aux otroCanalInvertido (a: audio, i: $\mathbb{Z}$, c: $\mathbb{Z}$) : $\mathbb{Z} = (-1) \times canalAInvertir(a, i, c)$;

aux canalAInvertir (a: audio, i: $\mathbb{Z}$, c: $\mathbb{Z}$) : $\mathbb{Z}$ = if c = 1 then a[i + 1] else a[i - 1] fi;

Ejercicio 6

proc bajarCalidad (inout a: $seq\langle audio\rangle$, in p: $\mathbb{Z}$, in p2: $\mathbb{Z}$) {
  Pre $\{todosSonFormatoVálido(a, 1, p) \land p > p2 \land a = A_1\}$
  Post $\{|a| = |A_1| \land_L sonBajaCalidad(a, A_1, p, p2)\}$
}

pred todosSonFormatoVálido (a: audio, c: $\mathbb{Z}$, p: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall s : audio)(s \in a \longrightarrow esFormatoVálido(s, c, p))$
}

pred sonBajaCalidad (a: audio, A_1: audio, p: $\mathbb{Z}$, p2: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |a| \longrightarrow_L (|A_1[i]| = |a[i]| \land_L esBajaCalidad(a[i], A_1[i], p - p2))$
}

pred esBajaCalidad (x: audio, y: audio, p: $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |x| \longrightarrow_L x[i] = \lfloor \frac{y[i]}{2^p} \rfloor)$
}

Ejercicio 7

proc audiosSoftYHard (in sa: $seq\langle audio\rangle$, in p: $\mathbb{Z}$, in long: $\mathbb{Z}$, in umbral: $\mathbb{Z}$, out soft: $seq\langle audio\rangle$, out hard: $seq\langle audio\rangle$) {
  Pre $\{todosSonFormatoVálido(sa, 1, p) \land long > 0\}$
  Post {
    $|soft| + |hard| = |sa| \land$
    $todosPertenecenYRespetanApariciones(soft, sa) \land$
    $todosPertenecenYRespetanApariciones(hard, sa) \land$
    $sonTodosSoft(soft, long, umbral) \land sonTodosHard(hard, long, umbral)$
    }
}

aux #aparicionesAudio (x: audio, a: $seq\langle audio\rangle$) : $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|a|-1}$ (if a[i] = x then 1 else 0);

pred todosPertenecenYRespetanApariciones (ss: $seq\langle audio\rangle$, sa: $seq\langle audio\rangle$) {
  $(\forall s : audio)(s \in ss \longrightarrow (s \in sa \land \#aparicionesAudio(s, ss) = \#aparicionesAudio(s, sa)))$
}

pred sonTodosSoft (soft: $seq\langle audio\rangle$, long: $\mathbb{Z}$, umbral $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall a : audio)(a \in soft \longrightarrow esAudioSoft(a, long, umbral))$
}

pred sonTodosHard (hard: $seq\langle audio\rangle$, long: $\mathbb{Z}$, umbral $\mathbb{Z}$) {
  $(\forall a : audio)(a \in hard \longrightarrow esAudioHard(a, long, umbral))$
}

pred esAudioSoft (a: audio, long: $\mathbb{Z}$, umbral: $\mathbb{Z}$) {
$\neg((\exists s : audio)(esSubsecuencia(s, a) \wedge (|s| > long) \wedge todosSuperanElUmbral(s, umbral)))$
}
pred esAudioHard (a: audio, long: $\mathbb{Z}$, umbral: $\mathbb{Z}$) {
$\neg esAudioSoft(a, long, umbral)$
}
pred esSubsecuencia (sub: audio, a: audio) {
$(\exists i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |a| \wedge ((\exists j : \mathbb{Z})((0 \leq j \leq |a| \wedge i \leq j) \wedge_L sub = subseq(a, i, j))))$
}
pred todosSuperanElUmbral (s: audio, umbral: $\mathbb{Z}$) {
$(\forall k : \mathbb{Z})(k \in s \longrightarrow k > umbral)$
}

Ejercicio 8

proc reemplazarSubAudio (in p: $\mathbb{Z}$, inout a: audio, in a_1: audio, in a_2: audio) {
Pre {
$esFormatoVálido(a, 1, p) \wedge esFormatoVálido(a_1, 1, p) \wedge$
$esFormatoVálido(a_2, 1, p) \wedge noApareceMásDeUnaVez(a, a_1) \wedge A_0 = a$
}
Post {
$(apareceSoloUnaVez(a, a_1) \wedge estáReemplazado(a, a_1, a_2, A_0)) \vee$
$(noAparece(a, a_1) \wedge a = A_0)$
}
}
pred estáReemplazado (a: audio, a_1: audio, a_2: audio, A_0: audio) {
$(\exists i : \mathbb{Z})((0 \leq i < |A_0|) \wedge_L ((\mathsf{subseq}(A_0, i, i + |a_1|) = a_1) \wedge_L$
$(\mathsf{subseq}(A_0, 0, i) +\!\!+ a_2 +\!\!+ \mathsf{subseq}(A_0, i + |a_1|, |A_0|) = a)))$
}
pred noApareceMásDeUnaVez (a: audio, a_1: audio) {
$apareceSoloUnaVez(a, a_1) \vee noAparece(a, a_1)$
}
pred apareceSoloUnaVez (a: audio, a_1: audio) {
$\#aparicionesSubsecuencia(a, a_1) = 1$
}
pred noAparece (a: audio, a_1: audio) {
$\#aparicionesSubsecuencia(a, a_1) = 0$
}
aux #aparicionesSubsecuencia (a: audio, a_1: audio) : $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|a|-|a_1|}$ if a_1 = subseq(a, i, i+$|a_1|$) then 1 else 0 fi;

