

La comunicazione tra agenti basati su tassonomia

Carla Cirolli

Anno Accademico 2003/04

1 Introduzione

In questo progetto si è considerato un sistema di agenti che impiegano delle tassonomie per descrivere i contenuti dei loro oggetti e per formulare ad altri agenti del sistema delle queries basate sulla semantica. Poichè ogni agente può usare la sua tassonomia, gli agenti sono dotati di un procedimento di mapping delle tassonomie per poter effettuare i tasks di traduzione richiesti. Questi agenti sono in grado di creare o revisionare il mapping su richiesta e run-time. Per questo motivo verrà introdotto un metodo di articolazione apparente (ostensive articulation) e verrà specializzato nel caso di tassonomia. Inoltre è stato considerato il caso in cui nel sistema arriva un agente 'esterno' che vuole mettersi in comunicazione con uno o più agenti presenti nel sistema. Poichè non sarà dotato di un dominio comune con gli altri agenti (condizione necessaria per l'ostensive articulation) si è predisposto nel sistema un mediatore in grado di fare da tramite affinché possa avvenire la comunicazione.

2 Tassonomia

Una tassonomia per un dominio consiste soltanto in termini e collegamenti di inclusione. Questa tassonomia è indipendente dal tipo di applicazione. Un approccio ad un modello concettuale semplice dove ogni modello concettuale è una tassonomia ha due vantaggi:

è molto semplice creare un modello concettuale per una sorgente o per un mediatore

la semplicità e l'uniformità del modello della tassonomia permette di integrare i contesti di molte sorgenti senza dover considerare le complesse differenze strutturali.

La valutazione di query in sorgenti e mediatori basate su tassonomie può essere fatto in modo efficiente in un tempo polinomiale.

L'unica ipotesi che facciamo è che il dominio è un insieme di oggetti che vogliamo indicizzare e conseguentemente recuperare, senza essere interessati alle relazioni che possono legare gli oggetti del dominio.

3 La rete

Indichiamo con *Obj* l'insieme di tutti gli oggetti di un dominio comune a diversi agenti (o sorgenti). Un esempio tipico di un dominio di questo tipo sono gli insiemi di tutti i cursori delle pagine Web.

Una rete di *sorgenti articolate* su *Obj* è un insieme di sorgenti $U = \{S_1, \dots, S_n\}$ dove ogni S_i può essere:

una *sorgente semplice*: questa consiste in una tassonomia e una base di oggetti. Per esempio un database che indicizza gli oggetti di *Obj* attraverso i termini della tassonomia. Una sorgente semplice accetta delle queries sulla sua tassonomia e ritorna gli oggetti il cui indice 'matcha' con la query.

un *mediatore*: questo condiste in una tassonomia più un numero di articolazioni delle altre sorgenti della rete. Un mediatore accetta le queries sulla sua tassonomia poichè non può mantenere una base di oggetti, la risposta alle queries richiede di mandare le queries alle sorgenti interessate e combinare i risultati di ritorno.

Una sorgente semplice S è una coppia $\langle (T, \leq), I \rangle$, dove $(T, \leq)$ è una tassonomia e I è una interpretazione su T .

Definizione di tassonomia: una tassonomia è una coppia $(T, \leq)$, dove T è una terminologia (insieme finito e non vuoto di nomi o termini) e $\leq$ è una relazione transitiva e riflessiva su T chiamata *inclusione*.

Se a e b sono termini di T e $a \leq b$ diremo che a è incluso in b o che b include a . Diremo che due termini sono equivalenti e scriveremo $a \equiv b$, se $a \leq b$ e $b \leq a$.

Notiamo che la relazione di inclusione è un ordinamento su T e che $\equiv$ è una relazione di equivalenza sui termini T . Inoltre per ogni tassonomia, ogni sorgente ha una *interpretazione* immagazzinata I sulla sua terminologia: una funzione totale $I : T \rightarrow 2^{obj}$ che associa ad ogni termine di T un insieme di oggetti.

