



1

.

:

,

2011

. .: 315

:

,

:

,

/

,

.

/

, «

»,

/

.

,

.

,

,

,

«

» (mobile agent)

.

,

,

,

,

,

.

:

,

:

,

,

,

,

ABSTRACT

The code dissemination and reprogramming mechanisms of wireless sensor networks are key features to meet the needs of changing the behavior, operating requirements and modernization of the network, as well as troubleshoot problems. Reprogramming is the process of dynamic updating of the software running on the nodes/sensors and a key feature of the operating system. It is considered compulsory process because of the predominantly non-accessibility of nodes after deployment in space/operating environment and it is usually implemented as an independent service on the operating system of each node.

In this thesis we will present the design factors of reprogramming protocols for wireless sensor networks and the standard protocols and mechanisms for code dissemination prevailing today, after giving a brief description of the functionalities and operating systems carried out in these networks. Finally, we will attempt to implement the code dissemination mechanism of a probabilistic forwarding epidemic model through a graphical simulator, simulating the request and reception of mobile agent from a specific node of the network. Collecting and processing the outcomes of multiply runs, through an environment specially designed for this purpose, we will optimize main parameters of the epidemic model, while making comparisons of the features with a well known reprogramming protocol, evaluating the outcome, showing the positive and negative aspects of this approach.

SUBJECT AREA: Wireless Sensor Networks, Distributed Systems

KEYWORDS: Wireless Sensor Networks, Reprogramming Protocols, Simulation, Epidemic Model, Probabilistic Forwarding

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
2	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	12
3	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	17
3.1	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ.....	17
3.2	ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ.....	18
3.3	ΕΠΑΝΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	19
3.3.1	<i>Επίπεδο εφαρμογής (application-level)</i>	19
3.3.2	<i>Επίπεδο δομικού στοιχείου (modular or component level)</i>	20
3.3.3	<i>Επίπεδο εντολής / μεταβλητής (instruction level / variable level)</i>	21
4	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΕΠΑΝΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ WSN	22
4.1	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	22
4.2	ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ (SEGMENTATION) ΚΑΙ ΔΙΑΣΩΛΗΝΩΣΗ (PIPELINING).....	23
4.3	ΚΑΤΑΙΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (BROADCAST STORMS) ΚΑΙ ΚΡΥΜΜΕΝΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ (HIDDEN TERMINALS)	24
4.4	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ.....	26
4.5	ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΚΟΠΟΥ	26
4.6	ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	26
5	ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ / ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΠΑΝΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ WSN	28
5.1	DELUGE.....	28
5.1.1	<i>Περιγραφή πρωτοκόλλου</i>	29
5.1.1.1	MAINTAIN.....	29
5.1.1.2	REQUEST (RX).....	31
5.1.1.3	TRANSMIT (TX).....	32
5.2	MNP.....	33
5.2.1	<i>Περιγραφή πρωτοκόλλου</i>	33
5.2.1.1	Βασική έκδοση μηχανισμού επιλογής των κόμβων-πομπών.....	34
5.2.1.2	Αναθεωρημένη έκδοση μηχανισμού επιλογής των κόμβων-πομπών με δυνατότητα διασωλήνωσης....	35
5.2.1.3	Εργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά το «κατέβασμα» ενός τεμαχίου.....	36
5.2.1.4	Θέματα αξιοπιστίας	37
5.2.1.5	Διαδικασία επανεκκίνησης (reboot)	38
5.3	MOAP	38
5.3.1	<i>Ripple</i>	39
5.3.2	<i>Πολιτική αναμετάδοσης μονο-εκπομπής (unicast)</i>	39
5.3.3	<i>Μηχανισμός ολισθαίνοντος παραθύρου (sliding window)</i>	39
5.3.4	<i>Περιγραφή πρωτοκόλλου</i>	39
5.4	FRESHET.....	41

5.4.1	Περιγραφή πρωτοκόλλου	42
5.4.1.1	Blitzkrieg phase (φάση κεραυνοβόλου πολέμου)	42
5.4.1.2	Distribution phase (φάση διάδοσης).....	44
5.4.1.3	Quiescent phase (φάση αδράνειας).....	45
5.5	STREAM	46
5.5.1	Σχεδιαστική προσέγγιση	47
5.5.2	Περιγραφή πρωτοκόλλου	47
5.5.3	Stream-AS.....	48
5.5.4	Stream-RS.....	49
5.6	SYNAPSE.....	50
5.6.1	Αρχιτεκτονική	50
5.6.2	Boot Loader για επαναπρογραμματισμό ασυρμάτων δικτύων.....	52
5.6.3	Πρωτόκολλο διάδοσης δεδομένων.....	52
5.6.3.1	Μono-αλματική διάδοση (single-hop).....	52
5.6.3.2	Πολυ-αλματική διάδοση (multi-hop)	54
5.7	AGILLA	54
5.7.1	Περιγραφή μοντέλου	55
5.7.2	Αρχιτεκτονική ενδιάμεσου λογισμικού (middleware).....	57
5.7.3	Αρχιτεκτονική πράκτορα	58
5.7.4	Σύνολο εντολών.....	59
6	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ / ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ	60
6.1	ΣΚΟΠΟΣ.....	60
6.2	ΣΤΟΧΟΣ	60
6.3	ΓΡΑΦΙΚΟΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΤΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	60
6.3.1	Μέθοδοι ελέγχου εκπομπών/λήψεων.....	62
6.3.2	Μέθοδοι γειτνίασης των κόμβων	64
6.3.3	Λοιπές παράμετροι λειτουργίας του προσομοιωτή.....	67
6.3.4	Γραφική παρουσίαση – αποτελέσματα.....	70
6.3.5	Συλλογή και εμφάνιση δεδομένων από πολλαπλές εκτελέσεις.....	75
6.4	ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΕΩΝ – ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	75
6.5	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ	78
6.5.1	Προσέγγιση 1 ^η	80
6.5.2	Προσέγγιση 2 ^η	88
6.6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ	95
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	101
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	103

1:	/	.....	10	
2:		/	.....	12
3:		.....	19	
4		Deluge	.....	29
5		MNP	.....	38
6		blitzkrieg Freshet	.....	43
7		SYNAPSE	.....	51
8		Agilla	.....	55
9		Agilla	.....	57
10		Agilla	.....	58
11		/	.....	61
12		.....	.....	70
13		.....	.....	73
14		.....	.....	76
15		.....	.....	78
16		.....	.....	79
17	3-D	.....	.....	81
18		«checkers»	.....	82
19		[0.1-	.....	83
		0.5]	.....	83
20		100%	.....	84
21	3-D	( ):	.....	85
		4/3/2/1/1/3 , ():	4/3/2/1/1/4	.....
22		(1	.....	85
23		(: 4/3/2/1/1/3. b:0.4/a:0.2) / t-units=3	.....	86
24		(: . :) / t-units=3	.....	87

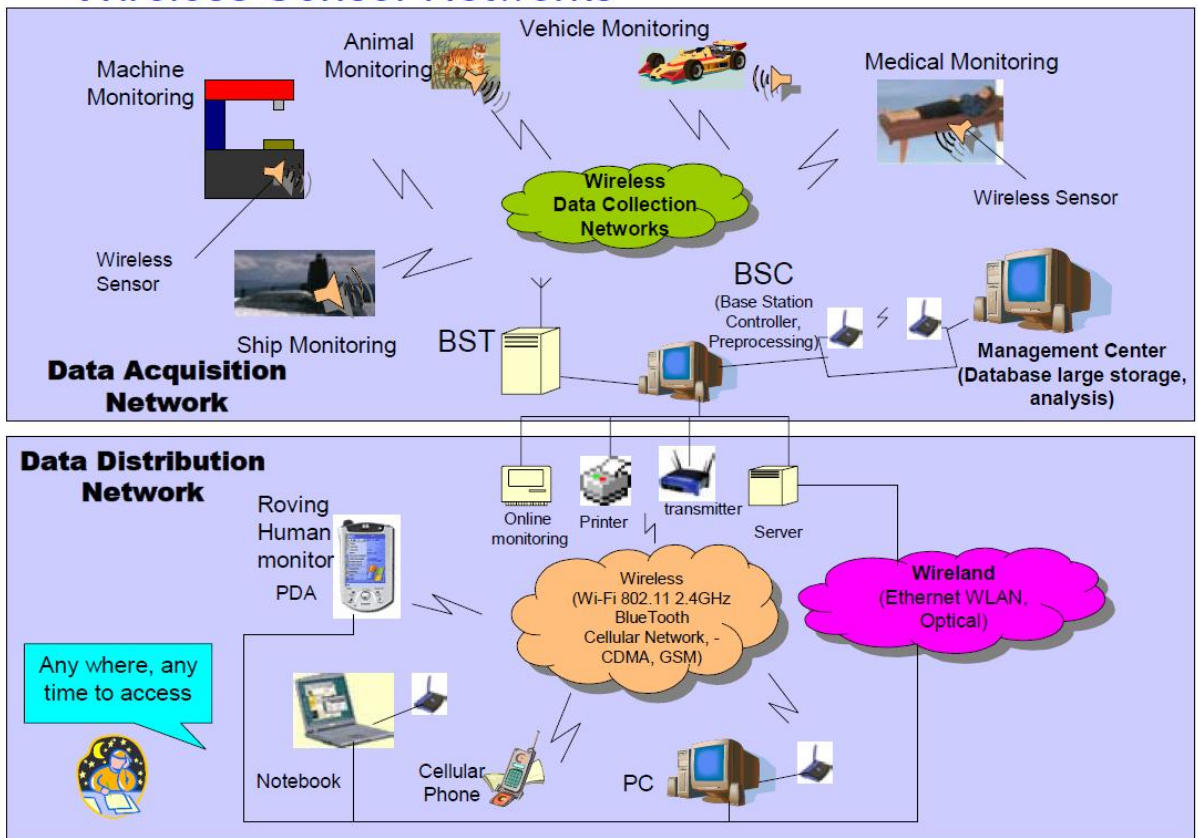
25	(	: 4/3/2/1/1/3. b:0.4/a:0.2) / t-units=33	87
26	(	: . : ) / t-units=33	88
27	(2	) 100%	89
28		(3/2/21/2/4)	90
29		(: 3/2/2/1/2/4. b:0.85/a:0.15) / t-units=7	91
30	(	: 3/2/2/1/2/4. b:0.85/a:0.15) / t-units=7	91
31	(	: . : ) / t-units=7	92
32		(: 3/2/2/1/2/4. b:0.85/a:0.15) / t-units=21	92
33	(	: 3/2/2/1/2/4. b:0.85/a:0.15) / t-units=21	93
34	(	: . : ) / t-units=21	93
35	(	:3/2/2/1/2/4. b:0.85/a:0.15) / t-units=85	94
36	(	: 3/2/2/1/2/4. b:0.85/a:0.15) / t-units=85	94
37	(	: . : ) / t-units=85	95
38	1	(: 4/3/2/1/1/3 . b:0.4/a:0.2)	95
39	2	(: 3/2/2/1/2/4 . b:0.85/a:0.15)	96

