DEPARTAMENTO DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Trabajo Práctico 2: Diseño

Primer cuatrimestre - 2015 Algoritmos y Estructuras de Datos II

Grupo 2

Integrante	LU	Correo electrónico
Benitez, Nelson	945/13	nelson.benitez92@gmail.com

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria – Pabellón I (Planta Baja)
Intendente Güiraldes 2160 – C1428EGA
Ciudad Autónoma de Buenos Aires – Rep. Argentina
Tel/Fax: (++54 +11) 4576-3300
http://www.exactas.uba.ar

Índice

1 DCNet

1.1 Interfaz

se explica con AS

usa

géneros `as`

Operaciones

CREARSISTEMA(**in** r : `red`) $\longrightarrow$ res : `dcnet`
Pre $\equiv$ {true}
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} iniciarDCNet(r)\}$
Descripción: Crea un sistema DCNet.
Complejidad: $O(L \times n^5)$
Aliasing: res.red es un puntero a la red que recibimos por parámetro

Las complejidades están en función de las siguientes variables:
n : la cantidad total de computadoras que hay en el sistema,
L : el hostname más largo de todas las computadoras,
k : la cola de paquetes más larga de todas las computadoras.

1.2 Representación

se representa con `sistema`

donde `sistema` **es** `tupla`⟨Compus : `arreglo(arreglo(tupla`⟨hayHippie : `bool`, `, tupla`⟨pl : `nat`, `))`,
hayEst : `bool`, nombre : `string`⟩
hayAgente : `bool`⟩
estudiantes : `DiccTrie(nombre:string, pos:pos)`,
hippies : `DiccTrie(nombre:string, pos:pos)`,
agentes : `DiccHash(pl:nat,tupla`⟨pos : `pos`, `)`,
cantSanc : `nat`,
cantCapturas : `nat`⟩
masVigilante : `placa:nat`,
conKSanciones : `tupla`⟨ocurrioSancion : `bool`, ⟩
porKSanc : `arreglo(placa)`⟩

Invariante de representación

1. Todos los IP de *compus* pertenecen al conjunto de claves de *CompusPorPref* y la longitud de dicho arreglo es igual al cardinal de las claves del diccionario.
2. Los pN de las tuplas que tiene el arreglo *compus* apuntan al conjunto de paquetes(PorNom) de un significado en *CompusPorPref* cuya clave es igual al IP de esa posición en el arreglo.
3. Los pN' apuntan al conjuno de paquetes(porNom') de un significado en *CompusPorPref* cuya clave es igual al IP de esa posición en el arreglo

4. Los paquetes del significado pN' son iguales a los paquetes de pN
5. El origen de pN' es distinto al destino de pN' y ambos son posiciones válidas del arreglo compus
6. PosActual de pN' es una posicion válida del arreglo compus
7. La *#PaquetesEnviados* de cada compu es mayor o igual a la actual cantidad total de paquetes que pasaron por esa compu
8. Todos los conjuntos de los significados de *CompusPorPref* son disjuntos dos a dos.
9. Los conjuntos de los campos de la tupla PorNom, PorPrior son iguales.
10. La matriz de caminosMinimos es cuadrada de lado n, con n igual al tamaño del arreglo de compus.
11. Para cualquier compu en el sistema f,d caminosMinimos[f][d] se corresponde con caminoMinimo(red,f,d)
12. La longitud de *CaminosMinimos* es igual a la longitud del arreglo que tiene *CaminosMinimos* en cada posición.
13. La longitud del arreglo, que tiene un arreglo de *CaminosMinimos* es menor o igual a la longitud de *CaminosMinimos*.
14. Los elementos del arreglo anteriormente mencionado son IPs del diccionario *CompusPorPref* y no tiene repetidos.
15. La computadora que más paquetes envió es aquella cuyo índice es igual a *LaQMasEnvio*

