



ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIE  
DELL'INFORMAZIONE "A. FAEDO"

## **PROGETTO IS-MANET**



**UNITA' OPERATIVE: ISTI/CNR**

**WP5: Protocolli per rete MANET**

## **DELIVERABLE N. 2**

**❖ Sperimentazione di applicazioni DS<sup>2</sup> su MANET single hop  
IEEE802.11**

*15 Marzo 2004*

## STRUTTURAZIONE IN TASK DEL WP5

- **T1 Sperimentazione di una MANET single hop IEEE802.11:** Questo task ha il compito di valutare le caratteristiche di una MANET single-hop costruita utilizzando protocolli TCP/IP su schede di rete IEEE 802.11 commercialmente disponibili. Saranno utilizzati come terminali di utente sia palmari che computer portatili.
- **T2 Definizione e realizzazione di una rete MANET semplificata:** Questo task ha il compito di definire ed implementare una MANET multi-hop semplificata. Il termine semplificato indica che sarà data priorità alla semplicità della realizzazione rispetto all'ottimalità delle soluzioni protocollari adottate. Lo scopo principale di questo task è la realizzazione in termini relativamente veloci di una MANET IEEE 802.11 multi-hop.
- **T3 Analisi comparativa di algoritmi di routing:** Questo task è complementare al precedente: il suo obiettivo è l'identificazione di algoritmi di routing ottimali per una MANET IEEE 802.11 multi-hop. A tal fine saranno analizzate le prestazioni ed i costi computazionali e trasmissivi di algoritmi di routing proposti in letteratura per ambienti MANET. Il risultato principale di questo task sarà l'identificazione di algoritmi di routing idonei per l'ambiente oggetto del progetto.
- **T4 Protocolli end-to-end:** Questo task ha il compito studiare e confrontare le soluzioni per protocolli end-to-end (trasporto). In particolare prevediamo di confrontare l'approccio TCP classico con approcci di TCP indiretto. L'obiettivo del task è l'identificazione del paradigma di comunicazione che ottimizza le limitate risorse della MANET (banda, energia, affidabilità, ecc.)
- **T5 Definizione e realizzazione della MANET:** Questo task ha il compito di implementare sia il protocollo di routing sia il protocollo di trasporto della MANET. Questo task utilizza come input i risultati dei task 3 e 4.
- **T6 Sperimentazione della MANET:** Questo task ha il compito di effettuare una valutazione sperimentale del prototipo di MANET realizzata dal progetto. In questo workpackage ci concentreremo su misure prestazionali della qualità del servizio offerta dalla MANET ai protocolli di middleware.

## ***1. INTRODUZIONE***

Gli obiettivi del Workpackage 5 sono relativi alla definizione, la specifica e la realizzazione dei protocolli per gli strati di rete e di trasporto della MANET che sarà sviluppata dal progetto.

Le MANET sono reti wireless multi-hop in cui non esiste una infrastruttura fissa ed i terminali della rete svolgono le operazioni di instradamento. In particolare nell'ambito del workpackage considereremo reti MANET con un numero limitato di hop ed in grado di connettere dispositivi wireless in un raggio di alcuni chilometri. Questo workpackage studierà protocolli di routing e servizi di comunicazione end-to-end. Questi protocolli verranno implementati e sperimentati utilizzando come tecnologia di sottorete prodotti conformi allo standard IEEE802.11.

Si prospettano due scenari di intervento, il primo (a breve termine) che ha come obiettivo la costruzione di una MANET con soluzioni semplificate di routing e di trasporto. Questo primo prototipo verrà usato per iniziare la sperimentazione di servizi di middleware e di prototipi applicativi. Il secondo scenario di intervento ha l'obiettivo di fornire sei mesi prima della conclusione del progetto una realizzazione di protocolli di routing e di trasporto che consideriamo ottimale per la tipologia di MANET scelta dal progetto. La scelta della soluzione di routing più appropriata richiede un confronto tra le diverse tecniche proposte per il routing in reti ad-hoc quali ad esempio: proactive, reactive, flooding, GPSbased.

Alla conclusione del primo anno di attività si conclude il Task 1 dedicato alla realizzazione e valutazione di una rete MANET single-hop costruita utilizzando protocolli TCP/IP su schede di rete IEEE 802.11 commercialmente disponibili. Parte dell'attività di sperimentazione della rete single-hop è stata svolta utilizzando traffico generato da link satellitari. I risultati relativi a questa sperimentazione sono stati presentati nel Deliverable n.1 presentato congiuntamente dal WP5 e WP6.