/

« »

[1]

Wireless Sensor Networks



,

,

.

,

,

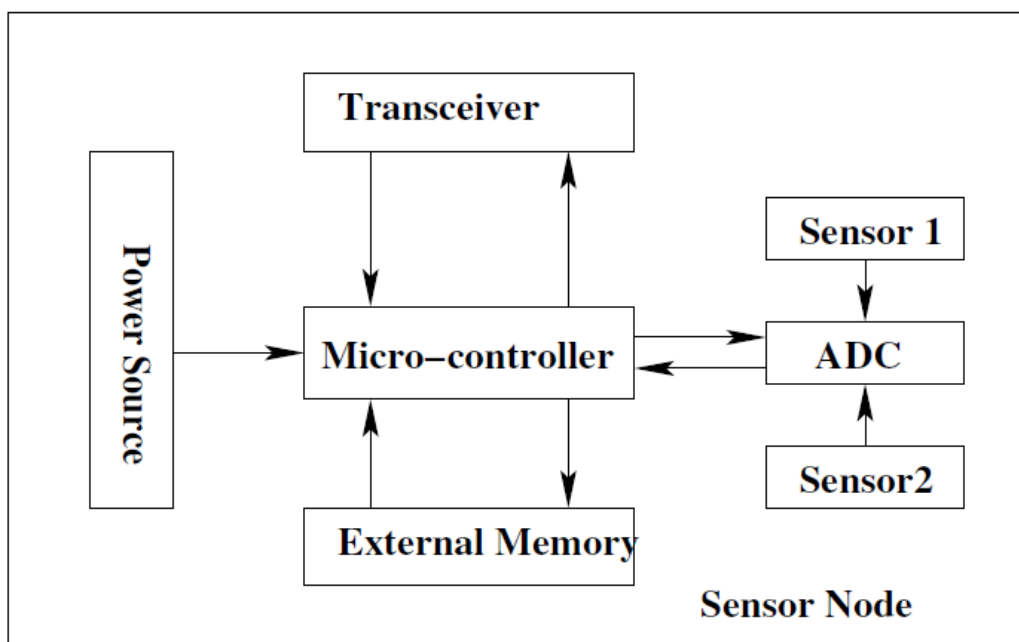
.

(WSN)

« » « » [2].

WSN

() () .



2:

/

_____.

: (1)

(2)

_____.

« _____ »

« _____ »

_____ (APIs). APIs

APIs

(I/O).

APIs

- API (networking API)
 -
- API (sensor data-reading API)
- APIs (memory manipulation APIs)
 -
- API (power management API)
 - « » (sleep-state),
- APIs (task management APIs)
 - , , (post)

/

,
 .

 / / .
 ,
 ,
 ,
 (scheduler)
 . X
 ,
 .
 « » (sleep-modes)
 .
 (sensing-rates).

WSN.

 /
 .
 .
 « »
 ,
 / (WSN)
 .
 «over-the-air»
 .
 « - » (single-hop) « -
 » (multi-hop). *single-hop*,
 ,
multi-hop « »
 (hop-by-hop).

/
(relocatable).

(reconfigurability).

(components)

(granularities),

(image)

(application-level)

(modular-level)

(component-level)

/

(module)

(instruction-level)

(variable-

level)

3

WSNs [2].

3.1

(3)

- ○ + =

(Modular)

- ○ (modules).

(virtual machine)

- ○ (components) = /

« - »

(reconfiguration)

(loading)

(unloading)

MagnetOS. TinyOS

TinyOS
(component model)

Maté,
 TinyOS CVM (Contiki VM) Contiki.
 MantisOS, Contiki, Sensor Operating System (SOS), Bertha CORMOS
 Contiki
 SOS
 SOS,

3.2

WSN.

based). « » (event-
 « » (thread-based)
 « - »

« » (state-based), « » (object-based)
 «data-centric». state-based
 (concurrency), (reactivity)
 (reconfigurability).

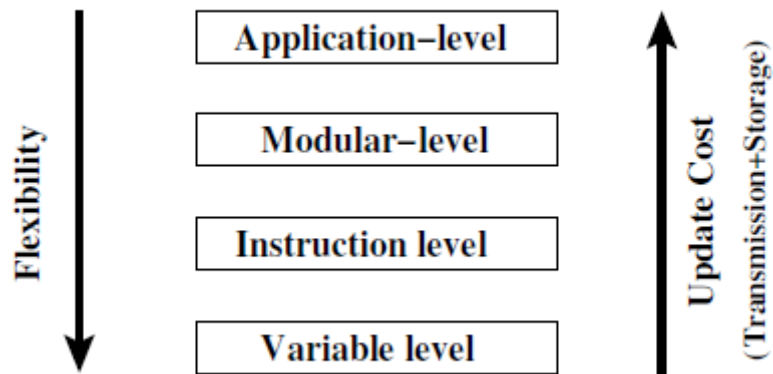
TinyOS, «component-based»
 nesC,
 « » (footprint), SOS, C

CORMOS. MantisOS.
 « »,

Contiki
 (). event-based
 (multi-threading),

3.3

« »
 »



3:

3.3.1 (application-level)

1. TinyOS:

TinyOS

« » (hard code transition)

TinyOS

TinyOS

Deluge MOAP multi-hop

TinyOS

(overhead),

TinyOS. TinyOS

(address-binded).

2. SenOS:

(transition-table)

3.3.2 _____ (modular or component level)

1. SOS:

SOS

(reconfigurability),

«loadable module systems».

«on-the-fly»,

(function control blocks). To SOS

«publish-subscribe»

MOAP,

Deluge, MOAP

« » SOS

2. MantisOS:

MantisOS

(software

reset).

MantisOS

«

» (remote login)

/

3. Contiki:

»
«
Contiki
Contiki
(overhead)
(position dependent).

3.3.3 Instruction level / variable level (instruction level / variable level)

1. Maté:

TinyOS

« » (component)

« » 24

TinyOS. Maté Trickle
Deluge

« - » (broadcasting)

2. Dynamically extensible Virtual Machine (DVM):

SOS,

(scripts),

4

WSN

[3].

4.1

(Single-hop vs multi-hop):

XNP,

multi-hop

multi-hop

:

(incremental)

« » *Incremental Network Programming*

Rsync,

(hardware independent). *Trickle*

Maté

nesC, *Maté*

Maté

nesC. *TinyCubus* *SOS*

MAC:

CSMA *TinyOS*. *Sprinkler*

TDMA

(throughput).

TDMA

(slots)

CSMA.

_____: *Sprinkler* *Firecracker*

(super-nodes)

super-nodes

MNP, *Deluge*

Pipelining (_____): *Deluge*, *MNP* *Agilla*

pipelining

multi-hop

MOAP

«

» (sliding

window).

4.2

(SEGMENTATION)

(PIPELINING)

pipelining

Deluge

MNP.

pipelining

(segments) (pages

Deluge)

«

» (source node)

pipelining

pipelining,

pipelining

(interference).

(

)

«

»

(power on)

pipelining

(*Deluge*). *MNP*
« »,

4.3 (BROADCAST STORMS) (HIDDEN TERMINALS)

(flooding), - « »

1. _____ (- ,).
2. _____ - _____ (- « »).

« », : « » (aggregation)
« » (negotiation). « »
» (three-way handshakes)

« » *Deluge* *MNP*. « »
(control overheads).