Rep : $\widehat{\texttt{sistema}} \longrightarrow$ *boolean*

$(\forall s : \widehat{\texttt{sistema}})$
Rep$(s) \equiv$
1. $\forall s$: String $def?(s, s.CompusPorPref), (\exists c : compu), esta?(c, s.Compus) \ \wedge \ \pi_1(c) = s \ \wedge$ longitud$(s.Compus) = \#\text{CLAVES}(s.CompusPorPref)$
2. $\forall c$: compu esta?$(c, s.Compus), *\pi_2(c) =$ obtener$(\pi_1(c), s.CompusPorPref)$
3. $\forall c$: compu esta?$(c, s.Compus), *\pi_3(c) =$ obtener$(\pi_3(c), s.CompusPorPref)$
4, 5, 6.
$(\forall c : \text{nat})\ 0 \leq c < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$Longitud(s.compus[c].pN) = Longitud(s.compus[c].pN') \wedge$
$(\forall p : \text{paquetePos})\text{esta?}(p, s.compus[c].pN') \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$\text{esta}(\pi_1(p), s.compus[c].pN) \wedge 0 \leq indiceOrigen(p) < Longitud(s.compus)$
$\wedge\ 0 \leq indiceDestino(p) < Longitud(s.compus)$
$\wedge\ \ 0 \leq posActual(p) < Longitud(s.compus)$
$\wedge\ \ \neg(indiceDestino(p) = indiceOrigen(p))$
7. $(\forall c : \text{nat})\ 0 \leq c < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$(\forall p : \text{paquetePos})\ \text{pertenece}(s.compus[c].pN', p) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$\beta(\text{esta}(s.compus[c], caminoMinimo(s.red, s.compus[indiceOrigen(p)], s.compus[posActual(p)])))$
8. $\forall s, t : \text{String def?}(s, s.CompusPorPref) \ \wedge \ \text{def?}(t, s.CompusPorPref) \ \wedge \ s \neq t \ \Rightarrow_{\text{L}}$
obtener$(s, s.CompusPorPref) \bigcap$ obtener$(t, s.CompusPorPref) = \emptyset$
9. $\forall s : \text{String def?}(s, s.CompusPorPref) \ \Rightarrow_{\text{L}} \ \pi_1(\text{obtener}(s, s.CompusPorPref)) =$
$\pi_2(\text{obtener}(s, s.CompusPorPref))$
10. $Longitud(s.compus) = Longitud(CaminosMinimos(s)) \wedge$
$(\forall i : \text{nat})\ 0 \leq i < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$Longitud(s.CaminosMinimos[i]) = Longitud(s.compus)$
11. $(\forall f, d : \text{nat})\ \neg(f = d) \wedge\ 0 \leq f, d < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$CaminosMinimos[f][d] =$

$caminoMinimo(s.red, ipACompu(s.red, \pi_1(s.compus[f])), ipACompu(s.red, \pi_1(s.compus[d])))$
$12, 13, 14.\ (\forall i, j : \text{nat}),\ 0 \leq i, j < \text{longitud}(s.CaminosMinimos) \Rightarrow_{\text{L}} \text{longitud}(s.CaminosMinimos) = \text{longitud}(s.CaminosMinimos[i]) \wedge \text{longitud}(s.CaminosMinimos[i][j]) < \text{longitud}(s.CaminosMinimos) \wedge (\forall e : \text{nat}), \text{esta?}(e, s.CaminosMinimos[i][j]) \Rightarrow \text{pertenece}(e, s.CompusPorPref)$
$15. \forall c : \text{compu esta?}(c, s.Compus) \quad \Rightarrow_{\text{L}} \quad \pi_3(c) \leq \pi_3(s.Compus[s.LaQMasEnvio])$

Función de abstracción

$\text{Abs} : \widehat{\texttt{dcnet}}\ s \longrightarrow \widehat{\texttt{DCNet}} \qquad \{\text{Rep}(s)\}$

$(\forall s : \widehat{\texttt{dcnet}})$
$\text{Abs}(s) \equiv dc : \widehat{\texttt{DCNet}} \mid$
$red(dc) =^*(s.red) \wedge (\forall c : compu, c \in compus(dc))(enEspera(dc, c) =^*(enEspera(s, c)) \wedge$
$cantidadEnviados(dc, c) = cantidadEnviados(s, c)) \wedge$
$(\forall p : paquete, paqueteEnTransito?(dc, p))caminoRecorrido(dc, p) =^*(caminoRecorrido(s, p))$

