



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
Dipartimento di Ingegneria Elettrica e Elettronica
Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica

Anno Accademico 2009 - 2010



SIMULAZIONE E ANALISI DI ALGORITMI DECENTRALIZZATI APPLICATI IN PARALLELO SU SISTEMI MULTI-AGENTE INTERCONNESSI

TESI DI LAUREA DI:

Daniele Rosa

RELATORE:

Prof. Alessandro Giua

1 Introduzione

- I sistemi multi-agente

2 Il sistema simulato

3 Algoritmi utilizzati

- Consenso sul frame comune
- Algoritmo base per lo spostamento degli agenti

4 Simulazioni

- Prove effettuate
- Algoritmi adattativi

5 Conclusioni e sviluppi futuri

Introduzione

Concetti preliminari

Sistemi multi-agente

I *sistemi multi-agente* (MultiAgent Systems, MAS) sono una classe di sistemi caratterizzati da un insieme di entità, gli agenti, che interagiscono tra di loro in un ambiente condiviso per raggiungere un obiettivo comune.

Agente

Un *agente* è un sistema autonomo, con una dinamica propria, in grado di interagire con l'ambiente che lo circonda e di prendere decisioni autonome per raggiungere un determinato obiettivo.

Concetti preliminari

Sistemi multi-agente

I *sistemi multi-agente* (MultiAgent Systems, MAS) sono una classe di sistemi caratterizzati da un insieme di entità, gli agenti, che interagiscono tra di loro in un ambiente condiviso per raggiungere un obiettivo comune.

Agente

Un *agente* è un sistema autonomo, con una dinamica propria, in grado di interagire con l'ambiente che lo circonda e di prendere decisioni autonome per raggiungere un determinato obiettivo.

Concetti preliminari

Sistemi multi-agente interconnessi

- I *sistemi interconnessi* (Networked Control Systems, NCS) sono sistemi connessi tra di loro da una rete di comunicazione. Le informazioni ricevute dalla rete svolgono un'azione di controllo sui sistemi
- Si parla di *sistemi multi-agente interconnessi* quando in un MAS gli agenti si scambiano informazioni di controllo mediante una rete di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

MAS Vs Sistemi isolati

Vantaggi

- Risoluzione di problemi complessi in minor tempo e minor costo computazionale.
- Risoluzione di problemi complessi con agenti diversi e specializzati tipicamente più semplici e meno costosi di un singolo agente complesso.
- Sistemi affidabili e robusti ai guasti.

Problemi

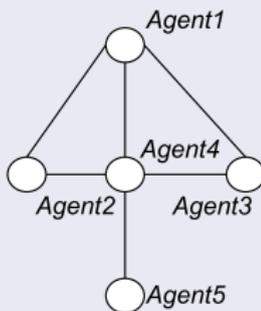
- Gestire (coordinare) un elevato numero di agenti.
- Gestire in modo uniforme agenti non omogenei.
- Gestire una informazione non centralizzata, ma locale.
- Gestire l'elevata necessità di comunicazione.

Teoria dei grafi

Grafo di connessione

Un sistema multi agente interconnesso può essere rappresentato da un grafo $G = (V, E)$ in cui:

- I nodi $v_i \in V$ rappresentano gli agenti.
- Gli archi $e_i \in E$ rappresentano i canali di comunicazione tra gli agenti.



Il sistema simulato

Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .

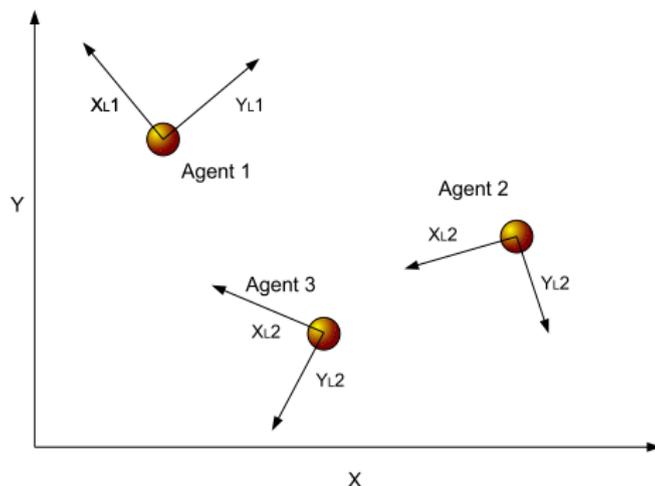
Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .

Caratteristiche degli agenti

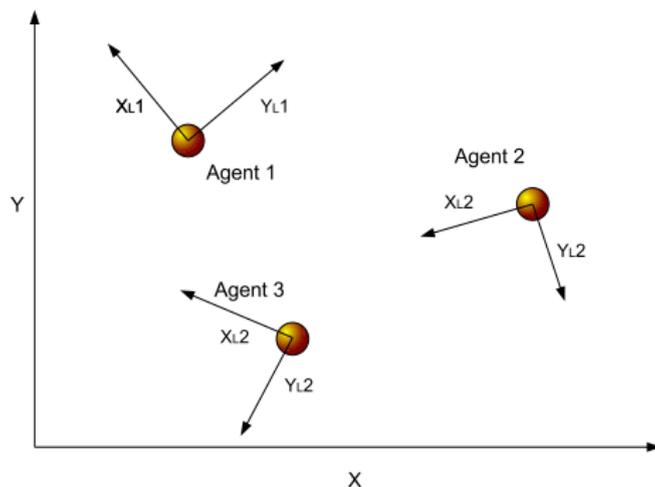
- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .

Sistemi di riferimento locali



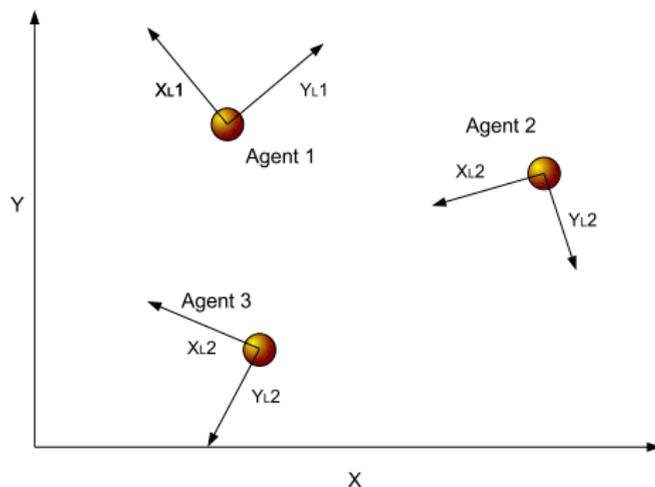
Il sistema di riferimento locale ha come centro la posizione dell'agente.