- Cluster-based:

Sprinkler.

- Counter-based: (counter)

(threshold),

(Trickle, Deluge).

▪ Negotiation-based:

(segments)

-
Deluge).

segment

ID (SPIN, MNP,

▪ Distance-based:

▪ Location-based:

(Agilla).

« »

(transmission range)

« »

« »

CSMA MAC

« »

TDMA

Sprinkler

TDMA

MAC.

TDMA

«

» (latency)

WSNs.

TDMA

MNP

4.4

NACK-based
ACK-based
ACK (acknowledgment)
single-hop
hops
Deluge *MNP* REQ NACK, *MOAP*,
»

4.5

»
Agilla,

4.6

- »
- _____: byte
 - _____:
 - _____:

■ _____ :

WSN

« »

■ _____ :

« »

■ _____ :

5.1 DELUGE

Deluge [4]

TinyOS.

:
(data objects)

· , « »

« » ().

, ·

, ()

, ·
,

· , ,

·

, *Deluge*

:

▪ « » (state)

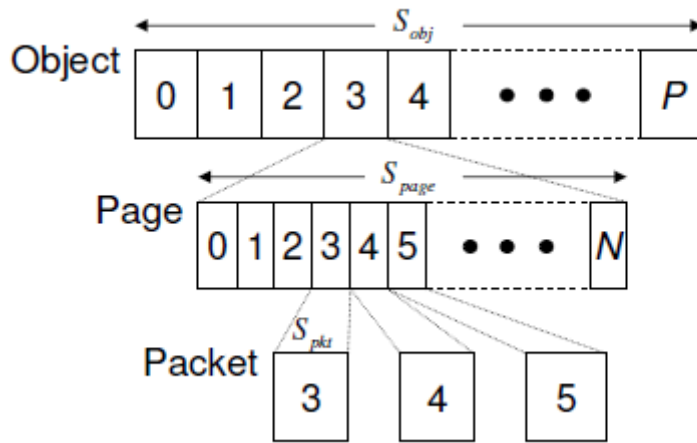
▪

▪ « » (spatial multiplexing).

,

,

·



4

Deluge

16-bit

CRC,

(CRCs).

(serialized).

« »,

().

5.1.1 _____

: *MAINTAIN*, RX TX.

5.1.1.1 MAINTAIN

MAINTAIN

() :

-
-

« » (maintain) ,

i
 i
 $0 \quad i[0,i)$
 $\{ , \}$,

Deluge *Trickle*

i m,i l k ,

r_i $[m,i /2, m,l]$.

:

.1 i $t = t_{i-1} + m,i-1$

$t_i + r_i$,

t_i , k $q =$.

.2 , i

 (. . . $q = /$

) , m,i l .

.3 i ,

 , m,l $min(2 * m,i-1 , h)$.

 ,

 () ,

:

.4 i ,

$t_i + r_i$ $q <$

t_i , k

($= \{ , \}$)

:

.5

$q = q >$,

RX

()

$p <$

$t = 2 *$

m, i , ()

$p \leq + 1$

$t = m, i$.

.6

$p \leq$,

TX.

Deluge

«

». *Deluge*

pipelining

d-hopes, d

d

$o(d * S_{obj})$,

pipelining

$o(d + S_{obj})$.

Deluge

(powered-on)

«

» «

».

5.1.1.2 REQUEST (RX)

RX

()

(SNACK),

bit-

« (density awareness) »

back-off

« » back-off

q

RX

(n = { , }, S

n RX):

R.1 t = * T_{tx} + r,

r ,

S.

R.2 q < ,

MAINTAIN + 1

R.3 p + 1

CRC,
MAINTAIN.

RX

Deluge

+ 1

5.1.1.3 TRANSMIT (TX)

TX

MAINTAIN.

Deluge

« »

(p):

T.1 g_k p tx $tx U$

T.2 tx « »

$= \{ \}$.

MAINTAIN.

5.2 MNP

- MNP* [5] *multi-hop* *TinyOS* :
- « - » (sender selection mechanism)
 - *pipelining*
 - « »
- MNP*
- « » (scalable).

5.2.1 _____

5.2.1.1

()

ReqCtr

0 1

» (download request)

» (advertisement) «

(download request).

(program ID) - (source ID

ReqCtr).

▪ *advertisement* ()).

download request ,

ReqCtr 1.

ReqCtr,

sleep-state.

« » *advertisement*

ReqCtr

sleep-state.

« »

sleep-state

timer. timer
advertise.

StartDownload « »

(, -),

sleep-state.

sleep-state).

« ».

■ _____ :

« » *advertisement*

download request,

download request

ReqCtr

5.2.1.2 _____

pipelining.

MNP,

(segments),

segment ID

pipelining

/

:

- advertisement download request
 , SegID (segment ID).
- download request ID
 , SegID 3
 1, 2.
- download request y,
 x, $y < x$,
 y . download request
- m y k
 x, $y < x$ k 1
 download request, m sleep-state.
 SegID.

5.2.1.3 « »

- StartDownload
 .
 download « » startDownload
 segment ID.
 , segment ID SegID , 1.
 download, - StartDownload
 , « » (parent).
 -
 -
 , -
 (time-varying link
 properties). -

MNP

download,

EEPROM.

« »

EndDownload

advertise.

fail,

query/update,

5.2.1.4 _____

MNP

bitmap

MissingVectot,

bit

MNP,

bitmap

ForwardVector,

MNP

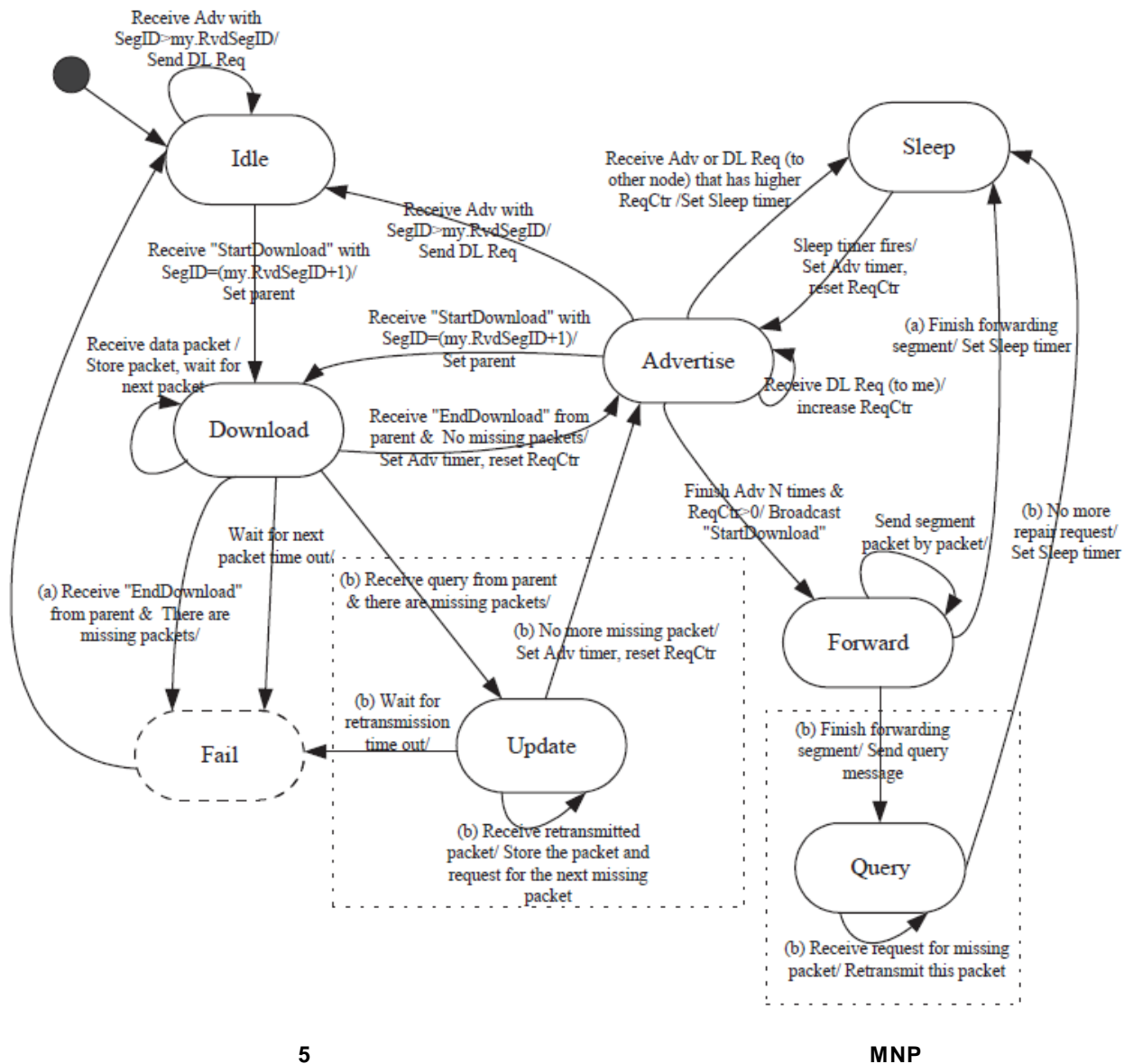
query/update

:

6

idle, download, advertise,

forward, sleep fail.