1.3 Algoritmos

ICREARSISTEMA(**in** r : `red`) $\longrightarrow$ res : `dcnet`	
$res.red \leftarrow r$	
$n \leftarrow Longitud(\text{COMPUS}(red))$	O(1)
$i \leftarrow 0$	
$j \leftarrow 0$	O(1)
$res.Compus \leftarrow$ CREARARREGLO(n)	O(n)
$res.CaminosMinimos \leftarrow$ CREARARREGLO(n)	O(n)
var p : `arreglo_dimensionable de puntero(conjLog(paquete))`	
while i<n **do**	$O(L * n^5)$
	O(n)
$res.CaminosMinimos[i] \leftarrow$ CREARARREGLO(n)	O(n)
s: $< nat, conjLog(paquete, <_{id}), conjLog(paquete, <_p),$	
$conjLog(paquetePos, <_{id}), conjLog(paquetePos, <_p) >$	
$\pi_1(s) \leftarrow compu(r, i)$	
$\pi_2(s) \leftarrow$ NUEVO()	
$\pi_3(s) \leftarrow$ NUEVO()	
$\pi_4(s) \leftarrow$ NUEVO()	
$\pi_5(s) \leftarrow$ NUEVO()	
DEFINIR(res.CompusPorPref,compu(r,i),s)	O(L)
$p[i] \leftarrow \pi_3(s)$	
$p'[i] \leftarrow \pi_5(s)$	
$res.Compus[i] \leftarrow < compu(r, i), p[i], p'[i], 0 >$	O(1)
while j<n **do**	$O(L * n^4)$
	O(n)
$res.CaminosMinimos[i][j] \leftarrow caminoMinimo(compu(r, i), compu(r, j), r)$	
	$O(L * n^3)$
$j++$	
end while	
$i++$	
end while	
$res.LaQMasEnvio \leftarrow 0$	O(1)
	$O(L \times n^5)$

ICREARPAQUETE(**in/out** s : `dcnet`, **in/out** p : `paquete`)	
$t_1 : < nat, conjLog(paquete, <_{id}), conjLog(paquete, <_p),$	
$conjLog(paquetePos, <_{id}), conjLog(paquetePos, <_p) >$	
$t_1 \leftarrow$ OBTENER($origen(p),\ s.CompusPorPref$)	$O(L)$
$t_2 : < nat, conjLog(paquete, <_{id}), conjLog(paquete, <_p),$	
$conjLog(paquetePos, <_{id}), conjLog(paquetePos, <_p) >$	
$t_2 \leftarrow$ OBTENER($destino(p),\ s.CompusPorPref$)	$O(L)$
p': $paquetePos$	
INDICEORIGEN(p') $\leftarrow \pi_1(t_1)$	O(1)
INDICEDESTINO(p') $\leftarrow \pi_1(t_2)$	O(1)
POSACTUAL(p') $\leftarrow 0$	
INSERTAR($\pi_2(t), p$)	$O(log(k))$
INSERTAR($\pi_3(t), p$)	$O(log(k))$
INSERTAR($\pi_4(t), p'$)	$O(log(k))$
INSERTAR($\pi_5(t), p'$)	$O(log(k))$
	$O(L + log(k))$

1.4 Servicios Usados

Del modulo ConjLog requerimos pertenece, buscar, menor, insertar y borrar en O($log(k)$) .

Del modulo Diccionario Por Prefijos requerimos Def?, obtener en O(L).

2 DCNet

2.1 Interfaz

se explica con AS

usa

géneros `as`

Operaciones

CREARSISTEMA(**in** r : `red`) $\longrightarrow$ res : `dcnet`
Pre $\equiv$ {true}
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} iniciarDCNet(r)\}$
Descripción: Crea un sistema DCNet.
Complejidad: O($L \times n^5$)
Aliasing: res.red es un puntero a la red que recibimos por parámetro

Las complejidades están en función de las siguientes variables:
n : la cantidad total de computadoras que hay en el sistema,
L : el hostname más largo de todas las computadoras,
k : la cola de paquetes más larga de todas las computadoras.

2.2 Representación

se representa con `sistema`

donde `sistema` **es** `tupla`⟨Compus : `arreglo(tupla`⟨IP : `String`,),
pN : `puntero(conjLog(paquete))`,
pN' : `puntero(conjLog(paquetePos))`,
#PaquetesEnviados : `nat`⟩
CompusPorPref : `diccPref(compu,tupla`⟨PorNom : `conjLog(paquete)`, ,
PorPrior : `conjLog(paquete)`,
PorNom' : `conjLog(paquetePos)`,
PorPrior' : `conjLog(paquetePos)`⟩
CaminosMinimos : `arreglo(arreglo(arreglo(compu)))`,
LaQMasEnvio : `nat`,
Red : `red`⟩

