

Algoritmos y Estructuras de Datos II

Departamento de Computación
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

Trabajo Práctico I

Grupo: 12

Integrante	LU	Correo electrónico
Pondal, Iván	078/14	ivan.pondal@gmail.com
Paz, Maximiliano León	251/14	m4xileon@gmail.com
Mena, Manuel	313/14	manuelmena1993@gmail.com
Demartino, Francisco	348/14	demartino.francisco@gmail.com

Reservado para la cátedra

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		

1. TADs Auxiliares

TAD pc **ES** nat

TAD paquete **ES** tupla(nat id, nat ipOrigen, nat ipDestino, nat prioridad)

TAD segmento **ES** tupla(nat ipOrigen, nat interfazOrigen, nat ipDestino, nat interfazDestino)

2. TAD DCNET

TAD DCNET

géneros dcnnet

igualdad observacional

$$(\forall d, d' : \text{dcnnet}) \left(d =_{\text{obs}} d' \iff \left(\begin{array}{l} (\text{topo}(d) =_{\text{obs}} \text{topo}(d')) \wedge_{\text{L}} (\\ (\forall p : \text{pc}) (p \in \text{compus}(d) \Rightarrow_{\text{L}} (\\ (\text{buffer}(d, p) =_{\text{obs}} \text{buffer}(d', p)) \wedge \\ (\# \text{enviados}(d, p) =_{\text{obs}} \# \text{enviados}(d', p)) \end{array} \right) \right)$$

generadores

CrearRed	: topo	→ dcnnet
Seg	: dcnnet	→ dcnnet
CrearPaquete	: dcnnet dcn × paquete p	→ dcnnet
	{(π ₂ (p) ∈ compus(dcn) ∧ π ₃ (p) ∈ compus(dcn)) ∧ _L conectadas?(topo(dcn), π ₂ (p), π ₃ (p))}	

observadores básicos

topo	: dcnnet	→ topologia
#enviados	: dcnnet dcn × pc ip	→ nat {ip ∈ compus(dcn)}
buffer	: dcnnet dcn × pc ip	→ conj(paquete) {ip ∈ compus(dcn)}

otras operaciones

recorridoPaquete	: dcnnet dcn × nat id	→ secu(segmento) {paqueteEnTransito?(dcn, id)}
cortarRecHasta	: secu(segmento) × pc	→ secu(segmento)
buscarPaquete	: dcnnet dcn × conj(pc) pcs × nat id	→ pc {pcs ⊆ compus(topo(dcn)) ∧ id ∈ ids(paquetesEnLaRed(dcn))}
ids	: conj(paquete)	→ conj(nat)
paqueteEnTransito?	: dcnnet × nat	→ bool
existePaqEnBuffers?	: dcnnet dcn × conj(nat) pcs × nat id	→ bool {pcs ⊆ compus(topo(dcn))}
darPaqueteEnviado	: conj(paquete)	→ paquete
rutaPaqueteEnviado	: dcnnet dcn × pc compu	→ secu(segmento) {compu ∈ compus(topo(dcn))}
paquetesRecibidos	: dcnnet × conj(pc) vecinasPc × pc	→ conj(paquete) {compu ∈ compus(topo(dcn)) ∧ _L vecinasPc ⊆ vecinas(topo(dcn), compu)}
darPrioridad	: dcnnet dcn × nat id	→ nat {id ∈ ids(paquetesEnLaRed(dcn))}
buscarPrioridad	: nat × conj(paquetes)	→ nat
maxPrioridad	: dcnnet × conj(pc)	→ nat

PaquetesConPrioridadK	: dcnnet \times conj(pc) \times nat	\longrightarrow paquete
paquetesEnLaRed	: dcnnet	\longrightarrow conj(paquete)
buscarPaquetesEnLaRed	: dcnnet \times conj(pc)	\longrightarrow conj(paquete)
compuQueMasEnvio	: dcnnet	\longrightarrow pc
laQueMasEnvio	: dcnnet \times conj(pc)	\longrightarrow pc
compus	: dcnnet	\longrightarrow conj(pc)