5

MNP

5.2.1.5 _____ (reboot)

advertisement

5.3 MOAP

MOAP [6]

Mica2

Ripple,

« »

« - » (unicast).

« » (sliding window).

5.3.1 Ripple

» (neighborhood-by-neighborhood basis). « »,
() -
- « ».
- *public-subscribe*.
- « » (publish)
« » (subscribe).

5.3.2 _____ (unicast)

« - » (broadcasting) /

5.3.3 _____ (sliding window)

« » (base). ,
(offset).

« » ,
extra *EEPROM I/O*.

5.3.4 _____

2-byte () 16 byte
- (base-station) *PUBLISH*,

SUBSCRIBE

« »

SUBSCRIBE,
Ripple,
EEPROM, *PUBLISH*,
SUBSCRIBE, (commit),
EEPROM,
 (,
unicast,
 « » *N*,
k,
k,
keepalive timer. timer :
 « » (*NACK-based*
)
broadcast,
 « »
broadcast,
Abort (
reset),
EEPROM.

Late Joiner.

Late Joiner

PUBLISH,

SUBSCRIBE.

5.4 FRESHET

Freshet [7]

idle

« »

« » (upload)

pipelining

Freshet

« » (blitzkrieg phase),

request-data handshake)

« » (advertisement-

« » (distribution phase).

« » *blitzkrieg phase*

distribution phase,

Freshet

« - » (meta-data)
(*quiescent phase*),

« »

5.4.1 _____

,
, « » (originators)
- (sources).

« »

, « »

,
« »

(tuples) (v, ρ, ρ_{max}) v
, ρ ρ_{max}

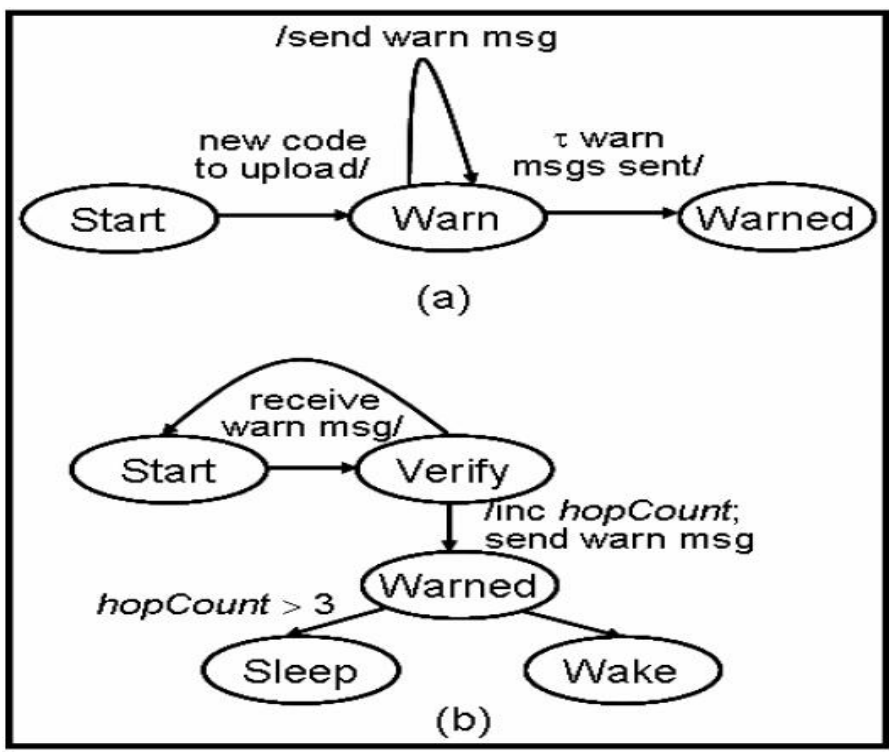
Freshet « »
,
,
:
:

5.4.1.1 Blitzkrieg phase (_____)

Freshet
, « »
(warning message), *advertisement, request* *broadcast data*
, *warning*
, « » (hops)
- *blitzkrieg*
,
hops *distribution.*

hops 1
 warning. « » warning
 timer. ,
 timer « » W
 warning ,
 hops original .
 « »
 warning. hops,
 timer « ».
 blitzkrieg, warning

warning.



6

blitzkrieg Freshet

blitzkrieg - (a b). (a)

warning. « »
warning - , *warning*
 « » .
 (b) « » *warning,*
meta-data
 ,
warning. , « »
 3 hops , .
tradeoffs « »
 « » *blitzkrieg.* *Freshet*
 3 hops .
 « »

5.4.1.2 Distribution phase (_____)

distribution
 . « »
warning *blitzkrieg,*
 « »
blitzkrieg. *distribution* « »
advertisement, request *broadcast code.*
 .
 « »
 ,
 ,
meta-data ,
 .
 « »
meta-data, « »

Freshet

« - »

« »

« »

5.4.1.3 Quiescent phase (_____)

quiescent

« »

quiescent

quiescent

*Freshet
based*

q

pull-

quiescent

« »

(b_n) .

time-slot

« »

$1/2$
 « »
tradeoff « »
 .
 , *warning* q .
 q ,
 « »
 . , ,
 « » ,
 . , « »
warning, hops
 , *warning*
 ,

5.5 STREAM

Stream [8] «
 »
 / .
 , *Deluge,*
 , *Stream* ,
 « » «
 », ,
 . , -
 « ».
FLASH
 .
StreamApplicationSupport (Stream-AS), -
StreamReprogrammingSupport (Stream-RS).
Stream-AS (generic)
TinyOS . *Stream-RS*
Deluge « » hop-by-hop .

Stream
« », *push-based* () *pull-based*,

5.5.1 _____

Stream
- *Stream-RS*,
Stream-RS
« 0». *Stream-AS*,
(+ *Stream-AS*) « 1». ,
 « 1», « 0»
 Stream-RS.

Deluge 11
, *Stream*

5.5.2 _____

, *Stream-RS* « 0»
Stream-AS « 1». « 1». - (base node).
Stream ,
:
1. *reboot* - , :
 « 0». :
a. - « 1» : « 0».
 reboot , : :
 « 0».

b. *reboot*,
 « 0».

2. *reboot*,
Stream-RS,
Stream-RS.

3. *Stream-RS*
 « »,
 « »

S IDs

4. ACK,
 « ».

5. ACK, ID
 S IDs

6. S
 « 1».

« 1» (Stream-AS)

« 1»

Stream-RS

« 0» , 2 6,

5.5.3 Stream-AS

Stream-AS,
 « 1»,

Stream-AS
 « 0 »
 1 2. « »
 Stream-RS.
 « » , Stream-AS,
 advertisement.
 « 0 » Stream-RS

5.5.4 Stream-RS

To Stream-RS - « 0 »
 « 1 »
 Deluge :
 Stream, « »
 Stream-RS,
 3
 6
 Stream
 S
 n_1 « »
 n_2 .
 n_2 , n_3 , n_2
 n_2 , n_1
 n_2 S
 « » n_1 , n_2
 « » n_1 .
 n_2 , « »

Stream-RS n_1 n_2 n_1 « ».

5.6 SYNAPSE

SYNAPSE [9]

(error recovery phase).

ARQ (HARQ)

(*incremental* redundancy). (overhead)

Fountain

(*Fountain*), *rateless*,

XOR

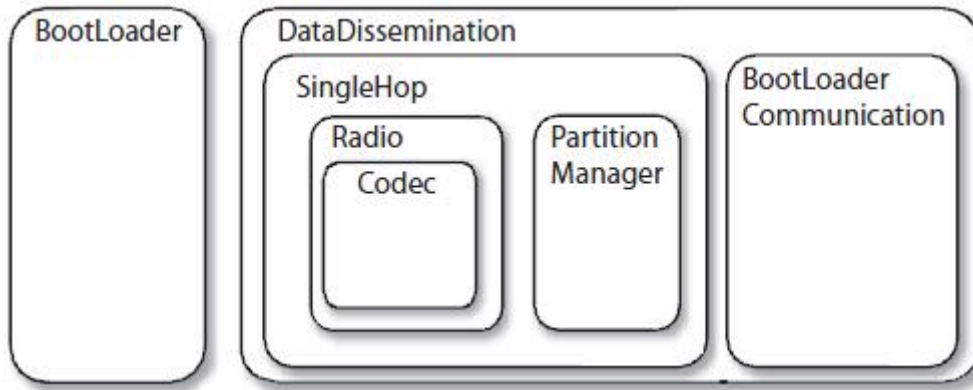
5.6.1 _____

blocks

SYNAPSE

(portable)

(modular)



7

SYNAPSE

macro-blocks: *BootLoader* *DataDissemination*,
micro-controller

single-task.

BootLoader *DataDissemination*

Information Memory,
reset.

FLASH,

BootLoader: O *BootLoader*

read write

FLASH

BootLoader Communication:

TinyOS (module)

TinyOS (

DataDissemination)

BootLoader.

reboot

DataDissemination:

DataDissemination

SingleHop

BootLoader Communication.

DataDissemination

, « ».