Invariante de representación

1. Todos los IP de *compus* pertenecen al conjunto de claves de *CompusPorPref* y la longitud de dicho arreglo es igual al cardinal de las claves del diccionario.
2. Los pN de las tuplas que tiene el arreglo *compus* apuntan al conjunto de paquetes(PorNom) de un significado en *CompusPorPref* cuya clave es igual al IP de esa posición en el arreglo.
3. Los pN' apuntan al conjuno de paquetes(porNom') de un significado en *CompusPorPref* cuya clave es igual al IP de esa posición en el arreglo
4. Los paquetes del significado pN' son iguales a los paquetes de pN
5. El origen de pN' es distinto al destino de pN' y ambos son posiciones válidas del arreglo compus
6. PosActual de pN' es una posicion válida del arreglo compus
7. La *#PaquetesEnviados* de cada compu es mayor o igual a la actual cantidad total de paquetes que pasaron por esa compu
8. Todos los conjuntos de los significados de *CompusPorPref* son disjuntos dos a dos.
9. Los conjuntos de los campos de la tupla PorNom, PorPrior son iguales.
10. La matriz de caminosMinimos es cuadrada de lado n, con n igual al tamaño del arreglo de compus.
11. Para cualquier compu en el sistema f,d caminosMinimos[f][d] se corresponde con caminoMinimo(red,f,d)
12. La longitud de *CaminosMinimos* es igual a la longitud del arreglo que tiene *CaminosMinimos* en cada posición.
13. La longitud del arreglo, que tiene un arreglo de *CaminosMinimos* es menor o igual a la longitud de *CaminosMinimos*.
14. Los elementos del arreglo anteriormente mencionado son IPs del diccionario *CompusPorPref* y no tiene repetidos.
15. La computadora que más paquetes envió es aquella cuyo índice es igual a *LaQMasEnvio*

Rep : $\widehat{\texttt{sistema}} \longrightarrow$ *boolean*

$(\forall s : \widehat{\texttt{sistema}})$
Rep$(s) \equiv$
1. $\forall s$: String $def?(s, s.CompusPorPref), (\exists c : compu), esta?(c, s.Compus) \ \wedge \ \pi_1(c) = s \ \wedge$ longitud$(s.Compus) =$ #CLAVES$(s.CompusPorPref)$
2. $\forall c$: compu esta?$(c, s.Compus), *\pi_2(c) =$ obtener$(\pi_1(c), s.CompusPorPref)$
3. $\forall c$: compu esta?$(c, s.Compus), *\pi_3(c) =$ obtener$(\pi_3(c), s.CompusPorPref)$
4, 5, 6.
$(\forall c : \text{nat}) \ 0 \leq c < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$Longitud(s.compus[c].pN) = Longitud(s.compus[c].pN') \wedge$
$(\forall p : \text{paquetePos})\text{esta?}(p, s.compus[c].pN') \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$\text{esta}(\pi_1(p), s.compus[c].pN) \wedge 0 \leq indiceOrigen(p) < Longitud(s.compus)$
$\wedge \ 0 \leq indiceDestino(p) < Longitud(s.compus)$
$\wedge \ \ 0 \leq posActual(p) < Longitud(s.compus)$
$\wedge \ \neg(indiceDestino(p) = indiceOrigen(p))$
7. $(\forall c : \text{nat}) \ 0 \leq c < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$(\forall p : \text{paquetePos})$ pertenece$(s.compus[c].pN', p) \ \Rightarrow_{\text{L}}$