Sistemi di riferimento locali



Il sistema di riferimento locale ha come centro la posizione dell'agente.

Sistemi di riferimento locali



Il sistema di riferimento locale ha come centro la posizione dell'agente.

Caratteristiche degli agenti

Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .
- Comunicazione *asincrona*.
- Può determinare la distanza tra se e gli agenti vicini.
- Può determinare la direzione in cui vede i suoi vicini.
- Stima locale di un sistema di riferimento comune.

Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .
- Comunicazione *asincrona*.
- Può determinare la distanza tra se e gli agenti vicini.
- Può determinare la direzione in cui vede i suoi vicini.
- Stima locale di un sistema di riferimento comune.

Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .
- Comunicazione *asincrona*.
- Può determinare la distanza tra se e gli agenti vicini.
- Può determinare la direzione in cui vede i suoi vicini.
- Stima locale di un sistema di riferimento comune.

Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .
- Comunicazione *asincrona*.
- Può determinare la distanza tra se e gli agenti vicini.
- Può determinare la direzione in cui vede i suoi vicini.
- Stima locale di un sistema di riferimento comune.

Caratteristiche degli agenti

- Si muove in uno spazio bidimensionale.
- Dimensione puntiforme.
- Sistema di riferimento locale: base ortonormale in \mathbb{R}^2 .
- Comunicazione *asincrona*.
- Può determinare la distanza tra se e gli agenti vicini.
- Può determinare la direzione in cui vede i suoi vicini.
- Stima locale di un sistema di riferimento comune.

Comportamento desiderato

Comportamento di ogni agente

- Comunica con gli altri per raggiungere un'accordo su un frame comune
 - Algoritmo di tipo pairwise gossip con tempo di campionamento t_g .
- Si sposta verso la propria posizione obiettivo
 - Algoritmo decentralizzato con tempo di campionamento t_s .

Comportamento emergente del sistema

- Gli agenti si dispongono nello spazio secondo formazioni regolari predeterminate.

Rete di comunicazione

- Grafo di connessione *tempo-invariante*.

Comportamento desiderato

Comportamento di ogni agente

- Comunica con gli altri per raggiungere un'accordo su un frame comune
 - Algoritmo di tipo pairwise gossip con tempo di campionamento t_g .
- Si sposta verso la propria posizione obiettivo
 - Algoritmo decentralizzato con tempo di campionamento t_s .

Comportamento emergente del sistema

- Gli agenti si dispongono nello spazio secondo formazioni regolari predeterminate.

Rete di comunicazione

- Grafo di connessione *tempo-invariante*.

Comportamento desiderato

Comportamento di ogni agente

- Comunica con gli altri per raggiungere un'accordo su un frame comune
 - Algoritmo di tipo pairwise gossip con tempo di campionamento t_g .
- Si sposta verso la propria posizione obiettivo
 - Algoritmo decentralizzato con tempo di campionamento t_s .

Comportamento emergente del sistema

- Gli agenti si dispongono nello spazio secondo formazioni regolari predeterminate.

Rete di comunicazione

- Grafo di connessione *tempo-invariante*.

Comportamento desiderato

Comportamento di ogni agente

- Comunica con gli altri per raggiungere un'accordo su un frame comune
 - Algoritmo di tipo pairwise gossip con tempo di campionamento t_g .
- Si sposta verso la propria posizione obiettivo
 - Algoritmo decentralizzato con tempo di campionamento t_s .

Comportamento emergente del sistema

- Gli agenti si dispongono nello spazio secondo formazioni regolari predeterminate.

Rete di comunicazione

- Grafo di connessione *tempo-invariante*.

Visualizzazione 3D del sistema simulato

VIRTUAL REALITY TOOLBOX

- Interfaccia tra Matlab e un ambiente di realtà virtuale.
- Permette la realizzazione di video che rappresentano l'evoluzione del sistema.
- Ad ogni agente è associata una sfera.

Visualizzazione 3D del sistema simulato

VIRTUAL REALITY TOOLBOX

- Interfaccia tra Matlab e un ambiente di realtà virtuale.
- Permette la realizzazione di video che rappresentano l'evoluzione del sistema.
- Ad ogni agente è associata una sfera.

Visualizzazione 3D del sistema simulato

VIRTUAL REALITY TOOLBOX

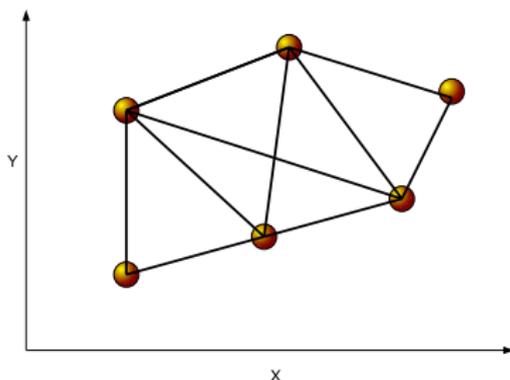
- Interfaccia tra Matlab e un ambiente di realtà virtuale.
- Permette la realizzazione di video che rappresentano l'evoluzione del sistema.
- Ad ogni agente è associata una sfera.