SingleHop: *DataDissemination*

SingleHop

/

SingleHop

DataDissemination

Radio:

Radio

:

- HARQ
- Codec, « »

Codec: Codec Fountain ,

Partition Manager: TinyOS FLASH.

5.6.2 Boot Loader

partitioning
FLASH

WORM (Write Once Read Many),

BootLoader, :

- Format FLASH.
- FLASH.
- FLASH.

FLASH
BootLoader DataDissemination,
runtime

BootLoader Communication

5.6.3 _____

transport blocks ,
RAM. transport blocks ,

Fountain , HARQ.

5.6.3.1 _____ (single-hop)

- , ARQ ,
HARQ ,

transport blocks

ARQ,

Fountain

rateless,

«

»

«on-the-fly»,

standard FEC

(forward error correcting codes).

$i + 1$

$r_1 = 4$ (

0,8

$p \approx 0,05 = 32$).

DECODE

G.

j (

i),

G,

DECODE

(NACK)

$r_j \cdot i$

NACKs

$= \min_j r_j$

G

$+ 1$

NACKs

ACK

i

transport block

« »

block.

synchronizer

« »

ACK

5.6.3.2 _____ (multi-hop)

advertisement. - back-off

,
.
advertisement,
, *request.*
(feedback suppression)
.
, - *single-hop*

advertisement/request (network
allocation vectors . NAV)

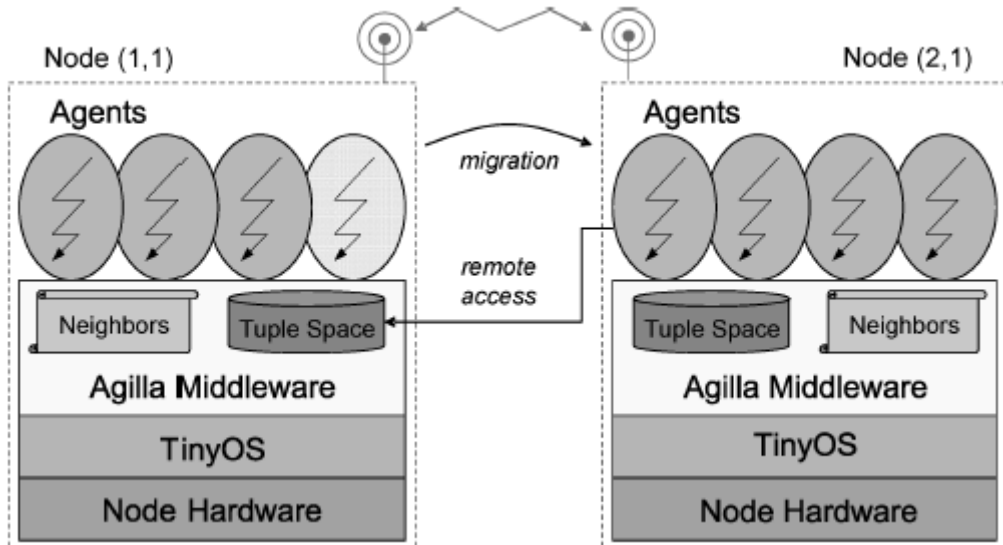
advertisement.
, , FEC
pipelining.

5.7 AGILLA

Agilla [10] *middleware* - (self-adaptive)
.
» (mobile agents). *Agilla*
(migrate) (clone)
,
, *Agilla*
(localized tuple spaces)
.
,
,
,
,
tuple spaces,
.

5.7.1 _____

Agilla



8

Agilla

(abstractions)

tuple space. Agilla

tuple space.

Agilla

_____ : *Agilla*

(weak).

(strong)

(overhead),

Tuple space: *tuple space* (shared),
 (tuples) «
 » (pattern-matching).

tuple space
 (local operations),
 (remote operations).
unicast

multi-hop

Agilla

tuple spaces hops.
tuple spaces, « » (reactions).
 (interrupt semantics) *template*
call-back function,
tuples *template*.

Location-based: *Agilla*,
 n_1 ,
 (x,y). *Agilla* *location-based* addressing

« »

(geographic routing),
tuple space

_____: *Agilla* *tuple space*,

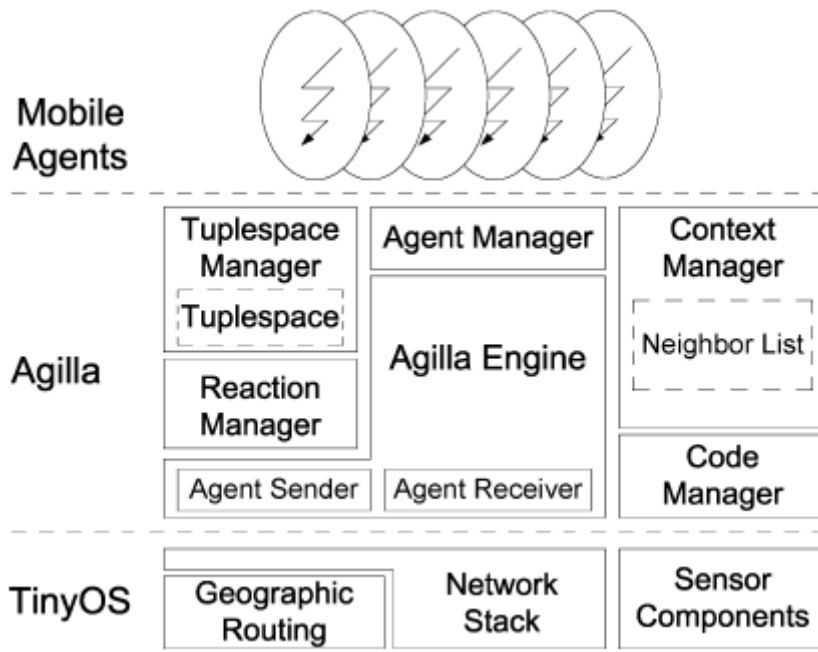
single-hop

_____ : *Agilla* « - »
 (self-heal) , « - »

5.7.2 _____ (middleware)

Agilla ,

Agilla,



9

Agilla

« » (engine) *Agilla*, « » (Virtual Machine kernel)

« » , *sleep, sense, wait,*

TinyOS. ,

TinyOS.

Agilla

TinyOS,

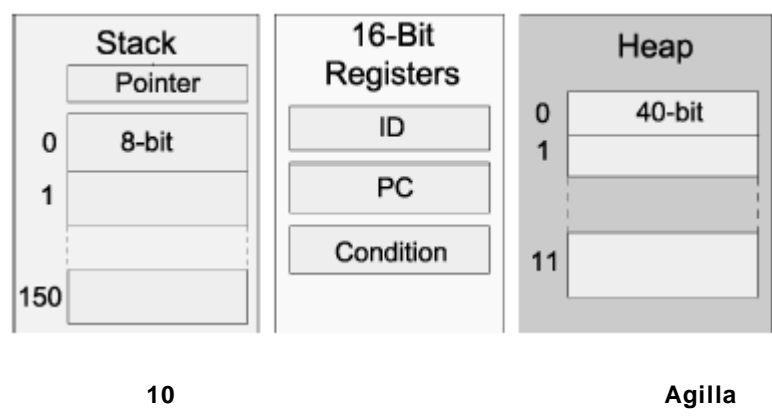
ACK hop. hop. flag-set

space (context), tuple

Agilla.

5.7.3

(heap) (registers), (stack),



Agilla byte. (random-access storage),

12

(PC) 16-bit : ID (condition code).

, ID, , .
ID.

, , , .

5.7.4 _____

Agilla

» , « -
:
»

tuple spaces

« »,

tuple space

tuple template

Agilla

: *smove* (strong move), *wmove* (weak move),
sclone (strong clone) *wclone* (weak clone). « » (strong),

, « » (weak)

6.1

(geographic routing)

, Agilla.

« Agilla. »

Agilla,

6.2

1. (-)