Questo deliverable descrive le attività di sperimentazione della rete MANET single-hop che non rientrano in attività congiunte con il WP6.

## **2. ARCHITETTURA DELLA MANET**

Una rete MANET è un sistema di comunicazione dati basato su trasmissioni radio nella quale i nodi comunicano esclusivamente su canali wireless senza l'ausilio di infrastrutture. Per questo motivo ciascun nodo della rete opera al tempo stesso come stazione e router, in grado di recapitare i messaggi ad altre stazioni.

La rete wireless installata all'ISTI è di tipologia ad-hoc-network, utilizza la tecnologia wireless Wi-Fi IEEE 802.11b (Fig. 1) ed è costituita dai seguenti *nodi*:

- tre portatili di tipo TravelMate 220 dotati di sistema operativo Debian Linux, su cui è installata la scheda PCMCIA Prism Linksys per il collegamento wireless;
- tre portatili di tipo IBM R40 dotati di sistema operativo Debian Linux, su cui è installata la scheda PCMCIA Prism Linksys per il collegamento wireless;
- un palmare di tipo Sharp Zaurus dotato di sistema operativo Linux, su cui è installata la scheda D-Link DC650W per il collegamento wireless;
- un palmare di tipo Compaq Ipaq con modulo di espansione per il collegamento wireless dotato di sistema operativo Windows CE, su cui è installata la scheda Linksys WPC11 per il collegamento wireless.

La velocità del collegamento wireless all'interno della rete MANET è di 11 Mbps.

## **3. SPERIMENTAZIONI SULLA MANET**

I nodi sono stati utilizzati per configurare diversi tipi di MANET in funzione degli esperimenti effettuati:

- Interconnessione di rete MANET con tratta satellitaria:
- Test di semplici applicazioni di condivisione di file su rete MANET single-hop basate su uno strato di middleware DS<sup>2</sup> sviluppato nell'ambito del Workpackage 4 di IS-MANET

### **3.1 Interconnessione di rete MANET con tratta satellitaria**

Per questo esperimento sono stati utilizzati i tre portatili TravelMate 220 sui quali è stato installato il protocollo di routing AODV. La MANET è stata collegata ad un link satellitario tramite satellite HotBird VI, ed è stata testata producendo traffico di tipo

real-time (video e voce) proveniente da applicativi specifici, quali VIC (Video Conferencing Tool) e RAT (Robust Audio Tool), mentre i dati non real-time sono stati generati da normali applicazioni UDP.

Questo esperimento, che è stato condotto in collaborazione con il Workpackage 6 di IS-MANET, è descritto nel Deliverable n.1 presentato congiuntamente dai due workpackages.

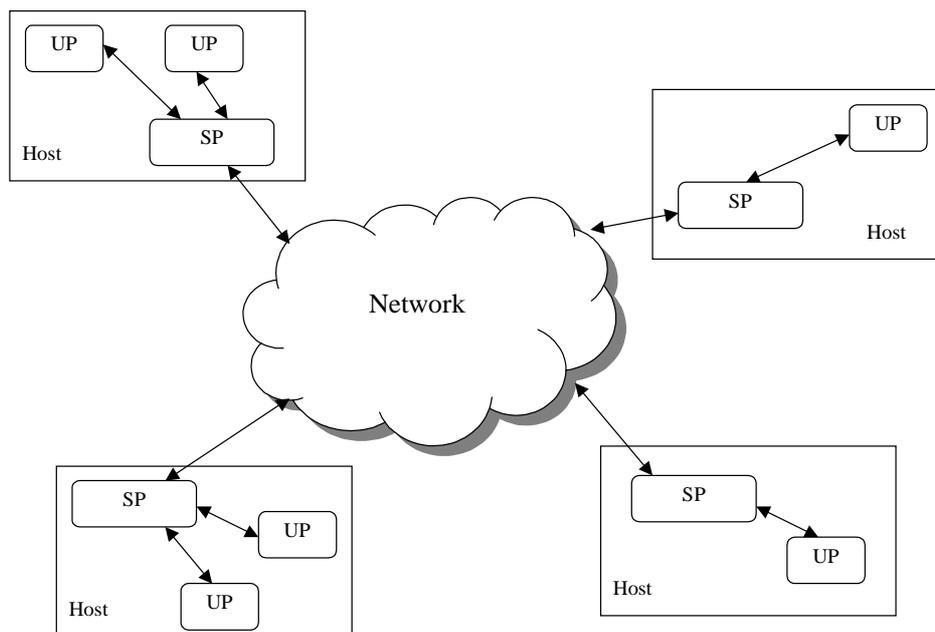
### ***3.2 Test di applicazioni basate su middleware DS<sup>2</sup>.***