Consenso sul frame comune

Algoritmo di tipo gossip per il consenso su un punto comune

Ad ogni passo computazionale k

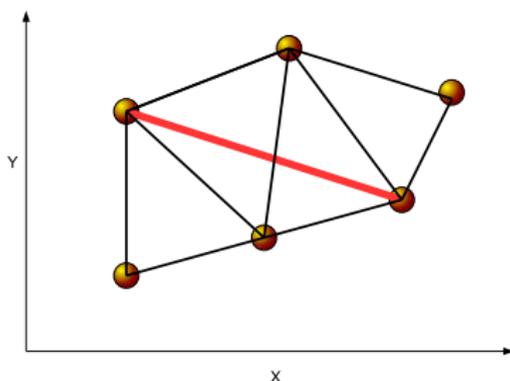
- Solo due agenti scambiano informazioni tra di loro
- Un processo casuale di selezione degli archi $e(k)$ seleziona un arco $e_{ij} \in E$
- Ciascuno dei due agenti invia all'altro $s_i, \hat{c}_{ij}, \hat{c}_{ij}^\perp$ in coordinate locali
- I due agenti aggiornano la propria stima. La stima aggiornata è il punto medio del segmento che univa le due stime precedenti



Algoritmo di tipo gossip per il consenso su un punto comune

Ad ogni passo computazionale k

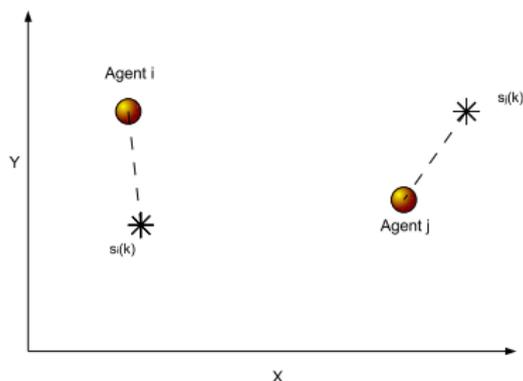
- Solo due agenti scambiano informazioni tra di loro
- Un processo casuale di selezione degli archi $e(k)$ seleziona un arco $e_{ij} \in E$
- Ciascuno dei due agenti invia all'altro $s_i, \hat{c}_{ij}, \hat{c}_{ij}^\perp$ in coordinate locali
- I due agenti aggiornano la propria stima. La stima aggiornata è il punto medio del segmento che univa le due stime precedenti



Algoritmo di tipo gossip per il consenso su un punto comune

Ad ogni passo computazionale k

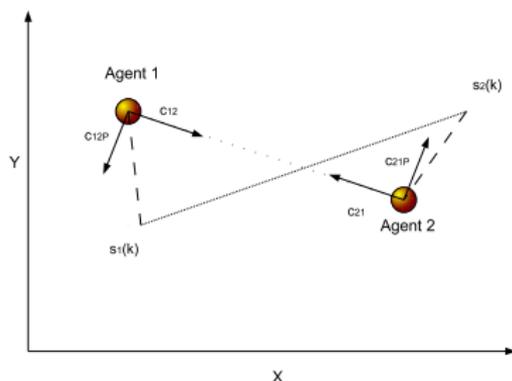
- Solo due agenti scambiano informazioni tra di loro
- Un processo casuale di selezione degli archi $e(k)$ seleziona un arco $e_{ij} \in E$
- Ciascuno dei due agenti invia all'altro $s_i, \hat{c}_{ij}, \hat{c}_{ij}^\perp$ in coordinate locali
- I due agenti aggiornano la propria stima. La stima aggiornata è il punto medio del segmento che univa le due stime precedenti



Algoritmo di tipo gossip per il consenso su un punto comune

Ad ogni passo computazionale k

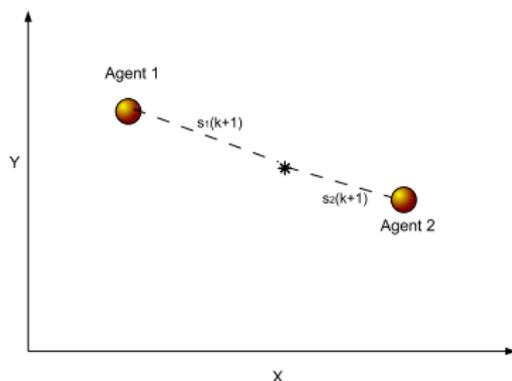
- Solo due agenti scambiano informazioni tra di loro
- Un processo casuale di selezione degli archi $e(k)$ seleziona un arco $e_{ij} \in E$
- Ciascuno dei due agenti invia all'altro $s_i, \hat{c}_{ij}, \hat{c}_{ij}^\perp$ in coordinate locali
- I due agenti aggiornano la propria stima. La stima aggiornata è il punto medio del segmento che univa le due stime precedenti



Algoritmo di tipo gossip per il consenso su un punto comune

Ad ogni passo computazionale k

- Solo due agenti scambiano informazioni tra di loro
- Un processo casuale di selezione degli archi $e(k)$ seleziona un arco $e_{ij} \in E$
- Ciascuno dei due agenti invia all'altro $s_i, \hat{c}_{ij}, \hat{c}_{ij}^\perp$ in coordinate locali
- I due agenti aggiornano la propria stima. La stima aggiornata è il punto medio del segmento che univa le due stime precedenti



Convergenza

Condizione necessaria per la convergenza

- Grafo di connessione fortemente connesso per $k = 0$.

Punto di convergenza

Se il sistema converge, il punto di convergenza è il baricentro delle stime iniziali.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{s}(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{s}_i(0)$$

Convergenza *quasi certa*.

Convergenza

Condizione necessaria per la convergenza

- Grafo di connessione fortemente connesso per $k = 0$.

Punto di convergenza

Se il sistema converge, il punto di convergenza è il baricentro delle stime iniziali.

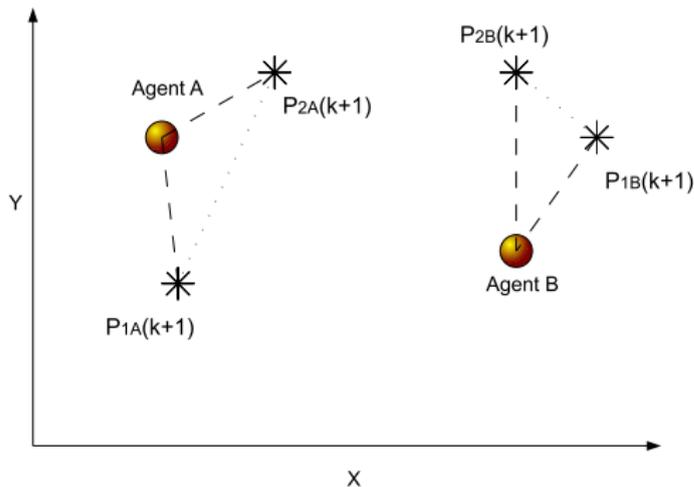
$$\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{s}(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{s}_i(0)$$

Convergenza *quasi certa*.