axiomas	$\forall p, p': \text{paquete}, \forall c, c': \text{pc}, \forall dcn, d: \text{dcnnet}, \forall t: \text{topologia}, \forall \text{vecinasPc}: \text{conj}(\text{pc})$
topo(crearRed(t))	$\equiv t$
topo(seg(dcn))	$\equiv \text{topo}(\text{dcn})$
topo(CrearPaquete(dcn, p))	$\equiv \text{topo}(\text{dcn})$
#enviados(crearRed(t), ip)	$\equiv 0$
#enviados(seg(dcn), ip)	$\equiv \text{if } \emptyset?(\text{buffer}(\text{dcn}, \text{ip})) \text{ then}$ $\quad \#enviados(\text{dcn}, \text{ip}) + 1$ else $\quad \#enviados(\text{dcn}, \text{ip})$ fi
#enviados(CrearPaquete(dcn, p), ip)	$\equiv \#enviados(\text{dcn}, \text{ip})$
buffer(CrearRed(t), c)	$\equiv \emptyset$
buffer(CrearPaquete(dcn, p), c)	$\equiv \text{if } \pi_2(p) = c \text{ then}$ $\quad \text{Ag}(p, \emptyset) \cup \text{buffer}(\text{dcn}, c)$ else $\quad \text{buffer}(\text{dcn}, c)$ fi
buffer(segundo(dcn), c)	$\equiv (\text{buffer}(\text{dcn}, c) - \text{darPaqueteEnviado}(\text{buffer}(\text{dcn}, c))) \cup$ $\text{paquetesRecibidos}(\text{dcn}, \text{vecinas}(c), c)$
recorridoPaquete(dcn, p)	$\equiv \text{cortarRecHasta}(\text{darCaminoMasCorto}(\text{topo}(\text{dcn}),$ $\text{origen}(p), \text{destino}(p)), \text{buscarPaquete}(\text{compus}(\text{dcn}), p))$
cortarRecHasta(s, ip)	$\equiv \text{if } \text{vacía?}(s) \vee_L \text{ip} = \text{ipOrigen}(\text{prim}(s)) \text{ then}$ $\quad \langle \rangle$ else $\quad \text{prim}(s) \bullet \text{cortarRecHasta}(\text{fin}(s), \text{ip})$ fi
buscarPaquete(dcn, pcs, id)	$\equiv \text{if } \text{id} \in \text{ids}(\text{buffer}(\text{dcn}, \text{dameUno}(\text{pcs}))) \text{ then}$ $\quad \text{dameUno}(\text{pcs})$ else $\quad \text{buscarPaquete}(\text{dcn}, \text{sinUno}(\text{pcs}), \text{id})$ fi
ids(paquetes)	$\equiv \text{if } \emptyset?(paquetes) \text{ then}$ $\quad \emptyset$ else $\quad \text{Ag}(\pi_1(\text{dameUno}(paquetes)), \text{ids}(\text{sinUno}(paquetes)))$ fi
paqueteEnTransito?(dcn, id)	$\equiv \text{existePqEnBuffers?}(\text{dcn}, \text{compus}(\text{dcn}), \text{id})$
existePqEnBuffers?(dcn, pcs, id)	$\equiv \text{if } \emptyset?(pcs) \text{ then}$ $\quad \text{false}$ else $\quad \text{if } \text{id} \in \text{ids}(\text{buffer}(\text{dcn}, \text{dameUno}(\text{pcs}))) \text{ then}$ $\quad \quad \text{true}$ $\quad \text{else}$ $\quad \quad \text{existePqEnBuffers?}(\text{dcn}, \text{sinUno}(\text{pcs}), \text{id})$ $\quad \text{fi}$ fi

```

buscarPaquetesEnLaRed(dcn,cc)      ≡ if  $\emptyset?(cc)$  then
     $\emptyset$ 
  else
     $buffer(dcn, dameUno(cc)) \cup buscarPaquetesEnLaRed(dcn, sinUno(cc))$ 
  fi

paquetesEnLaRed(d)                  ≡ buscarPaquetesEnLaRed(d, compus(d))

buscarPrioridad(idPaq, cs)          ≡ if  $idPaq = \pi_1(dameUno(cs))$  then
     $\pi_4(dameUno(cs))$ 
  else
    buscarPrioridad(idPaq, sinUno(cs))
  fi

darPrioridad(d, idPaq)              ≡ buscarPrioridad(idPaq, compus(dcn))

darPaqueteEnviado(dcn,cp)           ≡ dameUno(PaquetesConPrioridadK (dcn, cp, maxPrioridad(dcn, cp)))

rutaPaqueteEnviado(dcn, c)          ≡ darCaminoMasCorto(topo(dcn),
     $\pi_2(darPaqueteEnviado(dcn, buffer(dcn, c)))$ ,
     $\pi_3(darPaqueteEnviado(dcn, buffer(dcn, c)))$ )

paquetesRecibidos(dcn, vecinasPc, c) ≡ if darSiguientePc(
    rutaPaqueteEnviado(dcn, dameUno(vecinasPc)),
    dameUno(vecinasPc)) = c then
    Ag(darPaqueteEnviado(dcn,
        buffer(dcn, dameUno(vecinasPc))),  $\emptyset$ )  $\cup$ 
    paquetesRecibidos(dcn, sinUno(vecinasPc), c)
  else
    paquetesRecibidos(dcn, sinUno(vecinasPc), c)
  fi

maxPrioridad(dcn,cp)               ≡ if  $\emptyset?(sinUno(cp))$  then
    darPrioridad(dcn, dameUno(cp))
  else
     $max(darPrioridad(dcn, dameUno(cp)$ ,
     $maxPrioridad(dcn, sinUno(cp)))$ 
  fi

PaquetesConPrioridadK(dcn,cp,k)    ≡ if  $\emptyset?(cp)$  then
     $\emptyset$ 
  else
    if  $darPrioridad(dcn, dameUno(cp)) = k$  then
      Ag(dameUno(cp), PaquetesConPrioridadK
        (dcn, sinUno(cp), k))
    else
      PaquetesConPrioridadK(dcn, sinUno(cp), k)
    fi
  fi

compuQueMasEnvio(d)                 ≡ laQueMasEnvio(d, compus(d))

laQueMasEnvio(dcn,cs)               ≡ if  $\emptyset?(sinUno(cs))$  then
    dameUno(cs)
  else
    if  $\#enviados(dcn, dameUno(cs)) <$ 
     $\#enviados(dcn, laQueMasEnvio (dcn, sinUno(cs)))$  then
      laQueMasEnvio(dcn, sinUno(cs))
    else
      dameUno(cs)
    fi
  fi