2. , -

q

3. (.),

100%

6.3

È

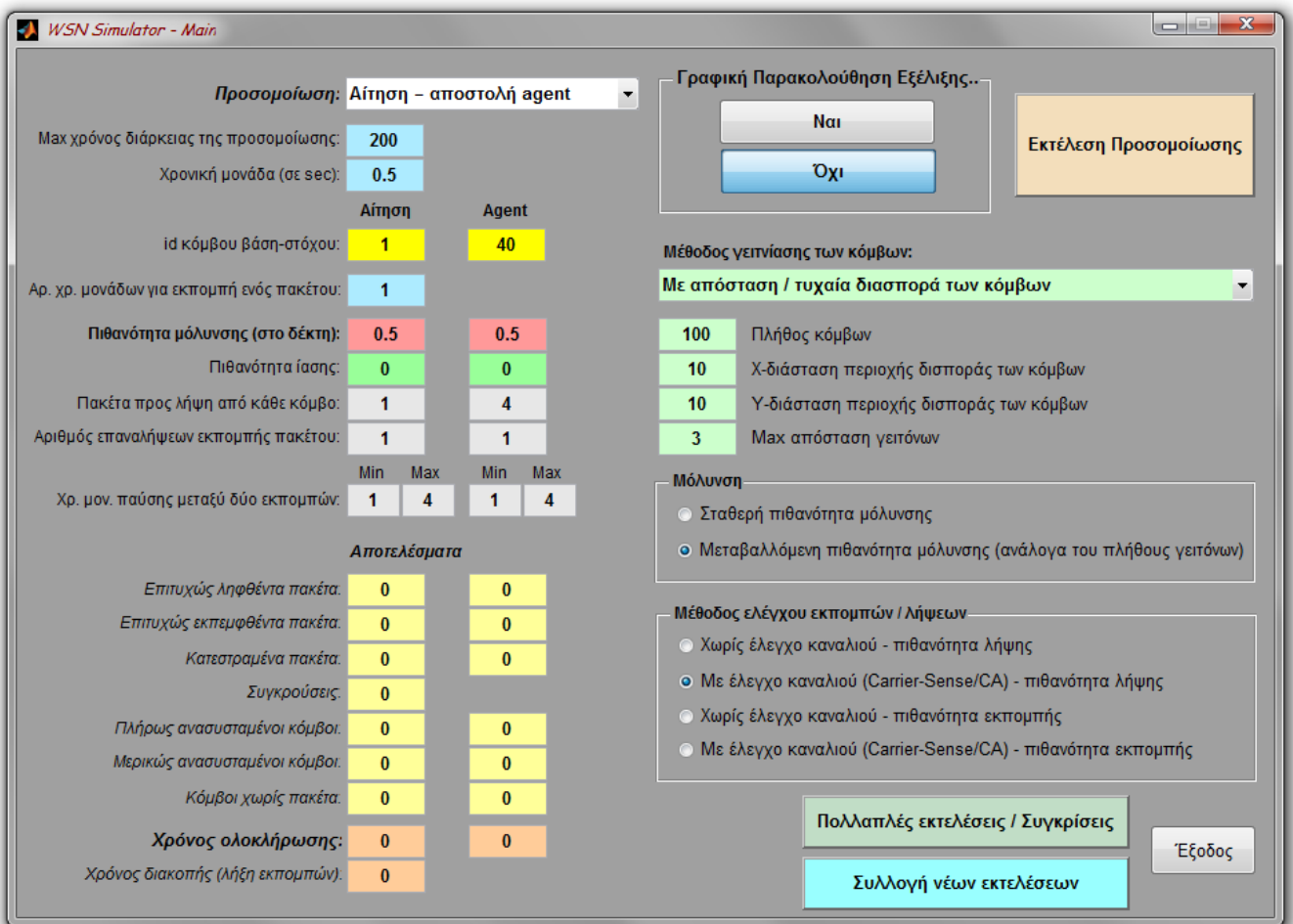
(.m, .fig, .mat),

WSNSim project,

3900

MATLAB

functions



11

« » « »
« »

- (feedbacks), « »
- (advertisements, requests, ACKs, NACKs)

- ()
- (/).

6.3.1 _____ / _____

1. _____ : _____
- _____ ().

- _____
- _____
- _____ ().

hop _____

_____ (),

_____ ().

-, , :

- .
- « » , ().

2. _____ (Carrier-Sense/CA) . _____ :

, , _____

_____.

:

- .
- .
- ().
- .

. ,

,

(

).

_____ ()

3. _____ :

,

_____ ()

, _____

:

- .
- .
- .

4. _____ (Carrier-Sense/CA) _____ :

_____ , _____ , _____
_____ . _____
_____ (_____) .

- _____
- _____
- _____ (_____) .
- _____

6.3.2 _____

« _____ »

hop

1. _____/_____:

{x,y}.

2. _____/_____:

« » (grid) {x,y}
()

3. _____/_____:

()
« »,

{x,y}

, « »

4. _____ / - _____ :

, « ».

(1), -

1.

« »

(1 2), (3 4), « »

1 (3 4),

1 2), « »

hop

« » (density)

« » (sparse)

« »

« »

« »

(partitions).

« »

6.3.3

1. _____:
- _____ : () « _____ . agent» (_____) . () « _____ », _____ .
2. Max _____:
- _____ » _____ .
3. _____ (_____ sec):
- _____ ,
- « _____ », _____ .
4. id _____:
- id* _____ - _____ - _____ .
- « _____ » _____ *id* _____ .
5. _____:
- _____ .
6. _____ (_____):
- _____ / _____ 3 4 ,
- _____ 1 2, _____ .
7. _____:
- _____ ,
- « _____ » _____ .
- « _____ » (_____) _____ .

8. _____:

(agent),
« »,
(agent).

« »,

9. _____:

10. _____:

/ ,

« »

« »,

min *max*

11. _____/_____:

2 (/),

()

« »

12. (,)- _____/_____

(,)- _____:

x y

2 ,

(

).

2

10 15

1, x-

10) y- 9 (0 9 1
 14.
 9×14 $10 \times 15 = 150.$

13. Max _____ / _____ :

3 4

14. _____ :

», («
) ,
 (/), ,
 .
 ,
 (2
), ,
 0,1 100 ,
 4 18,
 « » 10 .
 0,5 /
 , « » 4 ,
 « » 2 , « » 18 « » 9.
 « » 4, « »
 0,5 (3 2) « »
 18, (6 9),
 0,5.
 :
 ▪ ()
 ▪
 ▪ (3 4),
 , {x,y} ()
 1 2)

6.3.4 _____

, 2 :

1. _____

		Αποτελέσματα		
Επιτυχώς Ληφθέντα πακέτα.	48		164	<input checked="" type="radio"/> Μεταβλ
Επιτυχώς εκπεμφθέντα πακέτα.	39		135	
Κατεστραμμένα πακέτα.	0		0	
Συγκρούσεις.	353			
Πλήρως ανασυσταμένοι κόμβοι.	0		23	
Μερικώς ανασυσταμένοι κόμβοι.	0		26	
Κόμβοι χωρίς πακέτα.	49		0	
Χρόνος ολοκλήρωσης:	7		34	ΟΛΟΚΛΗΡΩΘΗΚΕ!!
Χρόνος διακοπής (λήξη εκπομπών):	0			

Μέθοδος ελ
 Χωρίς έ
 Με έλεγ
 Χωρίς έ
 Με έλεγ

12

- _____ : _____ (_____)
 « _____ agent», _____)

- _____ : _____
 (« _____ » _____)
 _____)

- _____ :

3

t,

t + 1 t + 2

« »

■ : ()

■ :

()

« agent»,

()

-

(-)

■ :

()

■ :

■ :
 « . agent»,
 ,
 - (),
 - , ,
 ,
 - (,
 « »). « »,
 ,
 ,
 (« »)
 ()
).

■ ():
 « . agent»,
 :
 ○ « » -
 « » (sparse),
 -
 ,
 () ,
 - .
 ○ q
 (-). ,
 ,
 - ,
 ,
 ,
 q
 - .

« »,

,

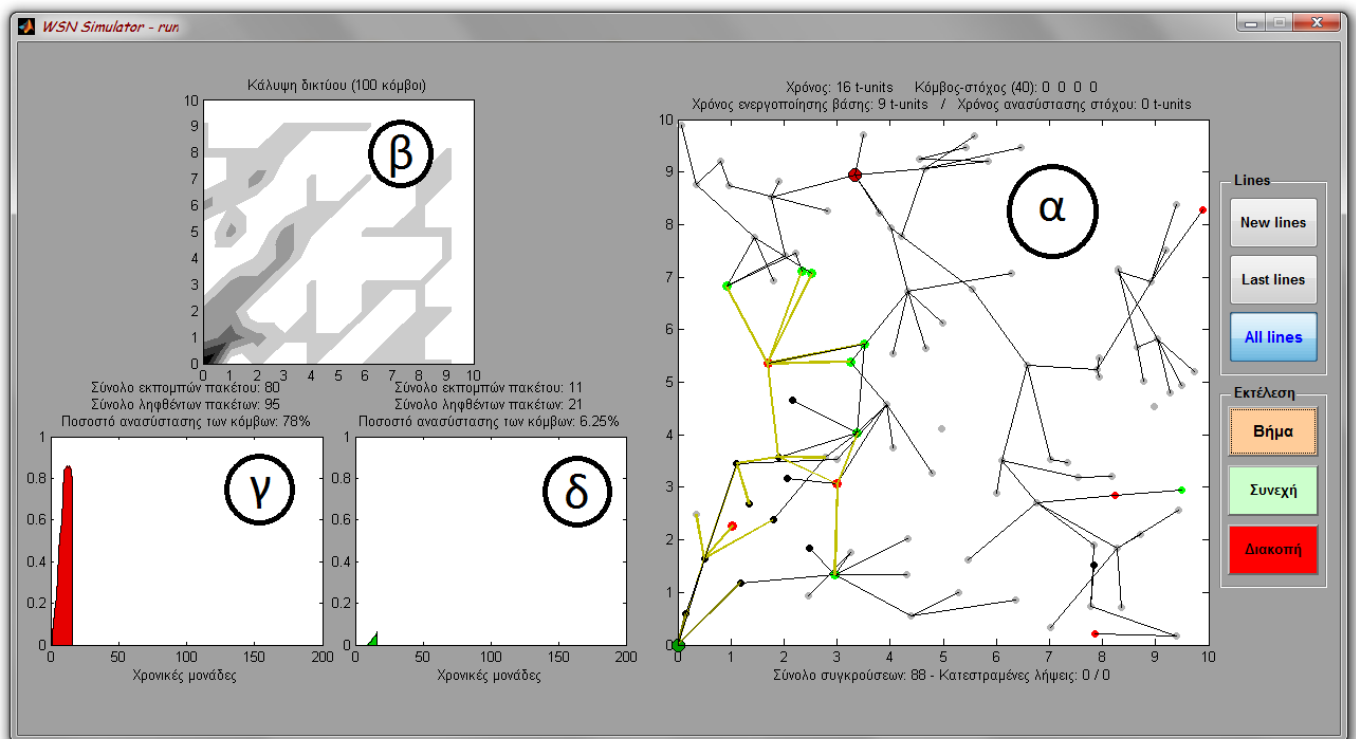
-

«

».