Algoritmo per la determinazione di un frame comune

Per determinare un frame comune si fa agreement su due punti:

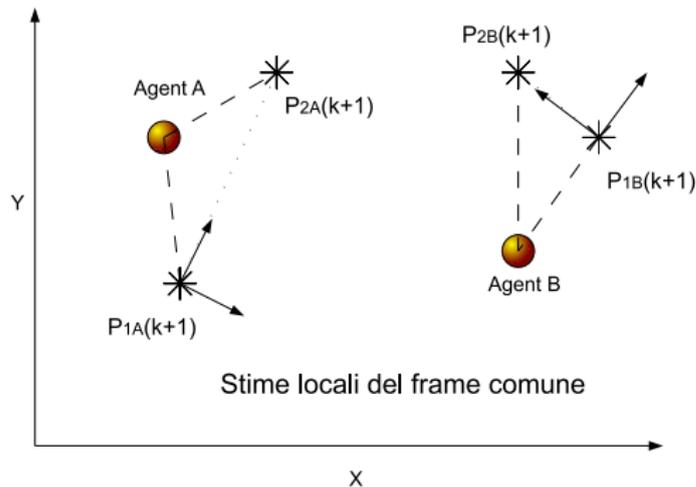
- P_1 : Centro del sistema di assi stimato.
- P_2 : Determina la direzione dell'asse delle ordinate.



Algoritmo per la determinazione di un frame comune

Per determinare un frame comune si fa agreement su due punti:

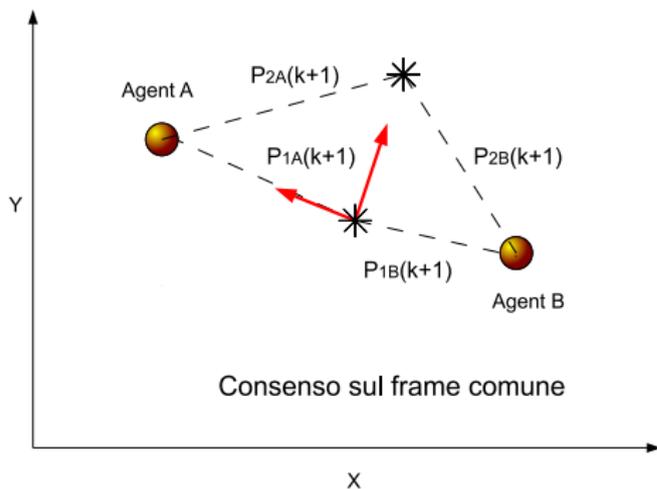
- P_1 : Centro del sistema di assi stimato.
- P_2 : Determina la direzione dell'asse delle ordinate.



Algoritmo per la determinazione di un frame comune

Per determinare un frame comune si fa agreement su due punti:

- P_1 : Centro del sistema di assi stimato.
- P_2 : Determina la direzione dell'asse delle ordinate.



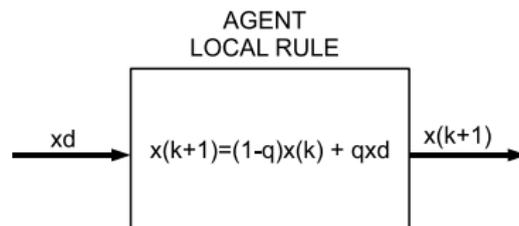
Algoritmo per lo spostamento

Spostamento verso la posizione obiettivo

Regola di aggiornamento locale

$$x_i(k+1) = (1 - q_i)x_i(k) + (q_i)x_{id}$$

- $x_i(k)$: Posizione corrente dell'agente i-esimo.
- x_{id} : Posizione obiettivo dell'agente i-esimo.
- $q_i \in [0, 1)$: Parametro per la regolazione della velocità.



Risultati delle simulazioni

Elenco delle prove

Tipi di test

- Test sui due algoritmi applicati separatamente.
- Test sui due algoritmi applicati in successione
- Test sui due algoritmi applicati simultaneamente.

Valutazione della convergenza

Convergenza raggiunta se:

- $x_i(k) = x_d$, con errore 0.1%.

Parametri valutati:

- t_{ave} , *Tempo di convergenza medio relativo*: Numero di passi computazionali per la convergenza.
- t_{abs} , *Tempo di convergenza medio assoluto*: Tempo, in secondi, per la convergenza.

Elenco delle prove

Tipi di test

- Test sui due algoritmi applicati separatamente.
- Test sui due algoritmi applicati in successione
- Test sui due algoritmi applicati simultaneamente.

Valutazione della convergenza

Convergenza raggiunta se:

- $x_i(k) = x_d$, con errore 0.1%.

Parametri valutati:

- t_{ave} , *Tempo di convergenza medio relativo*: Numero di passi computazionali per la convergenza.
- t_{abs} , *Tempo di convergenza medio assoluto*: Tempo, in secondi, per la convergenza.

Elenco delle prove

Tipi di test

- Test sui due algoritmi applicati separatamente.
- Test sui due algoritmi applicati in successione
- Test sui due algoritmi applicati simultaneamente.

Valutazione della convergenza

Convergenza raggiunta se:

- $x_i(k) = x_d$, con errore 0.1%.

Parametri valutati:

- t_{ave} , *Tempo di convergenza medio relativo*: Numero di passi computazionali per la convergenza.
- t_{abs} , *Tempo di convergenza medio assoluto*: Tempo, in secondi, per la convergenza.