$\beta(\text{esta}(s.compus[c], caminoMinimo(s.red, s.compus[indiceOrigen(p)], s.compus[posActual(p)])))$
8. $\forall s, t : \text{String}\ \text{def?}(s, s.CompusPorPref) \ \wedge\ \text{def?}(t, s.CompusPorPref) \ \wedge\ s \neq t \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$\text{obtener}(s, s.CompusPorPref) \bigcap \text{obtener}(t, s.CompusPorPref) = \emptyset$
9. $\forall s : \text{String}\ \text{def?}(s, s.CompusPorPref) \ \Rightarrow_{\text{L}}\ \pi_1(\text{obtener}(s, s.CompusPorPref)) =$
$\pi_2(\text{obtener}(s, s.CompusPorPref))$
10. $Longitud(s.compus) = Longitud(CaminosMinimos(s)) \wedge$
$(\forall i : \text{nat})\ 0 \leq i < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$Longitud(s.CaminosMinimos[i]) = Longitud(s.compus)$
11. $(\forall f, d : \text{nat})\ \neg(f = d) \wedge\ 0 \leq f, d < Longitud(s.compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}$
$CaminosMinimos[f][d] =$
$caminoMinimo(s.red, ipACompu(s.red, \pi_1(s.compus[f])), ipACompu(s.red, \pi_1(s.compus[d])))$
$12, 13, 14.\ (\forall i, j : \text{nat}),\ 0 \leq i, j < \text{longitud}(s.CaminosMinimos) \ \Rightarrow_{\text{L}} \text{longitud}(s.CaminosMinimos) =$
$\text{longitud}(s.CaminosMinimos[i]) \wedge \text{longitud}(s.CaminosMinimos[i][j]) < \text{longitud}(s.CaminosMinimos) \wedge$
$(\forall e : \text{nat}), \text{esta?}(e, s.CaminosMinimos[i][j]) \Rightarrow \text{pertenece}(e, s.CompusPorPref)$
$15. \forall c : \text{compu}\ \text{esta?}(c, s.Compus) \ \Rightarrow_{\text{L}}\ \pi_3(c) \leq \pi_3(s.Compus[s.LaQMasEnvio])$

Función de abstracción

$\text{Abs} : \widehat{\texttt{dcnet}}\ s \longrightarrow \widehat{\texttt{DCNet}} \qquad \{\text{Rep}(s)\}$

$(\forall s : \widehat{\texttt{dcnet}})$
$\text{Abs}(s) \equiv dc : \widehat{\texttt{DCNet}} \mid$
$red(dc) =^*(s.red) \wedge (\forall c : compu, c \in compus(dc))(enEspera(dc, c) =^*(enEspera(s, c)) \wedge$
$cantidadEnviados(dc, c) = cantidadEnviados(s, c)) \wedge$
$(\forall p : paquete, paqueteEnTransito?(dc, p))caminoRecorrido(dc, p) =^*(caminoRecorrido(s, p))$

2.3 Algoritmos

ICREARSISTEMA(**in** r : `red`) $\longrightarrow$ res : `dcnet`	
$res.red \leftarrow r$	
$n \leftarrow Longitud(\text{COMPUS}(red))$	O(1)
$i \leftarrow 0$	
$j \leftarrow 0$	O(1)
$res.Compus \leftarrow \text{CREARARREGLO}(n)$	O(n)
$res.CaminosMinimos \leftarrow \text{CREARARREGLO}(n)$	O(n)
var p : `arreglo_dimensionable de puntero(conjLog(paquete))`	
while i<n **do**	$O(L * n^5)$
	O(n)
$res.CaminosMinimos[i] \leftarrow \text{CREARARREGLO}(n)$	O(n)
s: $< nat, conjLog(paquete, <_{id}), conjLog(paquete, <_p),$ $conjLog(paquetePos, <_{id}), conjLog(paquetePos, <_p) >$	
$\pi_1(s) \leftarrow compu(r, i)$	
$\pi_2(s) \leftarrow \text{NUEVO}()$	
$\pi_3(s) \leftarrow \text{NUEVO}()$	
$\pi_4(s) \leftarrow \text{NUEVO}()$	
$\pi_5(s) \leftarrow \text{NUEVO}()$	
DEFINIR(res.CompusPorPref,compu(r,i),s)	O(L)
$p[i] \leftarrow \pi_3(s)$	
$p'[i] \leftarrow \pi_5(s)$	
$res.Compus[i] \leftarrow < compu(r, i), p[i], p'[i], 0 >$	O(1)
while j<n **do**	$O(L * n^4)$
	O(n)
$res.CaminosMinimos[i][j] \leftarrow caminoMinimo(compu(r, i), compu(r, j), r)$	$O(L * n^3)$
$j++$	
end while	
$i++$	
end while	
$res.LaQMasEnvio \leftarrow 0$	O(1)
	$O(L \times n^5)$