```

```
perteneceBuffers?(p,bs)      ≡ if  $\emptyset?(claves(bs))$  then  
                               false  
                               else  
                                 if  $p \in obtener(dameUno(claves(bs)), bs)$  then  
                                   true  
                                   else  
                                      $perteneceBuffers?(p, borrar(dameUno(claves(bs)), bs))$   
                                   fi  
                                 fi  
compus(d)                  ≡ compus(topo(d))
```

Fin TAD

3. TAD TOPOLOGÍA

Este TAD modela cómo se conectan las computadoras. Las IP son únicas entre compus de la topología. Las compus tienen interfaces numeradas con los naturales de manera consecutiva (todas funcionan perfecto y todo eso, el DC las cuida y mantiene como corresponde).

TAD TOPOLOGÍA

géneros topologia

igualdad observacional

$$(\forall t, t' : \text{topo}) \left(t =_{\text{obs}} t' \iff \left(\begin{array}{l} (\text{compus}(t) =_{\text{obs}} \text{compus}(t')) \wedge_L \\ ((\forall p : \text{pc}) (p \in \text{compus}(t) \Rightarrow_L (\\ \quad (\text{cablesEn}(t, p) =_{\text{obs}} \text{cablesEn}(t', p)) \wedge \\ \quad (\# \text{interfaces}(t, p) =_{\text{obs}} \# \text{interfaces}(t', p)) \\ \end{array} \right) \right) \right)$$

generadores

NuevaTopo	:		\longrightarrow	topologia
Compu	:	topologia \times nat $ip \times$ nat	\longrightarrow	topologia $\{ \neg(ip \in \text{compus}(t)) \}$
Cable	:	topologia \times nat $ipA \times$ nat $ifA \times$ nat $ipB \times$ nat ifB	\longrightarrow	topologia $\left\{ \begin{array}{l} (ipA \in \text{compus}(t) \wedge ipB \in \text{compus}(t)) \wedge_L \\ (ifA < \# \text{interfaces}(t, ipA)) \wedge \\ (ifB < \# \text{interfaces}(t, ipB)) \wedge \\ \neg(ifA \in \text{interfacesOcupadasDe}(t, ipA)) \wedge \\ \neg(ifB \in \text{interfacesOcupadasDe}(t, ipB)) \wedge \\ \neg(ipA \in \text{vecinas}(t, ipB)) \end{array} \right\}$