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi isolati e sugli algoritmi applicati in successione

Algoritmo per lo spostamento

- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Algoritmo per il consenso sul frame comune

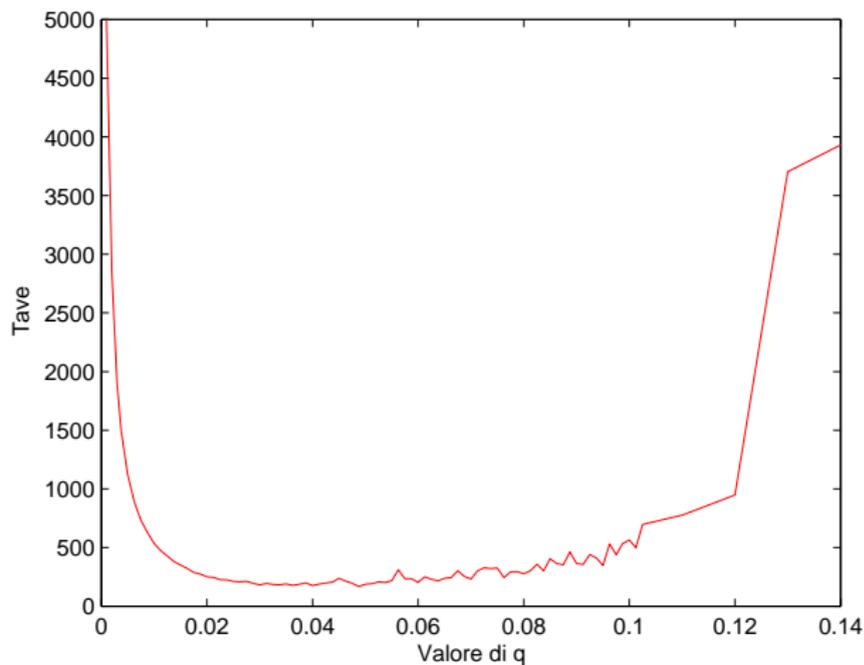
- t_{ave} indipendente dal tempo di gossip t_g .
- t_{ave} cresce all'aumentare del numero di agenti N .
- t_{ave} decresce all'aumentare del numero di archi.

Algoritmi applicati in successione

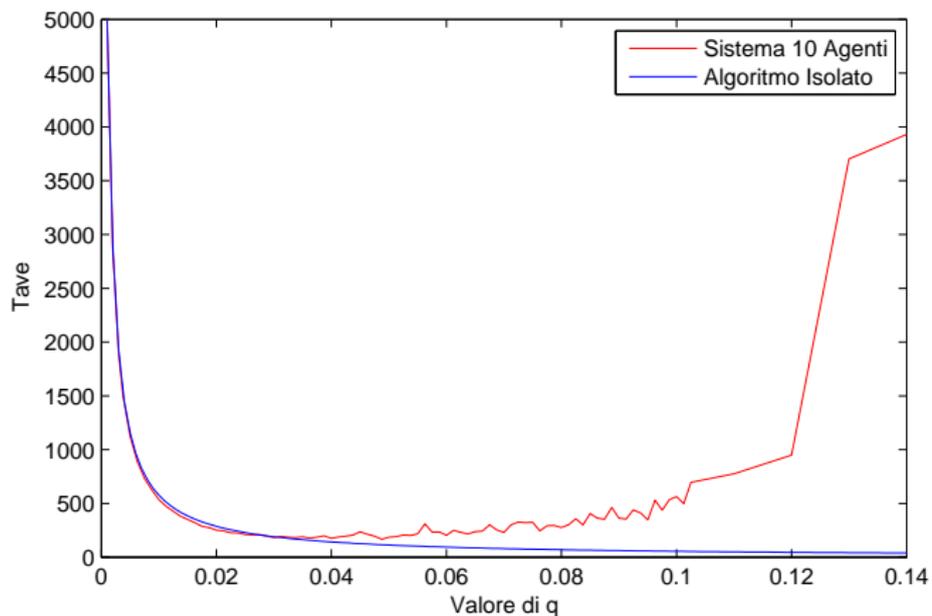
- Il sistema converge alla formazione obiettivo.
- t_{ave} decresce al crescere del parametro q .