In figura gli oggetti sono rappresentati dai numeri naturali e l'appartenenza degli oggetti all' interpretazione del termine è indicata con una freccia tratteggiata. La freccia indica l'inclusione ($\leq$) mentre il trattino con sopra il simbolo tilde ($\simeq$) indica l'equivalenza ed ha il significato di sinonimo.

Definizione di interpretazione: una interpretazione I è un modello di una tassonomia $(T, \leq)$ se per tutti i $t, t' \in T$, se $t \leq t'$ allora $I(t) \subseteq I(t')$.

Definizione di modello: data una interpretazione I di T definiamo il modello di $(T, \leq)$ generato da I come $\bar{I} = \bigcup \{I(s) | s \leq t\}$.

L'insieme delle interpretazioni di una data terminologia T possono essere ordinati usando il puntatore di inclusione. Date due interpretazioni I, I' di T , diciamo I minore o uguale a I' , ($I \leq I'$), se $I(t) \subseteq I'(t)$ per ogni termine $t \in T$. Da notare che $\leq$ è un ordinamento parziale sull'interpretazione.

Definizione di query: una query su una terminologia T è una stringa

Figura 1: Rappresentazione grafica di una sorgente

derivata dalla seguente grammatica, dove t è un termine di T :

$$q := t \mid q \wedge q' \mid q \vee q' \mid \neg q \mid (q).$$

Indichiamo con Q_t l'insieme di tutte le queries su T .

Una sorgente semplice risponde alle queries utilizzando la sua terminologia.

Una interpretazione I di T può essere estesa a una in interpretazione $\hat{I}$ sull'insieme di tutte le queries Q_t nel seguente modo:

$$I(q \wedge q') = I(q) \cap I(q')$$

$$I(q \vee q') = I(q) \cup I(q')$$

$$I(q \wedge \neg q') = I(q) / I(q')$$

Definizione di articulation (articolazione): un articulation da una tassonomia $(T_i, \leq_i)$ a una tassonomia $(T_j, \leq_j)$, indicata con $a_{i,j}$, è un insieme di relazioni $t_i \leq t_j$ dove $t_i \in T_i$ e $t_j \in T_j$.

Definizione di mediatore: un mediatore M su k sorgenti $S_1, \dots, S_k$ consiste in:

1. una tassonomia $(T_M, \leq_M)$
2. un insieme $a_{M,1}, \dots, a_{M,k}$, dove ogni $a_{M,i}$ è una articolazione $(T_M, \leq_M)$ a $(T_i, \leq_i)$

4 Definizione di una struttura generale

Definiamo una sorgente S come una funzione:

$$S : Q \rightarrow A$$

dove Q è l'insieme di tutte le queries a cui S può rispondere e A è l'insieme di tutte le possibili risposte. Assumiamo che A sia un sottoinsieme di $P(Obj)$ dove Obj è l'insieme di tutti gli oggetti archiviati nelle sorgente. Definiamo la funzione 'naming service':

$$n : P(Obj) \rightarrow Q_N$$

tale che per ogni $R \in Obj$ $S(n(R)) = R$.

Q_N denota l'insieme dei nomi e in generale $Q = Q_N$. Introduciamo Q_N perchè potremmo volere i nomi come queries in una specifica forma. Questa funzione ci serve per calcolare uno o più nomi (o query) per ogni insieme di oggetti $R \in Obj$. Avendo definito questa funzione diremo che $n(R)$ è il nome esatto di R .

Poichè in generale $A \subset P(Obj)$, introduciamo due ulteriori funzioni nome:

$n^-(R) = lub \{q \in Q_N | S(q) \subseteq R\}$, funzione *nome inferiore*

$n^+(R) = glb \{q \in Q_N | S(q) \supseteq R\}$, funzione *nome superiore*

dove R è un sottoinsieme di Obj . Dato che R è un sottoinsieme di Obj per cui entrambe $n^-(R)$ e $n^+(R)$ sono definite.

In questo caso

$$S(n^-(R)) \in R \in S(n^+(R))$$

e $n^-(R)$ e $n^+(R)$ sono le migliori approssimazioni del nome esatto di R .