observadores básicos

compus	:	topologia	\longrightarrow	conj(nat)
cablesEn	:	topologia $t \times$ nat ip	\longrightarrow	conj(tupla(nat, nat)) $\{ ip \in \text{compus}(t) \}$
#interfaces	:	topologia $t \times$ nat ip	\longrightarrow	nat $\{ ip \in \text{compus}(t) \}$

otras operaciones

vecinas	:	topologia $t \times$ nat ip	\longrightarrow	conj(nat) $\{ ip \in \text{compus}(t) \}$
interfacesOcupadasDe	:	topologia $t \times$ nat ip	\longrightarrow	conj(nat) $\{ ip \in \text{compus}(t) \}$
conectados?	:	topologia $t \times$ nat $ipA \times$ nat ipB	\longrightarrow	bool $\{ ipA \in \text{compus}(t) \wedge ipB \in \text{compus}(t) \}$
darInterfazConectada	:	conj(tupla(nat, nat)) $cablesA \times$ nat ipB	\longrightarrow	nat $\{ ipB \in \pi_2 \text{Conj}(cablesA) \}$
darSegmento	:	topologia $t \times$ nat $ipA \times$ nat ipB	\longrightarrow	segmento $\{ ipA \in \text{compus}(t) \wedge_L ipB \in \text{vecinas}(t, ipA) \}$
estáEnRuta?	:	secu(segmento) $ruta \times$ nat ip	\longrightarrow	bool
darSiguientePc	:	secu(segmento) $ruta \times$ nat ip	\longrightarrow	nat $\{ estáEnRuta?(ruta, ip) \}$
darCaminoMasCorto	:	topologia $t \times$ nat $ipA \times$ nat ipB	\longrightarrow	secu(segmento) $\{ ipA \in \text{compus}(t) \wedge ipB \in \text{compus}(t) \wedge_L \text{conectados?}(t, ipA, ipB) \}$
darRutas	:	topologia \times nat $ipA \times$ nat $ipB \times$ conj(nat) \times secu(segmento)	\longrightarrow	conj(secu(segmento)) $\{ ipA \in \text{compus}(t) \wedge ipB \in \text{compus}(t) \}$