Test sugli algoritmi in parallelo

Variazione di t_{ave} al variare di q

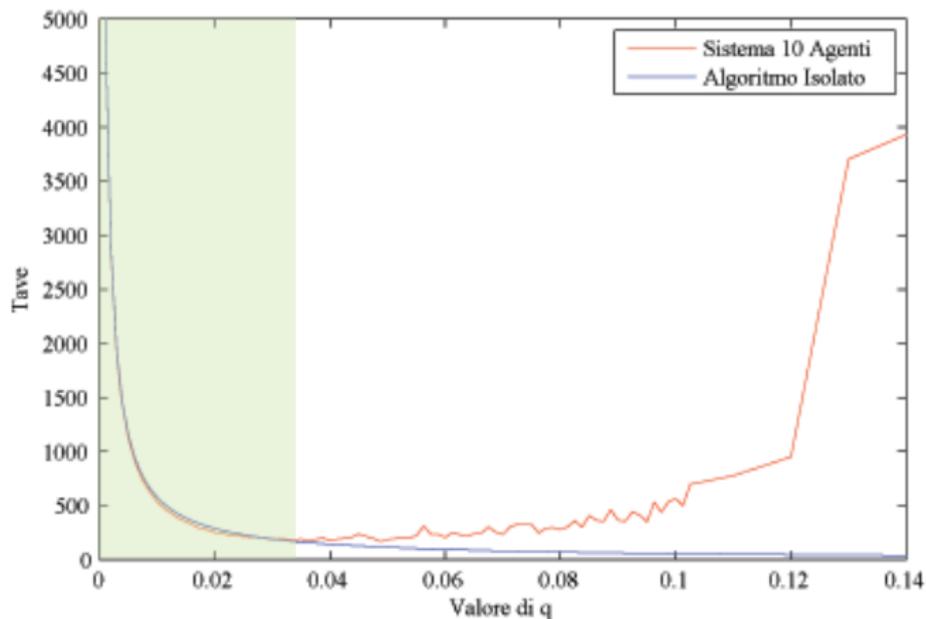


Variazione di t_{ave} al variare di q



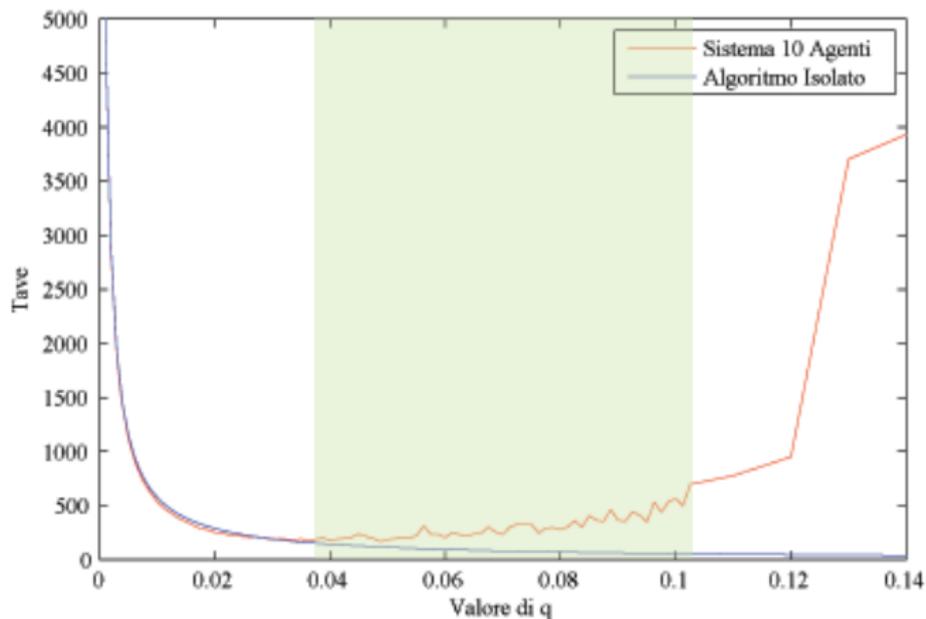
- Tre regioni di funzionamento:

Variazione di t_{ave} al variare di q



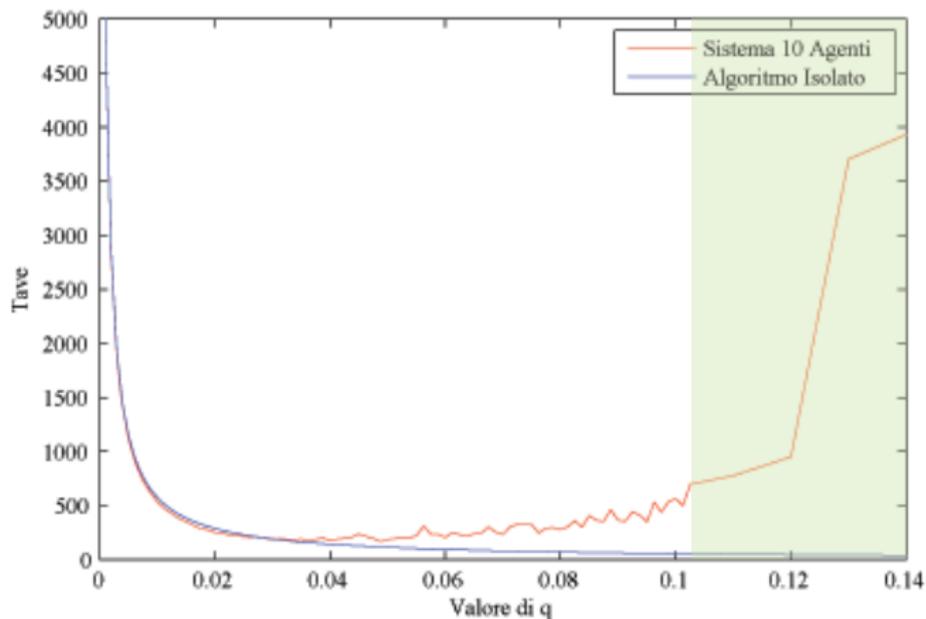
- $0 < q \leq q_{L1}$: Regione di funzionamento *quasi controllabile*

Variazione di t_{ave} al variare di q



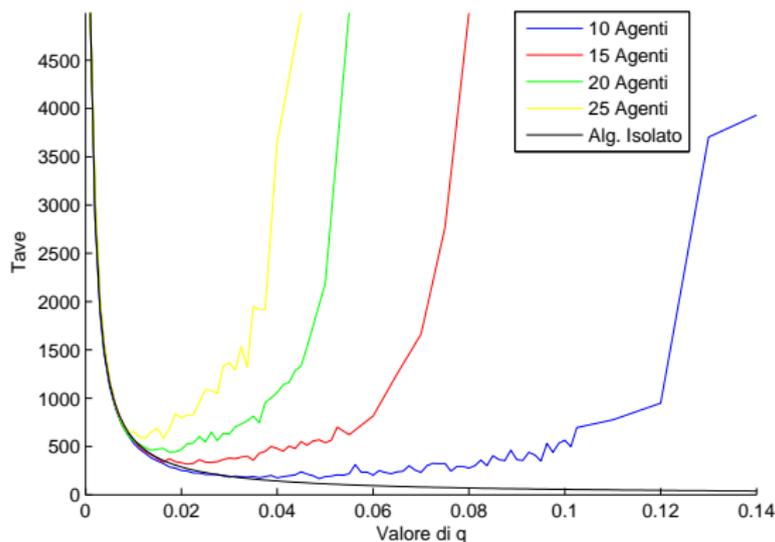
- $q_{L1} < q \leq q_{L2}$: Regione di funzionamento *costante*

Variazione di t_{ave} al variare di q



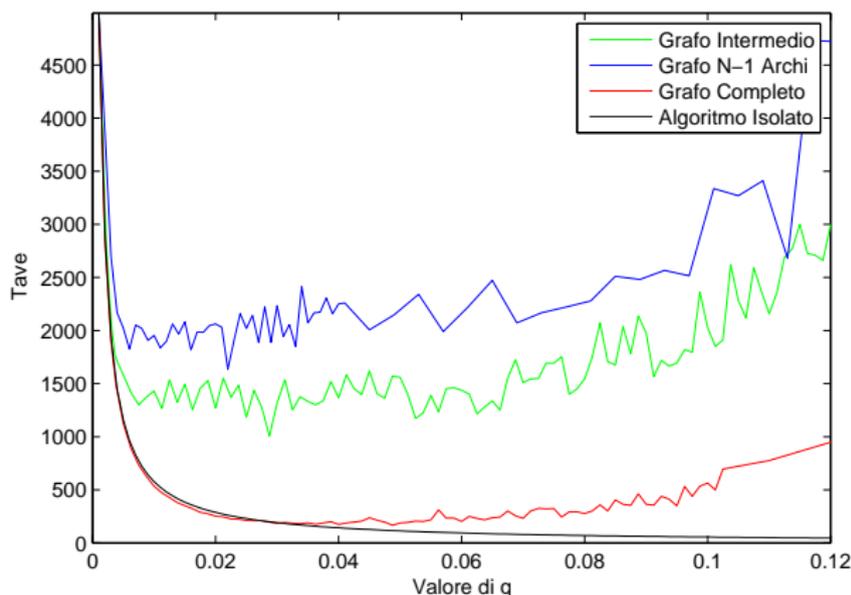
- $q < q_{L2}$: Regione di funzionamento *non controllabile*

Variazione di t_{ave} al variare di N



- Il valore minimo di t_{ave} cresce all'aumentare di N .
- La regione *quasi controllabile* si restringe all'aumentare del numero di agenti N .