2. _____ :

(x ,
).



()

,

.

,

,

:

,

,

,

()

.

,

,

(all lines),

«new lines»,

,

(last

lines),

.

()

.

,

,

().

()

,

(

«

.

agent).

,

()

.

,

,

:

■

(

)

- (,)

- bit-map

-
-
-

button « » (),
« » ,

button. ,

button « » ,

button « »

6.3.5

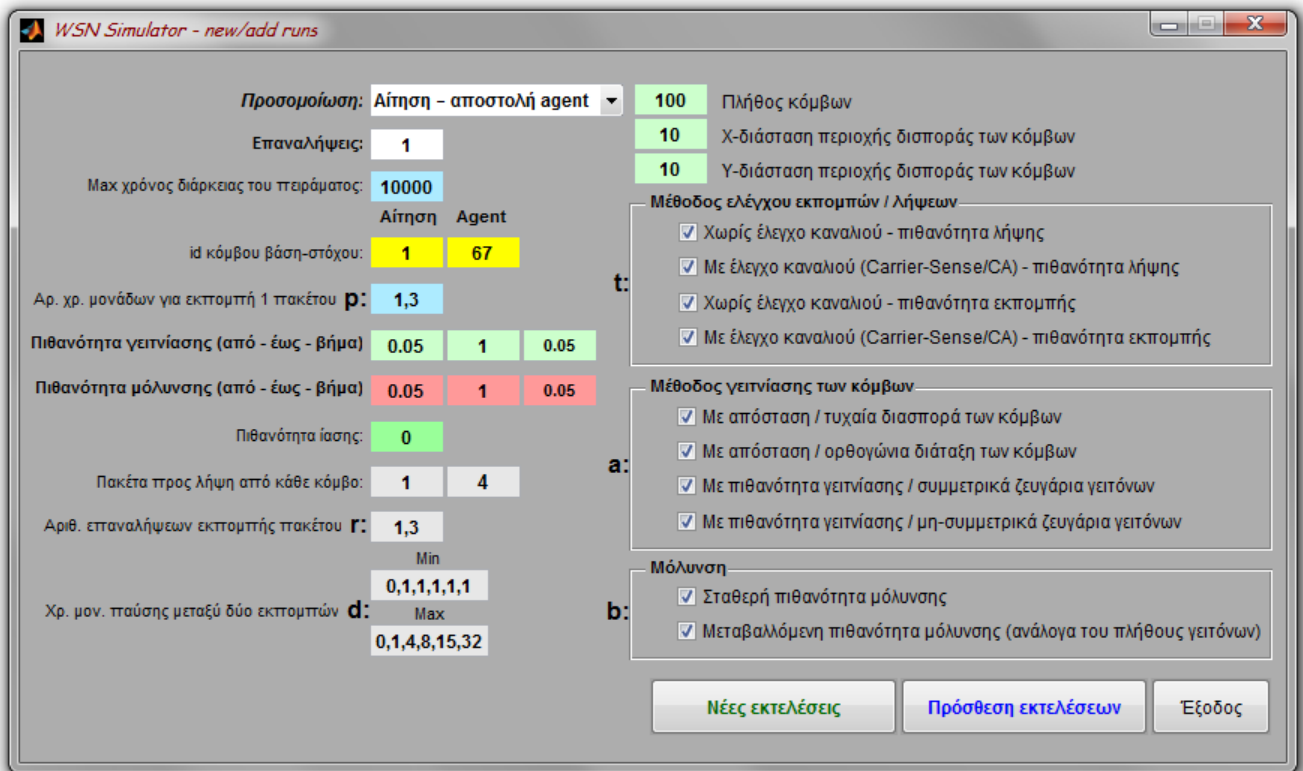
() ,
workspace (MATLAB),

() .
/ ,
.

6.4

È

,
/ *Agilla*,
/



14

workspace

:
 ■ : **Ē agent**
 ■ (): **(1)**

- Max (): 10000
- : 100
- - : 10
- - : 10
- (
- , 9, 10
- , 1,
- 100)
- id : 1 . 67
- : 1 () . 4 ()
- : 0 ()
- / , :
- / : (4)
- : (4)
- : 2
- : 0,05 1 0,05 (20)
- : 0,05 1 0,05 (20)
- ,
-)
- (1) : 1 , 3
- : 1 , 3
- : (0,0), (1,1), (1,4), (1,8), (1,15),
- (1,32) - 6 (min,max)

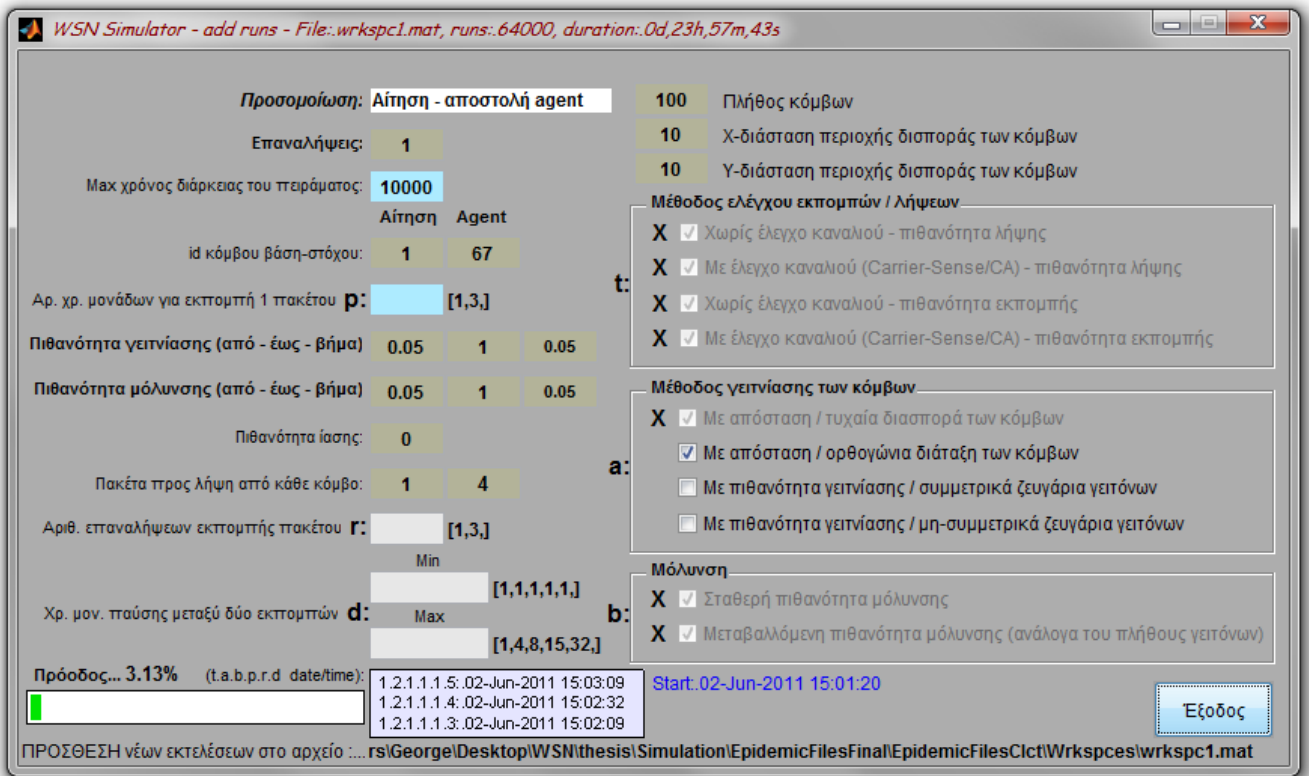
«

»,

4 x

$$4 \times 2 \times 20 \times 20 \times 2 \times 2 \times 6 = 307200$$

/



15

307200

4

4

6.5

WSN Simulator - multiple data - File: wrkspc424226.mat, runs: 307200, duration: 4d, 4h, 44m, 31s.