Il Dependable and Secure Data Storage (o più brevemente DS<sup>2</sup>) è un sistema di middleware sviluppato nell'ambito dell'attività del Workpackage 4 di IS-MANET.

DS<sup>2</sup> fornisce agli utenti degli host della MANET un supporto per la creazione, l'accesso e la condivisione di files in modo affidabile e sicuro. I files creati con DS<sup>2</sup> vengono codificati e frammentati, e i frammenti vengono distribuiti tra i vari nodi della rete in modo da soddisfare i requisiti di affidabilità che sono specificati come parametro all'atto della creazione.

DS<sup>2</sup> si configura come un sistema di tipo peer-top-peer, nel quale tutti gli host che compongono la MANET collaborano alla realizzazione del sistema di memorizzazione operando al tempo stesso come server e client. Su ogni Host della MANET è installato un processo server (detto serverprocess). Ogni serverprocess è a conoscenza dell'indirizzo IP degli altri serverprocess nella rete (acquisisce queste informazioni tramite un file di configurazione), con i quali comunica tramite pacchetti di tipo UDP. Il serverprocess fornisce ai processi utente in esecuzione sullo stesso host tutte le funzionalità di DS<sup>2</sup>, e i processi utente si interfacciano con il serverprocess tramite una libreria apposita. La Figura 1 mostra uno schema di una MANET equipaggiata con il sistema DS<sup>2</sup>.

Per una descrizione di DS<sup>2</sup> si rimanda al deliverable n.1 del Workpackage 4 nel quale il sistema è descritto in dettaglio.



**Figure 1.** Architettura di una MANET equipaggiata con DS<sup>2</sup>

I test sulla MANET equipaggiata con DS<sup>2</sup> sono stati condotti al fine di valutare le prestazioni in termini di banda nelle operazioni di creazione, lettura e rimozione di files. Al momento sono state prese in considerazione solo MANET single-hop, ma altri esperimenti per MANET multihop sono stati pianificati nell'ambito del Task 2 del Workpackage 5.

Gli esperimenti sono stati effettuati utilizzando tre portatili IBM R40 con le interfacce wireless configurate in modo ad-hoc senza supporto di algoritmi di routing. Su ogni portatile è stato installato il processo server DS<sup>2</sup>, e sono stati realizzate applicazioni DS<sup>2</sup> per la creazione, condivisione, lettura e rimozione di files. I tre portatili sono stati disposti a distanza di 50 cm l'uno dall'altro. Durante gli esperimenti non è stato però possibile valutare l'effetto di interferenze esterne in quanto non disponiamo di dispositivi atti a misurare interferenze, nè abbiamo la possibilità di schermare i tre portatili.

***Creazione e cancellazione di files:***

Sono state sviluppate due applicazioni basate su DS<sup>2</sup>: una per la creazione e una per la cancellazione di files.

L'applicazione di creazione acquisisce un file  $Nf$  presente nel file system locale e lo codifica, frammenta e distribuisce sulla MANET utilizzando le librerie DS<sup>2</sup>.

L'applicazione di creazione ha i seguenti parametri:

- $Nf$ : nome di un file presente nel file system locale della macchina e che verrà utilizzato per creare il file  $DS^2$  distribuito sulla MANET
- $Nd$ : nome del file  $DS^2$  distribuito sulla MANET
- $h$ : numero di frammenti non ridondanti
- $r$ : numero di frammenti ridondanti
- $m$ : dimensione minima dei moduli utilizzati da  $DS^2$  per a codifica

L'applicazione di cancellazione di files ha come unico parametro il nome  $Nd$  di un file  $DS^2$  distribuito sulla MANET da cancellare, e utilizza le librerie  $DS^2$  per effettuare la cancellazione.