Variazione di t_{ave} al variare della topologia del rete



- Il valore minimo di t_{ave} decresce all'aumentare del numero degli archi.

Algoritmo adattativo a q_{max} costante

Algoritmo adattativo a q_{max} costante

Caratteristiche

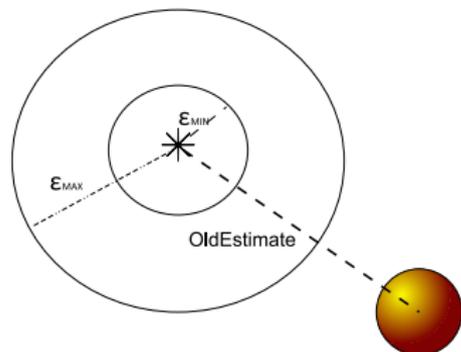
- q_{max} : Velocità massima dell'agente.
- Se un agente è coinvolto in un gossip, aumenta o diminuisce la propria velocità a seconda di come varia la stima del frame comune.

Algoritmo adattativo a q_{max} costante

START q_{max} ; $q = \frac{1}{10}q_{max} = 0$; $count = 0$;

IF Gossip

- **IF** $|NewEstimate - OldEstimate| < \epsilon_{min}$

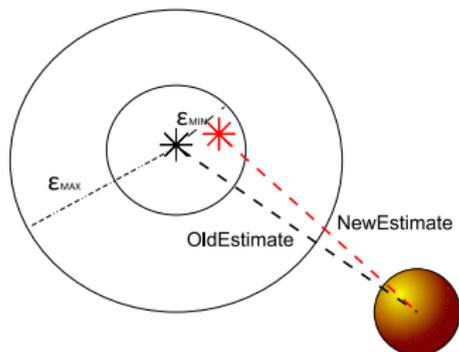


Algoritmo adattativo a q_{max} costante

START q_{max} ; $q = \frac{1}{10}q_{max} = 0$; $count = 0$;

IF Gossip

- **IF** $|NewEstimate - OldEstimate| < \varepsilon_{min}$

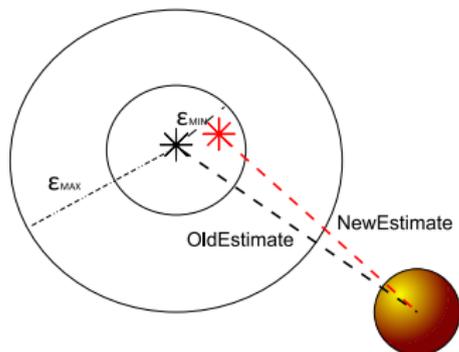


Algoritmo adattativo a q_{max} costante

START q_{max} ; $q = \frac{1}{10}q_{max} = 0$; $count = 0$;

IF Gossip

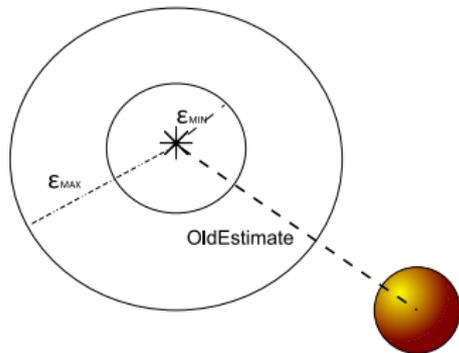
- **IF** $|NewEstimate - OldEstimate| < \varepsilon_{min}$



- **IF** $q < \frac{q_{max}}{2}$
 - $q = 1.5 \cdot q$
- **ELSE**
 - $q = q_{max}$

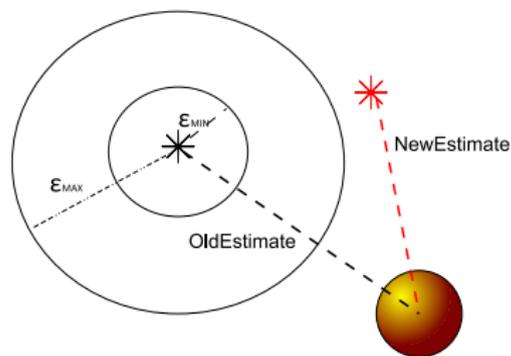
Algoritmo adattativo a q_{max} costante

IF $|NewEstimate - OldEstimate| > \epsilon_{max}$



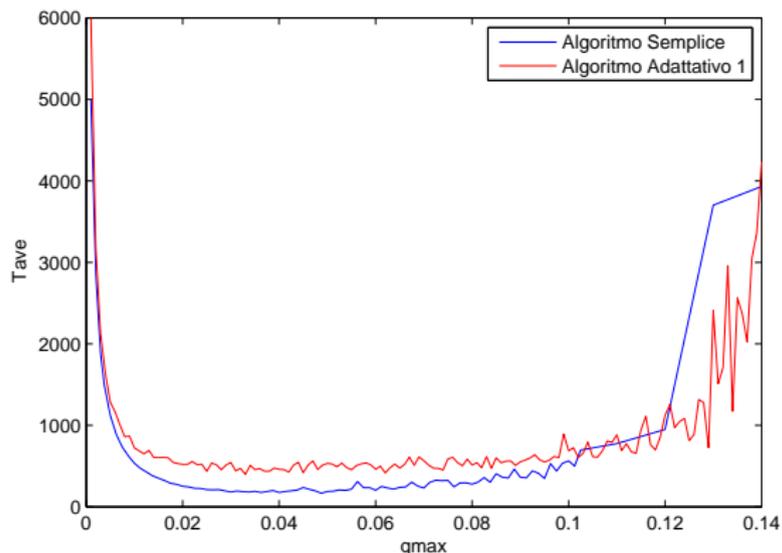
Algoritmo adattativo a q_{max} costante

IF $|NewEstimate - OldEstimate| > \epsilon_{max}$



• $q = \frac{1}{2}q$

Algoritmo adattativo a q_{max} costante



- Stesso andamento della curva a q costante.
- Allargamento della regione costante.
- Valore minimo di t_{ave} maggiore.