Ejercicio 9

proc máximosTemporales (in a: audio, in tiempos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, out máximos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, out intervalos: $seq\langle\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}\rangle$) {
Pre $\{|tiempos| > 0 \wedge tiemposMayoresACero(tiempos)\}$
Post {
$|intervalos| = |máximos| \wedge$
$estanTodosLosIntervalos(a, tiempos, intervalos) \wedge$
$sonLosIntervalosCorrectos(a, tiempos, intervalos) \wedge$
$sonElMaximoDeCadaIntervalo(maximos, intervalos)$
}
}
pred tiemposMayoresACero (tiempos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) {
$(\forall k : \mathbb{Z})(k \in tiempos \longrightarrow k > 0)$
}
pred estánTodosLosIntervalos (a: audios, tiempos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, intervalos: $seq\langle\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}\rangle$) {
$sumaIntervalosPorCadaTiempo(|a|, tiempos) = |intervalos|$
}
aux sumaIntervalosPorCadaTiempo (n: $\mathbb{Z}$, tiempos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) : $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|tiempos|-1} \lceil \frac{n}{tiempos[i]} \rceil$;

pred sonLosIntervalosCorrectos (a: audio, tiempos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, intervalos: $seq\langle\mathbb{Z}\times\mathbb{Z}\rangle$) {
$(\forall k:\mathbb{Z})(k \in tiempos \longrightarrow losIntervalosEstánContenidos(k, tiempos, intervalos))$
}
pred losIntervalosEstánContenidos (k: $\mathbb{Z}$, tiempos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, intervalos: $seq\langle\mathbb{Z}\times\mathbb{Z}\rangle$) {
$(\forall i:\mathbb{Z})(0 \le i < k \longrightarrow (\exists\ índice:\mathbb{Z}\times\mathbb{Z})(índice \in intervalos \wedge índice_0 = k\times i \wedge índice_1 = k\times i + k - 1 \wedge$
$\#aparicionesDelValor(k, tiempos) = \#aparicionesDeLaTupla(índice, intervalos))))$
}
aux #aparicionesDelValor (n: $\mathbb{Z}$, s: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) : $\mathbb{Z}$ = $\sum_{i=0}^{|s|-1}$ if s[i] = n then 1 else 0 ;
aux #aparicionesDeLaTupla (t: $\mathbb{Z}\times\ \mathbb{Z}$, s: $seq\langle\mathbb{Z}\times\mathbb{Z}\rangle$) : $\mathbb{Z}$ = $\sum_{i=0}^{|s|-1}$ if s[i] = t then 1 else 0 ;
pred sonElMaximoDeCadaIntervalo (a: audio, máximos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, intervalos: $seq\langle\mathbb{Z}\times\mathbb{Z}\rangle$) {
$(\forall i:\mathbb{Z})(0 \le i < |máximos| \longrightarrow_L esElMaximoDelIntervalo(a, intervalos[i], máximos[i]))$
}
pred esElMaximoDeCadaIntervalo (a: audio, intervalo: $seq\langle\mathbb{Z}\times\mathbb{Z}\rangle$, n: $\mathbb{Z}$) {
$(\forall i:\mathbb{Z})((intervalo_0 \le i < intervalo_1 \wedge 0 \le i < |a|) \longrightarrow_L a[i] \le n)$
}

