Modello

Assunzioni:

* c'è un drone in ogni posizione potenziale
* il costo di trasmissione per ogni coppia di nodi (i,j) è dato in input
* il posizionamento dei droni non ha costo
* la distanza determina se due droni possono comunicare o no
* La matrice del traffico viene fornita in input
* gli utenti sono tra loro isolati (non possono comunicare direttamente)

Dati

* G = (V,E) topologia *iniziale* della rete. V è l'insieme degli utenti, E contiene le coppie (i,j) di utenti che possono comunicare direttamente
* G' = (V',E') = (V  P, E  Ep) topologia *potenziale* della rete, con VP = e EpE =. P è l'insieme delle posizioni potenziali dei droni, Ep è l'insieme dei potenziali link che si possono instaurare: per ogni arco (i,j)  Ep si avrà che o i  Ep, o j  EP, o vi appartengono entrambi. Se i  Ep e j  Ep, allora significa che un drone posizionato in i può comunicare con un utente posizionato in j. Se i  Ep e j  Ep, allora significa che un utente posizionato in i può comunicare con un drone posizionato in j. Se entrambi i,j  Ep, allora significa che un drone posizionato in i può comunicare con un drone posizionato in j.
* n = numero di utenti
* V = insieme degli utenti, V = {1,2,...,n}
* d = numero di droni disponibili
* D = insieme dei droni, D = {1,2,...,d}
* P = insieme delle posizioni potenziali dei droni, P={1,2,...,p}
* uij= capacità dell'arco (i,j), con i,j V'
* tsd , con s,d V = matrice di traffico nxn contenente le unità di traffico che l'utente s (source) deve inviare all'utente d (destination)
* K = insieme delle k commodities. Vi è una commodity per ogni coppia distinta sorgente-destinazione di utenti.
* bvk , con v V', k  K = differenza tra la quantità di flusso che il nodo v deve ricevere e la quantità che deve spedire, relativo alla commodity k. I valori bvk relativi ai nodi-droni saranno uguali a 0 per ogni commodity k, in quanto essi hanno solo il compito di instradare i flussi ad altri nodi.
* TH: soglia relativa ai costi cijk. Un costo superiore a TH viene interpretato come costo "infinito" (cioè i nodi i e j non possono comunicare)

Variabili

* boolean yiv = 1 se il drone v è nella posizione potenziale i; 0 altrimenti
* boolean xij = 1 se il nodo (utente o drone) i può connettersi al nodo (utente o drone) j; 0 altrimenti
* fijk = unità di flusso da trasmettere lungo l'arco (i,j) relativa alla commodity k

Assunzione base: il nodo i può trasmettere al nodo j se e solo se si verificano queste tre condizioni:

1. cijk (per ogni k) < TH
2. uij > 0
3. vi è un drone nella posizione potenziale j oppure j è un nodo utente "destinazione"

Vincoli

1. capacità del link:
2. conservazione del flusso per ogni nodo v V' :
3. L'effettiva capacità del link (i,j)  Ep è subordinata dalla presenza del drone v nella posizione potenziale j. In assenza del drone, la capacità è nulla.

**Osservazione**: non è chiara l'effettiva utilità di questo vincolo

1. Legame tra le variabili di capacità uij e le variabili binarie xij: ci può essere una connessione tra utente/drone i e utente/drone j solo se la capacità del link (i,j) è maggiore di 0. In dettaglio, se xij = 1 allora uij deve essere > 0, e se uij > 0 allora xij =1. Si assume che gli uij ∈ N.

1. Legame tra le variabili xij e le variabili yjv, con i  V' e j P:
   * se xij=1, allora yjv=1 per un certo drone v D
   * se xij=0, allora Σk yjv= don't care (xij=0 può essere dovuto a assenza del drone, o a presenza dello stesso ma costo trasmissione infinito o capacità nulla)
   * se Σk yjv =0, allora xij=0
   * se Σk yjv =1, allora xij= don't care (xij=0 se costo infinito o capacità nulla, oppure xij=1 se costo finito e capacità non nulla)
2. ogni utente deve essere in grado di connettersi ad almeno un drone, e ogni drone deve essere in grado di connettersi ad almeno un altro drone:

**Osservazione**: il vincolo così espresso assume implicitamente che se esiste l'arco diretto, allora esiste anche l'arco inverso corrispondente, cioè che se il nodo "A" può connettersi ("vede") al drone "1", allora automaticamente è anche vero che il drone "1" può connettersi al nodo "A". Questa assunzione è ragionevole?

1. un drone non può mantenere più di s potenziali connessioni simultanee:

**Osservazione**: poichè le variabili xij esprimono la possibilità che ha un nodo di connettersi ad un altro, e non la connessione effettiva con scambio di dati, questo vincolo potrebbe portare a ottimizzazioni errate (es. sovrastime o sottostime)?

1. (Opzionale, da valutare) numero minimo di potenziali connessioni (Rmin) che un drone deve mantenere (concetto di robustezza):
2. non posizionare più di d droni:
3. legame tra le variabili di costo cijk e le variabili xij. Si considera un valore di soglia TH tale che se c\_i\_j\_k > TH allora il costo viene considerato infinito (i nodi i e j non possono comunicare). Più formalmente, se cijk > TH (per ogni k), allora xij =0:
4. ad ogni posizione potenziale può essere assegnato un solo drone:
5. un drone può essere assegnato a una sola posizione potenziale:
6. legame tra le variabili xij e le fijk:
   * se xij=0, allora tra i nodi i e j non può passare flusso, quindi Σk fijk =0 ∀k