ICREARPAQUETE(**in/out** s : `dcnet`, **in/out** p : `paquete`)	
$t_1 : < nat, conjLog(paquete, <_{id}), conjLog(paquete, <_p),$ $conjLog(paquetePos, <_{id}), conjLog(paquetePos, <_p) >$	
$t_1 \leftarrow \text{OBTENER}(origen(p),\ s.CompusPorPref)$	O(L)
$t_2 : < nat, conjLog(paquete, <_{id}), conjLog(paquete, <_p),$ $conjLog(paquetePos, <_{id}), conjLog(paquetePos, <_p) >$	
$t_2 \leftarrow \text{OBTENER}(destino(p),\ s.CompusPorPref)$	O(L)
p': $paquetePos$	
INDICEORIGEN(p') $\leftarrow \pi_1(t_1)$	O(1)
INDICEDESTINO(p') $\leftarrow \pi_1(t_2)$	O(1)
POSACTUAL(p') $\leftarrow 0$	
INSERTAR($\pi_2(t), p$)	$O(log(k))$
INSERTAR($\pi_3(t), p$)	$O(log(k))$
INSERTAR($\pi_4(t), p'$)	$O(log(k))$
INSERTAR($\pi_5(t), p'$)	$O(log(k))$
	$O(L + log(k))$

2.4 Servicios Usados

Del modulo ConjLog requerimos pertenece, buscar, menor, insertar y borrar en O($log(k)$) .

Del modulo Diccionario Por Prefijos requerimos Def?, obtener en O(L).

3 Diccionario por nombres

3.1 Interfaz

se explica con DICC

usa

géneros `dpn`

Operaciones

VACIO() $\longrightarrow$ *res* : `dpn`
Pre $\equiv$ {true}
Post $\equiv$ $\{dpn =_{\text{obs}} vacia()\}$
Descripción: Crea un nuevo diccionario
Complejidad:
Aliasing: $O(1)$

DEFINIDO?(**in/out** d : `dpn`, *in* c : `String`) $\longrightarrow$ *res* : `bool`
Pre $\equiv$ $\{true\}$
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} def?(d_0, e)\}$
Descripción: Indica si la clave tiene un significado
Complejidad:
Aliasing: $O(long(c))$

DEFINIR(**in/out** d : `dpn`, *in* c : `String`, *in* e : α)
Pre $\equiv$ $\{d = d_0\}$
Post $\equiv$ $\{d =_{\text{obs}} Definir(d_0, e)\}$
Descripción: Se define e en el diccionario
Complejidad: No hay aliasing, se inserta por copia
Aliasing: $O(long(c))$

ELIMINAR(**in/out** d : `dpn`, *in* c : `String`)
Pre $\equiv$ $\{d =_{\text{obs}} d_0 \wedge definido?(d, c)\}$
Post $\equiv$ $\{d =_{\text{obs}} eliminar(d_0, c)\}$
Descripción:
Complejidad: $O(long(c))$
Aliasing: No hay aliasing

SIGNIFICADO(**in/out** d : `dpn`, *in* c : `String`) $\longrightarrow$ *res* : α
Pre $\equiv$ $\{def?(d, c)\}$
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} significado(d, c)\}$
Descripción: Se retornan los significados
Complejidad: $O(long(c))$
Aliasing: Hay aliasing entre el objeto devuelto y el almacenado

ALista(**in/out** d : `dpn`, *in* c : `String`) $\longrightarrow$ *res* : α
Pre $\equiv \{true\}$
Post $\equiv \{ALista(res) =_{\text{obs}} tuplasClaveDiccionario(d)\}$
Descripción: Retorna tuplas ¡clave,significado¿del diccionario
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Retorna por referencia, hay aliasing

3.2 Representación

se representa con `estr`

donde `estr` **es** `tupla`⟨buckets : `Vector(puntero(nodo))`,
enLista : `Lista(<clave:String`,
significado : α`>)`⟩
donde `Nodo` **es** `tupla`⟨hayS : `bool`,
s : α,
enLista : `itLista(<clave:String`,
significado : α`>)`,
hijos : `estr`⟩

Invariante de representación

Rep : $\widehat{\texttt{estr}} \longrightarrow boolean$

$(\forall e : \widehat{\texttt{estr}})$
Rep(e) $\equiv$

1. El tamaño de buckets de estr es 256
2. El conjunto de claves de estr es igual al conjunto formado por cada prefijo obtenido al ir desde la raiz hasta un nodo con hayS=true

Abs : $\widehat{\texttt{estr}}\ e \longrightarrow \widehat{\texttt{dicc}}$ {Rep(e)}

$(\forall e : \widehat{\texttt{estr}})$
Abs(e) $\equiv d : \widehat{\texttt{dicc}} \mid (\forall s : \text{String}) s \in e.claves =_{\text{obs}} def?(d, s) \wedge$
$((\forall s : \text{String}) Definido?(d, s)) \Rightarrow_{\text{L}} Definido?(e, s) \wedge_{\text{L}} (obtener(d, s) =_{\text{obs}} Significado(e, s))$