Ejercicio 10

proc limpiarAudio (inout a: audio, out atípicos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) {
Pre $\{|a| > 0 \wedge a = a_0\}$
Post $\{|a| = |a_0| \wedge esAudioSinOutliers(a_0, a) \wedge sonLosAtípicos(atípicos, a, a_0) \wedge noRepetidos(atípicos)\}$
}
pred esOutlier (k: $\mathbb{Z}$, a: audio) {
$\#elementosMenores(k, a) > 0{,}95 \times |a|$
}
aux #elementosMenores (k: $\mathbb{Z}$, a: audio) : $\mathbb{Z}$ = $\sum_{i=0}^{|a|-1}$ if abs(a[i]) < abs(k) then 1 else 0 fi ;
pred esAudioSinOutliers (a_0: audio, a: audio) {
$(\forall i:\mathbb{Z})((0 \le i < |a_0| \wedge_L esOutlier(a_0[i], a_0)) \longrightarrow replicaNoOutliersAdyacentes(a, a_0, i))$
}
pred replicaNoOutliersAdyacentes (a: audio, a_0: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
$(noHayNoOutliersPorDerecha(a_0, i) \wedge replicaNoOutlierPorIzquierda(a, a_0, i)) \vee$
$(noHayNoOutliersPorIzquierda(a_0, i) \wedge replicaNoOutlierPorDerecha(a, a_0, i)) \vee$
$(replicaValorPromedio(a, a_0, i))$
}
pred noHayNoOutliersPorDerecha (a_0: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
$\neg((\exists j:\mathbb{Z})(i < j < |a_0| \wedge_L \neg esOutlier(a_0[j], a_0)))$
}
pred replicaNoOutlierPorIzquierda (a: audio, a_0: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
$(\exists j:\mathbb{Z})(((0 \le j < i \wedge_L \neg esOutlier(a_0[j], a_0)) \wedge soloHayOutliersEntre(a_0, j, i)) \wedge_L a[i] = a_0[j])$
}
pred noHayNoOutliersPorIzquierda (a_0: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
$\neg((\exists j:\mathbb{Z})(0 \le j < i \wedge_L \neg esOutlier(a_0[j], a_0)))$
}
pred replicaNoOutlierPorDerecha (a: audio, a_0: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
$(\exists j:\mathbb{Z})(((i < j < |a_0| \wedge_L \neg esOutlier(a_0[j], a_0)) \wedge soloHayOutliersEntre(a_0, i, j)) \wedge_L a[i] = a_0[j])$
}
pred replicaValorPromedio (a: audio, a_0: audio, i: $\mathbb{Z}$) {
$(\exists izq:\mathbb{Z})((\exists der:\mathbb{Z})(((0 \le izq < i \wedge i < der < |a_0|) \wedge soloHayOutliersEntre(a_0, izq, der)) \wedge_L a[i] = \lfloor \frac{a_0[izq]+a_0[der]}{2} \rfloor))$
}
pred soloHayOutliersEntre (a: audio, i: $\mathbb{Z}$, j: $\mathbb{Z}$) {
$(\forall x:Z)(i < x < j \longrightarrow_L esOutlier(a_o[x], a_0))$
}
pred sonLosAtípicos (atípicos: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$, a: audio, a_0: audio) {
$(\forall i:Z)((0 \le i < |a_0| \wedge_L esOutlier(a_o[i], a_0)) \leftrightarrow i \in atípicos)$
}
pred noRepetidos (s: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) {
$(\forall k:\mathbb{Z})(k \in s \longrightarrow \#apariciones(k, s) = 1)$

}

`aux #apariciones` (k: $\mathbb{Z}$, s: $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$) : $\mathbb{Z}$ = $\sum_{i=0}^{|s|-1}$ if a[i] = k then 1 else 0 fi ;

2. Predicados y Auxiliares generales

type audio = $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$

```
pred esFormatoVálido (audio: seq⟨ℤ⟩, c: ℤ, p: ℤ) {
    (|audio| > 0 ∧ p > 0 ∧ c > 0 ∧
    (∀x : ℤ)(x ∈ audio ⟶ estáEnRango(x, p)) ∧_L
    |audio| mód c = 0
}

pred estáEnRango (x: ℤ, p: ℤ) {
    −2^(p−1) ≤ x ≤ 2^(p−1) − 1
}

pred estáEnElCanal (n: ℤ, canal: ℤ, canalesTotales: ℤ) {
    n mód canalesTotales = canal
}

aux abs (k: ℤ) : ℤ = if k < 0 then -k else k fi ;
```

3. Decisiones tomadas

- Ejercicio 1: Dejamos como precondición que podiamos tomar cualquier valor de entrada para decidir todo en la precondicion con la funcion esFormatoVálido que además es reutilizada por las demás especificaciones.
- Ejercicio 4: Como el ejercicio decía - "calcule, para cada canal, la máxima magnitud absoluta" -, supusimos que la lista de máximos está ordenada según los canales en forma creciente de tal forma que máximos[0] y posicionesMáximos[0] contienen el maximo del primer canal y la posición respectivamente, y así de forma ordenada por canales hasta sus longitudes.
- Ejercicio 5: Decidimos poner como precondición a sumaDeInvertidoEnRango para que al sumar un elemento con el invertido del otro canal, el resultado esté entre los parametros deseados de profundidad.
- Ejercicio 9: Contemplamos que pudiera haber valores repetidos en la secuencia tiempos. De ahí la comparación entre cantidad de apariciones en el predicado losIntervalosEstánContenidos.
- Ejercicio 10: Asumimos que el audio de entrada cumple con el formato válido de audio, dado que no tenemos la profundidad del audio como para verificarlo.