Le due applicazioni sono state utilizzate per effettuare prove ripetute di creazione e cancellazione di files  $DS^2$  di dimensione variabile compresa tra 125KB e 10 MB. Ogni file è stato creato utilizzando due frammenti non ridondanti e uno ridondante ( $h=2$ ,  $r=1$ ). Si noti che questi parametri sono limitati dal numero di unità utilizzate nella MANET.

Inoltre i files sono stati creati utilizzando moduli di diverse dimensioni, in particolare sono stati effettuati esperimenti con parametro  $m=10$ ,  $m=20$  e  $m=30$ . Per ogni set di parametri la creazione del file è stata iterata 50 volte.

I risultati dei tempi medi di creazione e rimozione di files sono riportati nelle tabelle 1 e 2 e nelle figure 2 e 3. Le tabelle 2 e 4 riportano gli intervalli di confidenza al 95% corrispondenti.

Tenendo conto che, dato un file di dimensione  $X$ , la quantità di dati immessi nella rete con  $h=2$  e  $r=1$  è proporzionale ad  $1,5X$ , risulta che la banda "percepita" dall'utente è stata di circa 140 KB/Sec, rispetto ad una banda teorica massima di 1,3MB/S. Questa differenza ha diverse motivazioni. Infatti dato che le comunicazioni coinvolgono contemporaneamente tutti e tre i PC usati per l'esperimento, parte della banda viene "sprecata" in collisioni di pacchetti. Altre motivazioni vanno cercate invece nell'implementazione corrente di  $DS^2$ . Infatti alcuni aspetti relativi alla comunicazione non sono ancora ottimizzati. In particolare un'ottimizzazione non ancora introdotta riguarda la possibilità di inglobare più residui da inviare alla stessa destinazione sullo stesso pacchetto UDP. Questo è il motivo per il quale la creazione del file è più efficiente con moduli di 60 bytes, infatti in questo caso la quantità di informazione memorizzata nel singolo residuo è maggiore, e quindi ogni pacchetto

UDP contiene più informazione che nel caso di moduli di 10 e di 30 bytes. Dai grafici risulta inoltre che  $DS^2$  scala quasi linearmente con la dimensione del file.

Altre considerazioni riguardano invece la variabilità dei tempi di creazione (o rimozione) dei files. Dai dati riportati in Tabella 1 risulta infatti che l'intervallo di confidenza su 50 prove è piuttosto elevato, questo perchè le differenze tra due diverse creazioni di file della stessa dimensione possono in certi casi essere molto marcate (in alcuni casi sono state prossime al 100% del tempo). Questa caratteristica sembra in buona parte essere imputabile alle collisioni nella comunicazione wireless, ma non siamo comunque in grado di valutare l'effetto di interferenze esterne sulla rete.

Tabella 1. Tempo medio per la creazione di files ( $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, files da 125KB a 1MB)

	0,125MB	0,25MB	0,5MB	1MB
10	7620,82	9919,22	19496,86	39875,52
30	1976,7	2921,04	6752,64	12839,68
60	1336,12	2763,82	5374,6	10669

Tabella 2. Intervallo di confidenza per il tempo medio di creazione di file ( $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, files da 125KB a 1MB)

	0,125MB	0,25MB	0,5MB	1MB
10	211,8786	791,7463	1541,892	4222,272
30	183,4009	62,53403	255,3465	615,4903
60	4,775908	68,19347	30,09907	37,26183

Tabella 3. Tempo medio per la creazione di files ( $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, files da 125KB a 1MB)

	0,125MB	0,25MB	0,5MB	1MB
10	7291,9	9299,44	18708,92	37349,92
30	1635,54	2236,84	5183,96	9828,72
60	558,04	1159,5	2237,62	4358,52

Tabella 4. Intervallo di confidenza per il tempo medio di rimozione di file ( $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, files da 125KB a 1MB)

	0,125MB	0,25MB	0,5MB	1MB
10	492,2511	742,4872	1538,974	4556,816
30	170,19	51,63762	204,0759	454,1436
60	439,7225	4,189176	23,25777	10,77657