Auxiliares

3.3 Algoritmos

Vacio() $\longrightarrow$ *res* : `dpn`
  $res \leftarrow CrearTupla(InicializarVector(), NULL)$
  O(1)

iDefinir(**in/out** d : `dpn`, *in clave* : `String`, *in* e : α) $\longrightarrow$ *res* : `dpn`
  $nodoClave : puntero(nodoClave) \leftarrow nuevoNodoClave(clave, d.claves, NULL)$
  O(long(clave))
  $nodo : puntero(Nodo) \leftarrow NULL$
  $i : nat \leftarrow 0$
  // Por ref

$caracteres \leftarrow d.buckets$	O(1)
if $caracteres.esVacia()$ **then**	O(1)
$caracteres = CrearHijos()$	O(1)
$d.bucket \leftarrow caracteres$	O(1)
end if	
while $i \leq Longitud(clave)$ **do**	O(long(clave))
$nodo \leftarrow caracteres[ord(clave[i])]$	O(1)
// Por ref	
$caracteres \leftarrow nodo.hijos$	O(1)
if $caracteres.esVacia()$ **then**	O(1)
$caracteres = CrearHijos()$	O(1)
$nodo.hijos \leftarrow caracteres$	O(1)
end if	
$i++$	O(1)
end while	
$nodo.hayS \leftarrow True$	O(1)
$nodo.significado \leftarrow e$	O(1)
// Almaceno el iterador de lista al agregar atras la clave a la lista de claves del trie, por interfaz de listaEnlazada	
$nodo.enLista \leftarrow d.claves.agAtras(< clave, e >)$	O(long(clave))
	O(long(clave))

iEliminar(**in/out** d : `dpn`, *in* *clave* : `String`) $\longrightarrow$ *res* : `dpn`

$nodo : puntero(Nodo) \leftarrow NULL$	
$i : nat \leftarrow 0$	
// Por ref	
$caracteres \leftarrow d.buckets$	O(1)
while $i \leq Longitud(clave)$ **do**	O(long(clave))
$nodo \leftarrow caracteres[ord(clave[i])]$	O(1)
// Por ref	
$caracteres \leftarrow nodo.hijos$	O(1)
$i++$	O(1)
end while	
$nodo.hayS \leftarrow False$	O(1)
$nodo.enLista.eliminarSiguiente()$	O(1)
if $nodo.hijos = NULL$ **then**	
// Elimina un puntero	
$borrar(nodo)$	O(1)
end if	
	O(long(clave))

iSignificado(**in/out** d : `dpn`, *in* *clave* : `String`) $\longrightarrow$ *res* : α

$nodo : puntero(Nodo) \leftarrow NULL$	O(1)
$buckets : puntero(Nodo) \leftarrow d.buckets$	O(1)
$i \leftarrow 0$	O(1)
while $i \leq Longitud(clave)$ **do**	
$nodo \leftarrow buckets[ord(clave[i])]$	O(1)
$i++$	
end while	
// Por ref	
$res \leftarrow nodo.significado$	O(1)
	O(long(clave))

iClaves(**in/out** d : `dpn`) $\longrightarrow$ res : `Lista(String)`

$res \leftarrow d.claves$	O(1)
	O(1)

iDefinido?(**in/out** d : `dpn`, *in* *clave* : `String`) $\longrightarrow$ res : `bool`

$nodo : puntero(Nodo) \leftarrow NULL$	O(1)
$buckets : puntero(Nodo) \leftarrow d.buckets$	O(1)
$i \leftarrow 0$	O(1)
while $i \leq Longitud(clave)$ **do**	O(long(clave))
$nodo \leftarrow buckets[ord(clave[i])]$	O(1)
if $nodo = NULL$ **then**	O(1)
$return\ False$	O(1)
end if	
$i++$	O(1)
end while	
$res \leftarrow nodo.hayS$	O(1)
	O(long(clave))

3.4 Operaciones del iterador

CrearIterador(**in** d : `dpn`) $\longrightarrow$ res : `itDPN`
Pre $\equiv \{true\}$
Post $\equiv \{tuplasClaveSignificado(d) =_{\text{obs}} siguientes(res) \wedge_{\text{L}} aliasing(tuplasClaveSignificado(d), siguientes($
Descripción: Crea un iterador del diccionario por nombres
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Existe aliasing entre todas las tuplas ¡Clave, Significado¿del dicc y siguientes del iterador