darRutasVecinas	: topologia \times conj(nat) \times nat $ip \times$ conj(nat) \times secu(segmento)	\longrightarrow conj(secu(segmento))
		$\{ip \in compus(t)\}$
longMenorSec	: conj(secu(α)) secus	\longrightarrow nat
		$\{neg\emptyset?(secus)\}$
secusDeLongK	: conj(secu(α)) \times nat	\longrightarrow conj(secu(α))
π_1 Conj	: conj(tupla(nat \times nat))	\longrightarrow conj(nat)
π_2 Conj	: conj(tupla(nat \times nat))	\longrightarrow conj(nat)
axiomas	$\forall t$: topologia, $\forall ipNueva, ip, ipA, ipB, ifA, ifB, cantIfaces, k$: nat, $\forall conjDuplas$: conj(tupla(nat, nat)), $\forall conjCablesIpA$: conj(tupla(nat, nat)), $\forall cs, rec, vecinas$: conj(nat), $\forall secus$: conj(secu(α)), $\forall sc$: conj(secu(α)), $\forall ruta$: secu(segmento)	
compus(NuevaTopo)	$\equiv \emptyset$	
compus(Compu($t, ipNueva, cantIfaces$))	$\equiv Ag(ipNueva, compus(t))$	
compus(Cable(t, ipA, ifA, ipB, ifB))	$\equiv compus(t)$	
cablesEn(NuevaTopo, ip)	$\equiv \emptyset$	
cablesEn(Compu($t, ipNueva, cantIfaces$), ip)	$\equiv cablesEn(t, ip)$	
cablesEn(Cable(t, ipA, ifA, ipB, ifB), ip)	\equiv if $ip = ipA$ then $Ag(\langle ifA, ipB \rangle, \emptyset)$ else \emptyset fi \cup if $ip = ipB$ then $Ag(\langle ifB, ipA \rangle, \emptyset)$ else \emptyset fi \cup $cablesEn(t, ip)$	
#interfaces(NuevaTopo, ip)	$\equiv 0$	
#interfaces(Compu($t, ipNueva, cantIfaces$), ip)	\equiv if $ip = ipNueva$ then $cantIfaces$ else $\#interfaces(t, ip)$ fi	
#interfaces(Cable(t, ipA, ifA, ipB, ifB), ip)	$\equiv \#interfaces(t, ip)$	
interfacesOcupadasDe(t, ip)	$\equiv \pi_1 \text{Conj}(cablesEn(t, ip))$	
vecinas(t, ip)	$\equiv \pi_2 \text{Conj}(cablesEn(t, ip))$	
conectados?(t, ipA, ipB)	$\equiv \neg \emptyset?(darRutas(t, ipA, ipB, \emptyset, <>))$	
darInterfazConectada($conjCablesIpA, ipB$)	\equiv if $ipB = \pi_2(dameUno(conjCablesIpA))$ then $\pi_1(dameUno(conjCablesIpA))$ else $darInterfazConectada(sinUno(conjCablesIpA), ipB)$ fi	
darSegmento(t, ipA, ipB)	$\equiv \langle ipA, darInterfazConectada(cablesEn(t, ipA), ipB), ipB, darInterfazConectada(cablesEn(t, ipB), ipA) \rangle$	
estáEnRuta?($ruta, ip$)	\equiv if vacía?($ruta$) then $false$ else if $\pi_1(\text{prim}(ruta)) = ip$ then $true$ else $estáEnRuta?(fin(rutas), ip)$ fi	
darSiguientePc($ruta, ip$)	\equiv if $\pi_1(\text{prim}(ruta)) = ip$ then $\pi_3(\text{prim}(ruta))$ else $darSiguientePc(fin(rutas), ip)$ fi	
darCaminoMasCorto(t, ipA, ipB)	$\equiv dameUno(secusDeLongK(darRutas(t, ipA, ipB, \emptyset, <>), longMenorSec(darRutas(t, ipA, ipB, \emptyset, <>)))$	

```

darRutas(t, ipA, ipB, rec, ruta)  ≡  if ipB ∈ vecinas(t, ipA) then
    Ag(ruta ∘ darSegmento(t, ipA, ipB) , ∅)
else
    if ∅?(vecinas(t, ipA) - rec) then
        ∅
    else
        darRutas(t, dameUno(vecinas(t, ipA) - rec),
            ipB, Ag(ipA, rec),
            ruta ∘ darSegmento(t, ipA, dameUno(vecinas(t, ipA) - rec))) ∪
            darRutasVecinas(t, sinUno(vecinas(t, ipA) - rec),
            ipB, Ag(ipA, rec),
            ruta ∘ darSegmento(t, ipA, dameUno(vecinas(t, ipA) - rec)))
    fi
fi

darRutasVecinas(t, vecinas, ipB, rec, ruta)  ≡  if ∅?(vecinas) then
    ∅
else
    darRutas(t, dameUno(vecinas), ipB, rec, ruta) ∪
    darRutasVecinas(t, sinUno(vecinas), ipB, rec, ruta)
fi

darCaminoMasCorto(t, ipA, ipB)  ≡  dameUno(secusDeLongK(darRutas(t, ipA, ipB, ∅, <>),
    longMenorSec(darRutas(t, ipA, ipB, ∅, <>)))

secusDeLongK(secus, k)  ≡  if ∅?(secus) then
    ∅
else
    if long(dameUno(secus)) = k then
        dameUno(secus) ∪ secusDeLongK(sinUno(secus), k)
    else
        secusDeLongK(sinUno(secus), k)
    fi
fi

longMenorSec(secus)  ≡  if ∅?(sinUno(secus)) then
    long(dameUno(secus))
else
    min(long(dameUno(secus)),
        longMenorSec(sinUno(secus)))
fi

π1Conj(conjDuplas)  ≡  if ∅?(conjDuplas) then
    ∅
else
    Ag(π1(dameUno(conjDuplas)),
        π1Conj(sinUno(conjDuplas)))
fi

π2Conj(conjDuplas)  ≡  if ∅?(conjDuplas) then
    ∅
else
    Ag(π2(dameUno(conjDuplas)),
        π2Conj(sinUno(conjDuplas)))
fi

```

Fin TAD