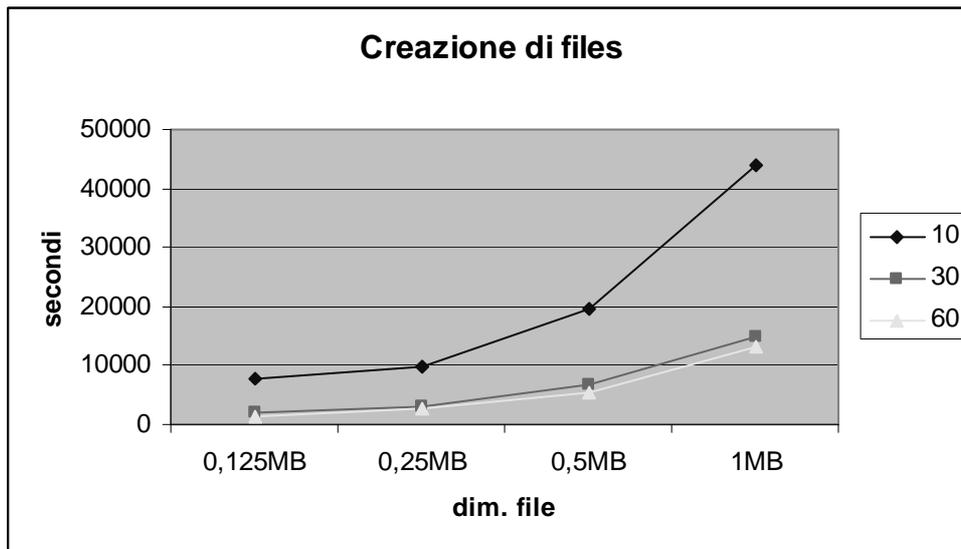


Figura 2. Tempo medio per la creazione di files ( $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, files da 125KB a 1MB)

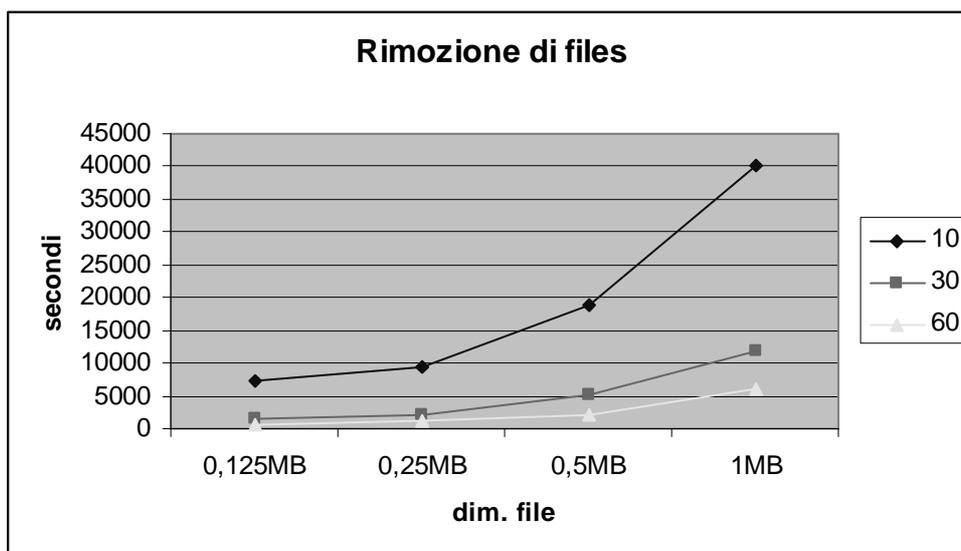


Figura 3. Tempo medio per la rimozione di files ( $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, files da 125KB a 1MB)

### ***Letture di files:***

E' stata sviluppata una applicazione di lettura di blocchi di files DS<sup>2</sup> distribuiti su una MANET. Dato un file  $Nd$  distribuito tramite DS<sup>2</sup> su una MANET, l'applicazione si posiziona su offset casuali sul file e legge e decodifica blocchi di dimensioni comprese tra 10KB e 64KB.

L'applicazione ha i seguenti parametri:

- $Nd$ : nome di un file DS<sup>2</sup> distribuito sulla MANET
- $B$ : dimensione del blocco da leggere

L'applicazione di lettura è stata utilizzata per effettuare prove ripetute di lettura di files DS<sup>2</sup>.

In particolare i test di lettura sono stati effettuati su un file di 100KB codificato con due frammenti non ridondanti e un frammento ridondante, utilizzando moduli di 10, 30 e 60 bytes. Su questo file sono state effettuate letture di blocchi di dati di dimensione variabile tra 10KB e 60KB, e per ogni dimensione del blocco di dati da leggere, i test sono stati iterati 50 volte.