Algoritmo adattativo a q_{max} variabile

Algoritmo adattativo a q_{max} variabile

Caratteristiche

- In caso di gossip, stesso comportamento dell'algoritmo a q_{max} costante.
- q_{max} diminuisce progressivamente al passare del tempo.

START $q_{max} = 0.5$; $q = \frac{1}{10}q_{max} = 0$; $count = 0$;

IF Evolution Step

- **IF** $count = count_{max}$
 - $q_{max} = 0.9 \cdot q_{max}$
 - $count = 0$
- **ELSE:** $count = count + 1$

Algoritmo adattativo a q_{max} variabile

Caratteristiche

- In caso di gossip, stesso comportamento dell'algoritmo a q_{max} costante.
- q_{max} diminuisce progressivamente al passare del tempo.

START $q_{max} = 0.5$; $q = \frac{1}{10} q_{max} = 0$; $count = 0$;

IF *Evolution Step*

- IF $count = count_{max}$
 - $q_{max} = 0.9 \cdot q_{max}$
 - $count = 0$
- ELSE: $count = count + 1$

Algoritmo adattativo a q_{max} variabile

Caratteristiche

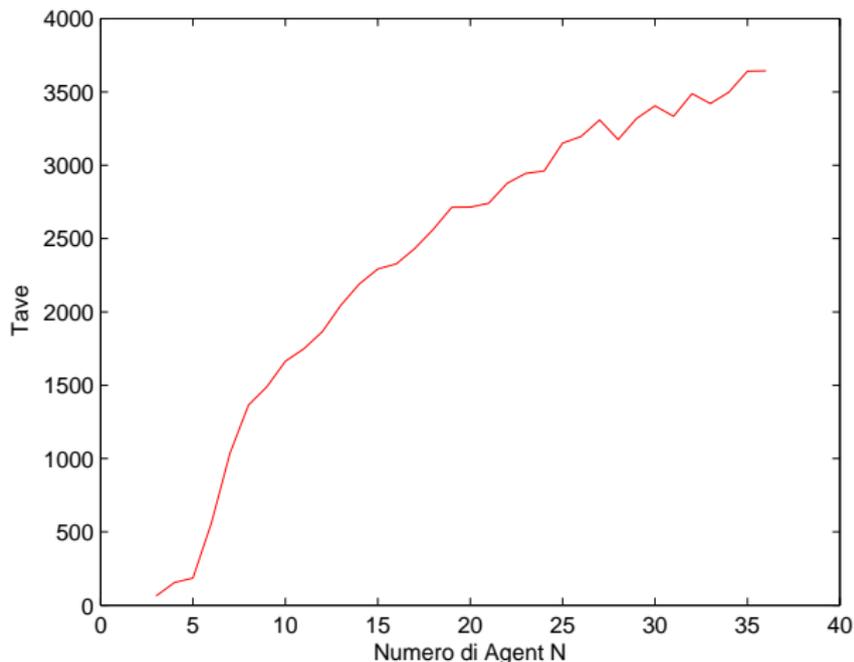
- In caso di gossip, stesso comportamento dell'algoritmo a q_{max} costante.
- q_{max} diminuisce progressivamente al passare del tempo.

START $q_{max} = 0.5$; $q = \frac{1}{10}q_{max} = 0$; $count = 0$;

IF Evolution Step

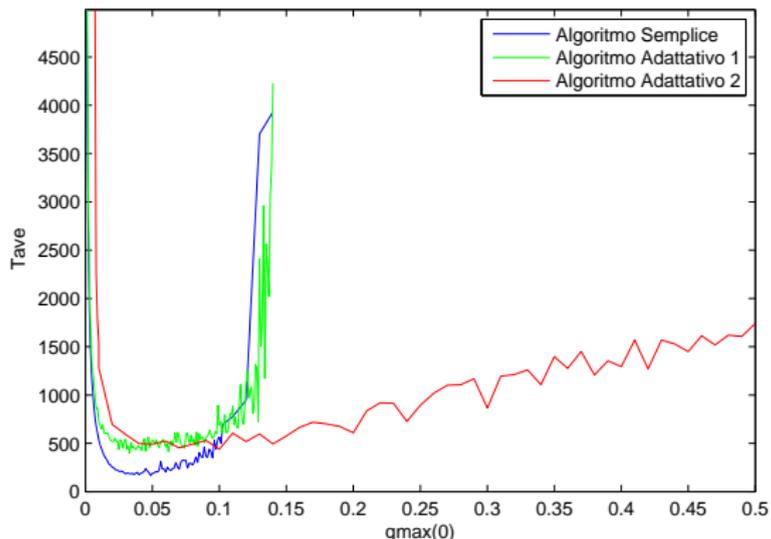
- **IF** $count = count_{max}$
 - $q_{max} = 0.9 \cdot q_{max}$
 - $count = 0$
- **ELSE**: $count = count + 1$

Algoritmo adattativo a q_{max} variabile



- Il sistema converge quasi certamente per ogni valore N

Confronto tra gli algoritmi



- Il sistema converge quasi certamente per ogni valore $q_{max}(0)$

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ϵ_{min} , ϵ_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ϵ_{min} , ϵ_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ϵ_{min} , ϵ_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ϵ_{min} , ϵ_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ϵ_{min} , ϵ_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ε_{min} , ε_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

- Il sistema converge sia in caso di applicazione parallela sia in caso di applicazione in successione.
- Applicazione in successione necessita di agenti più complessi.
- Algoritmo a q costante ha le prestazioni migliori se N è noto a priori.
- Algoritmo a q_{max} variabile è l'unico che garantisce la convergenza se N non è noto.

Sviluppi futuri

- Regola per la determinazione di t_{ave} per l'algoritmo di gossip.
- Ottimizzazione di ε_{min} , ε_{max} e $count_{max}$ per minimizzare t_{ave} .

GRAZIE PER L'ATTENZIONE