Se Q_N è un linguaggio che supporta:

- la disgiunzione $\vee$
- la congiunzione $\wedge$
- un elemento superiore T
- un elemento inferiore $\perp$

tali che $S(T) = Obj$ e $S(\perp) = 0$, allora le funzioni $n^-(R)$ e $n^+(R)$ sono definite per ogni sottoinsieme R di Obj . Queste funzioni sono così definite:

$$n^-(R) = \vee \{q \in Q_N | S(q) \subseteq R\}$$

$$n^+(R) = \wedge \{q \in Q_N | S(q) \supseteq R\}$$

Nel caso in cui Q_N non soddisfa le condizioni riportate sopra, per esempio nel caso in cui vogliamo stabilire delle relazioni tra singoli termini di sorgenti basate sulla tassonomia, dobbiamo ridefinire $n^-(R)$ e $n^+(R)$ come segue:

$$\begin{aligned} n^-(R) &= \max \{q \in Q_N \mid S(q) \subseteq R\} \\ n^+(R) &= \min \{q \in Q_N \mid S(q) \supseteq R\} \end{aligned}$$

dove $\max$ ritorna l'elemento massimo e $\min$ l'elemento minimo.

5 Descrizione dell'ostensive articulation

Consideriamo due sorgenti:

$$\begin{aligned} S_i &: Q_i \rightarrow P(Obj_i) \\ S_j &: Q_j \rightarrow P(Obj_j) \end{aligned}$$

L'ostensive articulation è possibile soltanto se i domini non sono disgiunti. Indichiamo con $C = Obj_i \cap Obj_j$ il dominio comune. Supponiamo che S_i vuole articolare una query $q_i \in Q_i$.

Dimostriamo ora un protocollo di articolazione per sorgenti basate sulla tassonomia.

S_i :

- (1) $A := S_i(q_i)$;
- (2) $SEND_{S_i \rightarrow S_j}(A)$

S_j :

- (3) $A := A \cap Obj_j$;
- (4) $down := n_j^-(A)$; $Bdown := S_j(down)$;
- (5) $up := n_j^+(A)$; $Bup := S_j(up)$;
- (6) $SEND_{S_j \rightarrow S_i}(down, Bdown, up, Bup)$;

S_i :

- (7) if $A \supseteq (Bdown \cap Obj_i)$ than set $q_i \geq down$
- (8) if $A \subseteq (Bdown \cap Obj_i)$ than set $q_i \leq down$
- (9) if $A \supseteq (Bup \cap Obj_i)$ than set $q_i \geq up$
- (10) if $A \subseteq (Bup \cap Obj_i)$ than set $q_i \leq up$

E' da notare che le due sorgenti si scambiano solo due messaggi ed inoltre non hanno nessuna conoscenza del loro dominio comune a-priori ma lo

scoprono durante l'esecuzione del protocollo.

6 L'ostensive articulation per agenti basati sulla tassonomia

Definiamo una sorgente S come una quadrupla $S = \langle T, \leq, I, Q \rangle$ dove:

- T è la terminologia (un insieme finito e non vuoto di nomi o termini)
- $\leq$ è una relazione binaria riflessiva e transitiva su T chiamata *inclusione*
- I è la funzione *interpretazione*
- Q è l'insieme delle queries definite dalla grammatica:
 $q := t \mid q \wedge q' \mid q \vee q' \mid \neg q \mid (q)$

Assumiamo che ogni terminologia T contenga due termini speciali: il *top term* (T) e il *bottom term* ($\perp$). Il *top term* riassume tutti gli altri termini t e il *bottom term* è strettamente riassunto da tutti gli altri termini t . La risposta $S(q)$ ad una query q è così definita:

$$\begin{aligned} S(t) &= \bigcup \{I(t') \mid t' \leq t\} \\ S(q \wedge q') &= S(q) \cap S(q') \\ S(q \vee q') &= S(q) \cup S(q') \\ S(\neg q) &= Obj/S(q) \end{aligned}$$

Definiamo l'*indice di un oggetto* o rispetto a un'interpretazione I :

$$D_I(o) = \bigwedge \{t \in T \mid o \in I(t) \subseteq R\}$$

Il lower name e l'upper name sono stati definiti precedentemente. Rimane ora da trovare le queries di lunghezza finita che sono equivalenti a $n^+(R)$ e $n^-(R)$.