HaySiguiente(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `bool`
Pre $\equiv \{true\}$
Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} haySiguiente(it)\}$
Descripción: Indica si hay siguiente
Complejidad: $O(1)$

HayAnterior(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `bool`
Pre $\equiv \{true\}$
Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} hayAnterior(it)\}$
Descripción: Indica si hay anterior
Complejidad: $O(1)$

Siguiente(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `<clave:String,significado:`α`>`
Pre $\equiv \{HaySiguiente(it)\}$
Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} siguiente(it)\}$
Descripción: Retorna el siguiente
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Hay aliasing

Anterior(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `<clave:String,significado:`α`>`
Pre $\equiv \{HayAnterior(it)\}$
Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} anterior(it)\}$
Descripción: Retorna el anterior
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Hay aliasing

SiguienteClave(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `String`
Pre $\equiv$ $\{HaySiguiente(it)\}$
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} siguiente(it).significado\}$
Descripción: Retorna la siguiente clave
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Hay aliasing

AnteriorClave(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `String`
Pre $\equiv$ $\{HayAnterior(it)\}$
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} anterior(it).significado\}$
Descripción: Retorna la clave anterior
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Hay aliasing

SiguienteSignificado(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : α
Pre $\equiv$ $\{HaySiguiente(it)\}$
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} siguiente(it).significado\}$
Descripción: Retorna el siguiente significado
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Hay aliasing

AnteriorSignificado(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : α
Pre $\equiv$ $\{HayAnterior(it)\}$
Post $\equiv$ $\{res =_{\text{obs}} anterior(it).significado\}$
Descripción: Retorna el significado anterior
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: Hay aliasing

Avanzar(**in/out** it : `itDPN`)
Pre $\equiv$ $\{HaySiguiente(it) \wedge it =_{\text{obs}} it_0\}$
Post $\equiv$ $\{anteriores(it_0) \bullet primero(siguientes(it_0)) =_{\text{obs}} anteriores(it) \wedge fin(siguientes(it_0)) =_{\text{obs}} siguientes($
Descripción: Modifica el iterador, haciendolo avanzar una posicion
Complejidad: $O(1)$

Retroceder(**in/out** it : `itDPN`)
Pre $\equiv$ $\{Hayanterior(it) \wedge it =_{\text{obs}} it_0\}$
Post $\equiv$ $\{comienzo(anteriores(it_0)) =_{\text{obs}} anteriores(it) \wedge ultimo(anteriores(it_0) \bullet siguientes(it_0) =_{\text{obs}} siguien$
Descripción: Modifica el iterador, haciendolo retroceder una posicion
Complejidad: $O(1)$

3.5 Representación del iterador

se explica con Iterador Diccionario

se representa con `itLista(<clave:String, significado:`α`>)`

3.6 Algoritmos del iterador

CrearIterador(**in** d : `dpn`) $\longrightarrow$ res : `itDPN`

$res \leftarrow NuevoItLista(d.ALista())$	O(1)
	O(1)

HaySiguiente(**in** it : `itDPN`) $\longrightarrow$ res : `bool`

$res \leftarrow it.haySiguiente()$	O(1)
	O(1)

HayAnterior(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : `bool`

$res \leftarrow it.hayAnterior()$	O(1)
	O(1)

Siguiente(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : `bool`

$res \leftarrow it.Siguiente()$	O(1)
	O(1)

Anterior(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : `bool`

$res \leftarrow it.Anterior()$	O(1)
	O(1)

SiguienteClave(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : `String`

$res \leftarrow it.Siguiente().clave$	O(1)
	O(1)

AnteriorClave(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : `String`

$res \leftarrow it.Anterior().clave$	O(1)
	O(1)

SiguienteSignificado(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : α

$res \leftarrow it.Siguiente().significado$	O(1)
	O(1)

AnteriorSignificado(**in** *it* : `itDPN`) $\longrightarrow$ *res* : α

$res \leftarrow it.Anterior().significado$	O(1)
	O(1)

Avanzar(**in/out** *it* : `itDPN`)

$it.avanzar()$	O(1)
	O(1)

Retroceder(**in/out** *it* : `itDPN`)

$it.retroceder()$	O(1)
	O(1)