I risultati dei tempi medi di lettura dei files dei sono mostrati in Tabella 5 e Figura 4, e i relativi intervalli di confidenza al 95% sono riportati in Tabella 6.

Anche nel caso delle operazioni di lettura si è riscontrata un'elevata variabilità dei dati che, anche in questo caso, sembra essere imputabile a collisioni e ad interferenze.

Si può inoltre notare un tradeoff dipendente dalla dimensione dei moduli. Infatti con l'implementazione attuale di DS<sup>2</sup>, con moduli piccoli si sfrutta poco la dimensione dei pacchetti, ed è quindi necessario utilizzare più pacchetti per leggere il blocco richiesto, mentre con dimensioni grandi ha costo maggiore l'operazione di decodifica dei frammenti.

Tabella 5. Tempo medio per la lettura di blocchi di un file di 100KB (File di 100KB,  $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, blocchi di 10,20,30,40,50 e 60 KB)

	10KB	20KB	30KB	40KB	50KB	60KB
10	1402,44	2523,4	5732,18	5713,12	9374,24	23866,12
30	5002,6	2264,48	3918,52	6627,14	12393,16	17797,92
60	11041,9	3495,84	6699,98	19404,06	12700,76	15415,68

Tabella 6. Intervallo di confidenza per il tempo medio per la lettura di blocchi di un file di 100KB (File di 100KB,  $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, blocchi di 10,20,30,40,50 e 60 KB)

	10KB	20KB	30KB	40KB	50KB	60KB
10	45,75065	212,6317	455,6679	331,275	304,0708	4576,81
30	408,6978	86,74639	110,3204	455,4433	3167,073	3558,664
60	837,8528	250,1295	468,4946	4132,367	3979,755	3172,589

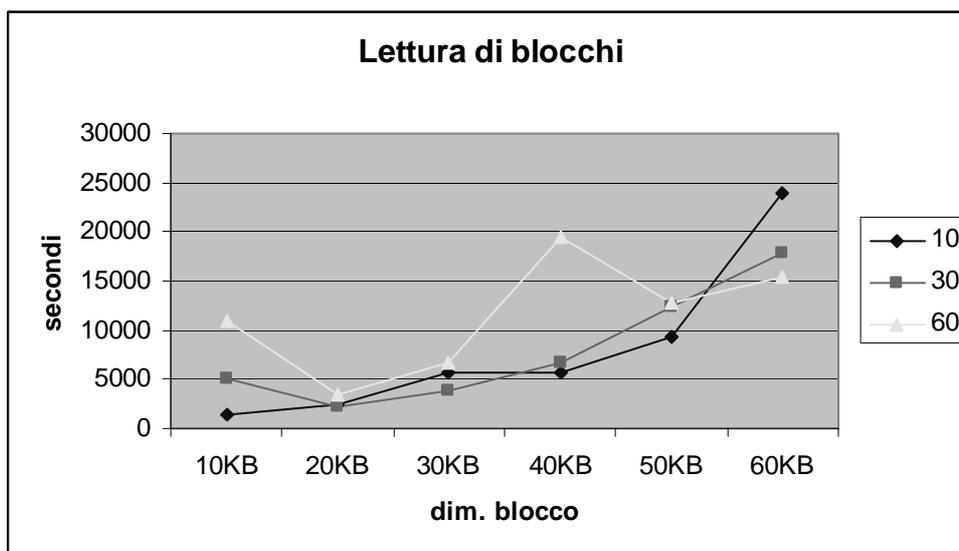


Figura 4. Tempo medio per la lettura di blocchi di un file di 100KB (File di 100KB,  $h=2$ ,  $r=1$ , moduli di 10, 30 e 60 bytes, blocchi di 10,20,30,40,50 e 60 KB)

### 3. CONCLUSIONI

In questo deliverable sono stati presentati i risultati della sperimentazione della MANET single-hop utilizzando semplici applicazioni di creazione e lettura di files distribuiti sulla MANET basati sul middleware DS<sup>2</sup> sviluppato dall'U.O. dell'ISTI nell'ambito del WP4.

Dai risultati è emerso che diversi aspetti di DS<sup>2</sup> possono essere ottimizzati. Inoltre è stato osservato che le prestazioni sono estremamente variabili a causa di fenomeni di interferenza e/o di collisioni di pacchetti.

L'attività futura l'attività futura sarà focalizzata sulla sperimentazione della MANET in configurazione multihop nell'ambito del Task 2.