Teorema:

$$\begin{aligned} n^-(R) &\sim \bigvee \{D_I(o) \mid o \in R, S(D_I(o)) \subseteq R\} \\ n^+(R) &\sim \bigvee \{D_I(o) \mid o \in R\} \end{aligned}$$

E' chiaro che le queries sopra hanno lunghezza finita, da adesso queste saranno le queries considerate. Per questo motivo, in futuro si potrà usare $n^+(R)$ e $n^-(R)$ per denotare le queries sopra. Nel caso in cui $\{o \in R, S(D_I(o)) \subseteq R\}$ è vuoto, si considera $n^-(R) = \perp$.

Figura 2: Rappresentazione grafica di due sorgenti

Supponiamo che S_1 vuole articolare i suoi termini con le queries di S_2 .
I passaggi per articolare il termine 'food' sono:

$$\begin{aligned} S_1 &\rightarrow S_2 : \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \\ S_2 &\rightarrow S_1 : (red \vee green, \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}), (red \vee green \vee yellow, \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}) \\ S_1 &: food \geq red \vee green, food \sim red \vee green \vee yellow \end{aligned}$$

S_1 manda a S_2 gli oggetti '1,2,3,4,5,6,7'.
 S_2 esegue i punti (5) e (6) del protocollo presedentemente descritto:

$$down = n^-(1,2,3,4,5,6,7) = \bigvee \{D_I(o) \mid o \in R, S(D_I(o)) \subseteq R\}$$

L'indice dell'oggetto ($D_I(o)$) sono tutti i termini puntati dalle frecce tratteggiate che partono dall'oggetto stesso.

$$\begin{aligned} D_I(1) &= green \\ D_I(2) &= red \\ D_I(3) &= red \\ D_I(4) &= red \\ D_I(5) &= green \\ D_I(6) &= green \\ D_I(7) &= yellow \end{aligned}$$

$S(D_I(o))$ sono tutti gli oggetti che puntano quel termine tramite le frecce tratteggiate.

$$\begin{aligned} S(D_I(1)) &= S(green) = \{1, 5, 6\} \\ S(D_I(2)) &= S(red) = \{2, 3, 4\} \\ S(D_I(3)) &= S(red) = \{2, 3, 4\} \\ S(D_I(4)) &= S(red) = \{2, 3, 4\} \\ S(D_I(5)) &= S(green) = \{1, 5, 6\} \\ S(D_I(6)) &= S(green) = \{1, 5, 6\} \\ S(D_I(7)) &= S(yellow) = \{7, 8\} \end{aligned}$$

ma $S(yellow)$ non è sottoinsieme di $R = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$
quindi

down = $green \vee red \vee red \vee red \vee green \vee green = green \vee red$
 $S(green \vee red) = \{1, 5, 6\} \vee \{2, 3, 4\} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} = \mathbf{Bdown}$

$up = n^+(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) = \bigvee \{D_I(o) \mid o \in R\}$

$D_I(1) = green$

$D_I(2) = red$

$D_I(3) = red$

$D_I(4) = red$

$D_I(5) = green$

$D_I(6) = green$

$D_I(7) = yellow$

$S(D_I(1)) = S(green) = \{1, 5, 6\}$

$S(D_I(2)) = S(red) = \{2, 3, 4\}$

$S(D_I(3)) = S(red) = \{2, 3, 4\}$

$S(D_I(4)) = S(red) = \{2, 3, 4\}$

$S(D_I(5)) = S(green) = \{1, 5, 6\}$

$S(D_I(6)) = S(green) = \{1, 5, 6\}$

$S(D_I(7)) = S(yellow) = \{7, 8\}$

up = $green \vee red \vee red \vee red \vee green \vee green \vee yellow \vee yellow = green \vee red \vee yellow$

$S(green \vee red \vee yellow) = \{1, 5, 6\} \vee \{2, 3, 4\} \vee \{7, 8\} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} = \mathbf{Bup}$

e li rimanderà a S_1 che applicherà i punti (7), (8), (9), (10) del protocollo:

se $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \supseteq \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \cap \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

$\Rightarrow q_1 = food \geq down = red \vee green$

se $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \subseteq \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \cap \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ non verificata

se $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \supseteq \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} \cap \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

$\Rightarrow q_1 = food \geq down = red \vee green \vee yellow$

se $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \subseteq \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} \cap \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

$\Rightarrow q_1 = food \leq down = red \vee green \vee yellow$

Ora è in grado di dedurre $food \leq green \vee red \vee food \sim red \vee green \vee yellow$.
Si ricorda che gli oggetti dei due domini devono essere comuni affinché possa avvenire l'ostensive articulation.

I passaggi per articolare il termine 'cabbages' sono:

$S_1 \rightarrow S_2 : \{1\}$

$S_2 \rightarrow S_1 : (\perp, 0), (green, \{1, 5, 6\})$

$S_1 : cabbages \leq green$

I passaggi per articolare il termine 'apples' sono:

$S_1 \rightarrow S_2 : \{4, 5\}$

$S_2 \rightarrow S_1 : (\perp, 0), (red \vee green, \{1, 2, 3, 4, 5, 6\})$

$S_1 : apples \leq red \vee green$

Se S_1 esegue il protocollo per ogni termine della sua tassonomia, esso potrà dedurre le seguenti relazioni:

$cabbages \leq green$

$tomatos \leq red$

$apples \leq red \vee green$

$bananas \leq green \vee yellow$

$vegetables \leq green \vee red$

$fruits \leq red \vee green \vee yellow$

$foods \geq red \vee green$

$foods \sim red \vee green \vee yellow$

Se S_2 esegue il protocollo per ogni termine della sua tassonomia, esso potrà dedurre le seguenti relazioni:

$red \geq tomatos$

$red \leq tomatos \vee apples$

$green \geq cabbages$

$green \leq cabbages \vee apples \vee bananas$

$yellow \leq bananas$

$color \sim cabbages \vee tomatos \vee apples \vee bananas$

7 Mediatore

Un mediatore è una sorgente secondaria che fa da ponte tra le eterogeneità che possono esistere tra due o più sorgenti per offrire un'interfaccia di consultazione uniforme ad una vista integrata di queste sorgenti. Per esempio un agente esterno vuole colloquiare con uno o più agenti presenti nel sistema. Un mediatore ha una tassonomia con una terminologia e strutturando questa riflette i bisogni dei suoi potenziali utenti, ma non mantiene un database di oggetti. Invece, il mediatore mantiene un numero di articolazioni delle sorgenti. Una articolazione di una sorgente è un insieme di relazioni tra i termini del mediatore e i termini delle sorgente stessa. Queste relazioni possono essere costruite automaticamente o semi-automaticamente. Gli agenti formulano queries sulla tassonomia del mediatore ed è il task del mediatore che sceglie le sorgenti che devono essere consultate e formula le query che devono essere mandate ad ogni sorgente. Il mediatore usa le articolazioni

per trasformare le queries sulla sua tassonomia in queries sulla tassonomia delle sorgenti articolate.

Un mediatore $\langle (T_M, \leq_M), \{a_{M,1}, \dots, a_{M,k}\} \rangle$ riceve queries sulla sua terminologia T_M . Poichè non ha un'interpretazione archiviata di T_M , il mediatore risponde alle queries usando un'interpretazione di T_M ottenuta 'consultando' la sorgente interessata.

Definiamo la *totale inclusione*, indicata con $\sqsubseteq_M$, prendendo la chiusura transitiva dell'unione della relazione $\leq_M$ con tutte le articolazioni del mediatore: $\sqsubseteq_M = (\leq_M, \cup a_{M,1}, \dots, \cup a_{M,k})^*$.

$\sqsubseteq_M$ è la relazione di inclusione sull'insieme $T_M \cup F$, dove F consiste in tutti i termini che compaiono nelle articolazioni e non sono elementi di T_M ($F \subseteq T_1 \cup \dots \cup T_k$).

Possiamo ora definire un'interpretazione I della terminologia $T_M \cup F$:

$$I(t) = \begin{cases} 0 & t \in T_M \\ ans_i(t) & t \in F \end{cases}$$

dove $ans_i(t)$ è la risposta che la sorgente S_i può restituire.

Adesso indichiamo con $\bar{I}$ il modello della tassonomia $(T_M \cup F, \sqsubseteq_M)$ che è generata da I , e con I_M la restrizione di $\bar{I}$ su T_M . Chiaramente, I_M è il modello di $(T_M, \leq_M)$ ed è il modello che il mediatore usa per rispondere alle queries.

Il mediatore calcola:

$$I_M(t) = \bigcup_{i=1}^k (\cup ans_i(s) \mid s \in T_i, s \sqsubseteq_M t)$$

dove t è un termine di T_M .

Figura 3: Rappresentazione grafica di un mediatore

Nella figura 3 (sinistra) è mostrato un esempio di un mediatore con due sorgenti semplici che offre l'accesso a prodotti elettronici. L'articolazione $a_{M,1}$ è formata dal seguente set di inclusioni:

$$a_{M,1} = \{Photocameras_1 \leq Cameras, Miniature_1 \leq Stillcameras, Instant_1 \leq Stillcameras, Reflex_1 \leq Reflex\}$$

mentre

$$a_{M,2} = \{Products_2 \leq Eletronics, SLRcams_2 \leq Reflex, \\ VideoCams_2 \leq MovingPictureCams\}$$

L'integrazione di oggetti di diversi agenti spesso richiede di 'ripristinare il contesto' di questi oggetti, aggiungendo l'informazione che si è persa dalla loro rappresentazione originale. Un esempio che dimostra come l'articulation può ripristinare il contesto degli oggetti è mostrato nella figura 3 (destra). Il mediatore disegnato provvede l'accesso ai prodotti elettornici in accordo con il 'tipo' di prodotto e in accordo con la 'ubicazione' dei negozi che vendono questi prodotti. Il mediatore ha due fonti fondamentali S_1 e S_2 , dove il primo corrisponde ad un negozio localizzato in Heraklion, mentre il secondo corrisponde ad un negozio a Parigi. Il contesto degli oggetti di ogni sorgente, qui l'ubicazione del negozio che vende ogni prodotto, può essere ripristinato aggiungendo alle articolazioni le relazioni adatte. Nello specifico, per definire che tutte le *Photocameras* della sorgente S_1 sono disponibili attraverso un negozio ubicato a Heraklion, è sufficiente mettere nell'articulation $a_{M,1}$ la relazione $Photocameras_1 \leq Heraklion$, mentre per definire che tutti i prodotti della sorgente S_2 sono disponibili attraverso un negozio ubicato a Parigi, è sufficiente mettere nell'articulation $a_{M,1}$ la relazione $T_2 \leq Paris$, dove T_2 denota l'elemento massimo della relazione di inclusione su S_2 .

8 Conclusioni

In questo progetto è stato descritto un approccio per costruire sistemi di agenti che supportano un servizio di ricerca basato sulla semantica. Il contesto degli oggetti e le queries sono espresse in termini di tassonomia. Poichè ogni agente usa la sua tassonomia per descrivere il contesto dei suoi oggetti e per formulare le queries agli altri agenti, gli agenti sono in grado di eseguire un mapping tra tassonomie per poter eseguire i compiti di traduzione richiesti. Questi agenti sono in grado di creare o revisionare il mapping su richiesta e run-time. Per questo motivo è stato introdotto un metodo di articolazione apparente (ostensive articulation) ed è stato specializzato nel caso di tassonomia. I mapping sono scoperti esaminando come i termini sono usati nell'indicizzare gli oggetti. Il vantaggio di questo approccio è che non bisogna fare nessuna assunzione su come sono costruite le due tassonomie o su come vengono usate. L'unico requisito richiesto è che gli agenti abbiano molti oggetti del dominio in comune.

Inoltre è stato considerato il caso in cui nel sistema arrivi un agente 'esterno' che vuole mettersi in comunicazione con uno o più agenti presenti nel sistema. Poichè non sarà dotato di un dominio comune con gli altri agenti, si è predisposto nel sistema un mediatore in grado di fare da tramite affinché possa avvenire la comunicazione.