Μέθοδος ελέγχου εκπομπών / λήψεων

- 1 Χωρίς έλεγχο καναλιού (πθ. λήψης)
- 2 Carrier-Sense/CA (πθ. λήψης)
- 3 Χωρίς έλεγχο καναλιού (πθ. εκπομπής)
- 4 Carrier-Sense/CA (πθ. εκπομπής)

Μέθοδος γεννήσεως των κόμβων

- 1 Με απόσταση / τυχαία διασπορά
- 2 Με απόσταση / ορθογώνια διάταξη
- 3 Με πθ. γεννήσεως / συμμετρικά ζευγάρια
- 4 Με πθ. γεννήσεως / μη-συμμετρικά ζευγάρια

Μόλυνση

- 1 Σταθερή πιθανότητα μόλυνσης
- 2 Μεταβαλλόμενη πιθανότητα μόλυνσης

Χρονικές μονάδες εκπομπής (t) πακέτου

1 1
2 3

Αριθμός εκπομπών ίδιου πακέτου

1 1
2 3

Χρονικές μονάδες παύσης εκπομπής

	Min	Max
1	0	0
2	1	1
3	1	4
4	1	8
5	1	15
6	1	32

Περιοχές τιμών μόλυνσης / γεννήσεως

0.05 - 1 (b) Τιμές μόλυνσης
0.05 - 1 (a) Τιμές γεννήσεως (granularity: 0.05)

Επιπρόσθετοι περιορισμοί

Επιτυχίες >= 0.1 %
Χρόνος <= 10000 χρ.μονάδες
Αρ.ανασ. Κόμβων >= 0
Ληφθ. πακέτα <= 10000
Εκπ. πακέτα <= 10000

Αρχικές επιλογές/τιμές

Ταξινόμηση...

Επιτυχίες | Χρόνος (μέση τιμή) | Ανασώσταση (Αρ.Κ.) | Ληφθέντα πακέτα | Εκπεμφθέντα πακέτα

	Εκπελάσεις t/a/b/p/r/d	Επιτυχίες Αριθμός	Επιτυχίες (%)	Χρόνος Μέση τιμή	Ανασώσταση Αρ.Κόμβων	Πακέτα Ληφθέντα	Πακέτα Εκπεμφθέντα
1	4i3i1i1i1i6	386	(96.5%)	134.17	66.59	445.89	226.18
2	4i3i2i1i1i6	384	(96%)	139.57	65.17	444.80	226.20
3	4i3i1i1i1i5	381	(95.25%)	115.88	62.52	442.31	241.23
4	4i3i2i1i1i5	376	(94%)	115.30	62.20	441.08	239.75
5	4i3i1i1i1i4	373	(93.25%)	100.75	60.11	437.91	250.69
6	4i3i2i1i1i4	368	(92%)	99.31	62.28	440.81	251.54
7	4i4i1i1i1i5	360	(90%)	114.70	62.11	529.16	223.37
8	4i4i1i1i1i5	357	(89.25%)	116.90	62.71	531.89	226.98
9	4i4i1i1i1i4	357	(89.25%)	104.19	59.42	531.45	234.03
10	4i4i2i1i1i6	357	(89.25%)	153.02	63.79	530.08	224.66
11	4i4i1i1i1i4	356	(89%)	102.46	58.03	527.58	229.81
12	4i4i2i1i1i3	356	(89%)	90.44	60.23	543.25	238.62
13	4i4i1i1i1i6	355	(88.75%)	154.43	65.67	530.24	226.50
14	4i4i1i1i1i3	353	(88.25%)	95.30	62.46	549.19	248.79
15	4i4i1i1i1i1	347	(86.75%)	81.06	64.62	553.72	254.15
16	4i4i1i1i1i2	347	(86.75%)	84.41	66.73	556.49	259.27
17	4i3i2i1i1i3	344	(86%)	98.57	60.20	438.80	266.70
18	4i3i1i1i1i3	341	(85.25%)	94.73	57.50	435.97	261.70
19	4i4i2i1i1i2	338	(84.5%)	83.72	66.25	568.52	260.58
20	4i4i2i1i1i1	335	(83.75%)	84.36	66.59	552.67	257.15
21	4i3i1i1i2i6	303	(75.75%)	413.13	67.81	450.19	763.48
22	4i3i2i1i2i6	301	(75.25%)	427.26	69.14	451.61	778.29
23	4i2i1i1i1i6	300	(75%)	167.11	81.26	474.85	226.94
24	2i3i1i1i1i6	299	(74.75%)	123.08	56.57	414.86	259.72
25	2i3i2i1i1i6	298	(74.5%)	126.69	59.41	421.28	266.40
26	2i4i1i1i1i6	296	(74%)	130.88	58.16	485.98	251.67
27	4i3i1i1i2i5	296	(74%)	334.18	64.68	448.29	783.73
28	2i4i2i1i1i6	294	(73.5%)	131.78	58.32	490.32	250.51
29	4i3i2i1i1i1	291	(72.75%)	88.23	55.63	430.99	283.34
30	4i3i2i1i1i2	291	(72.75%)	89.62	58.09	433.31	282.33

Επιτυχίες (μέσος όρος για κάθε περίπτωση)

Γραφήματα

- από Γενικές Επιλογές (σύνολο τιμών πίνακα)
- από επιλεγμένες τιμές πίνακα

2-D | 3-D | rotate3D-OFF

Έξοδος

Ανανέωση τιμών ως προς...

Εκπελάσεις Συνδυασμών t | a | b | p | r | d | Ζευγάρια Πιθανοτήτων b | a (μόλυνση | γεννήσεως)

- 1. $\frac{6}{(t/a/b/p/r/d)}$ button
- 2. (b/a) button

-
-
-

toggle-buttons

buttons

b/a.

2-D

3-D,

t/a/b/p/r/d,

t/a/b/p/r/d

100%

2

«100%

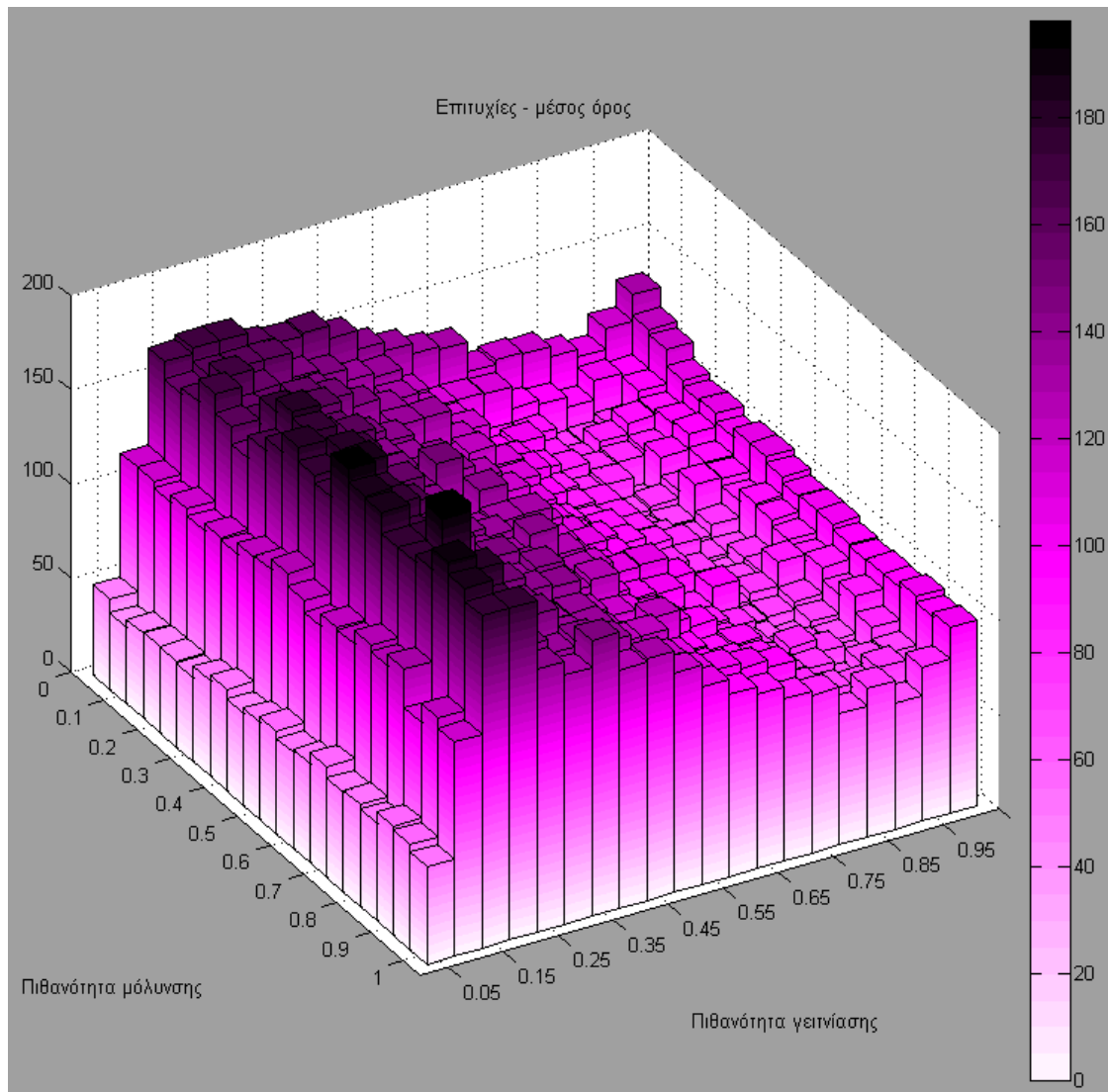
»

/

6.5.1 1

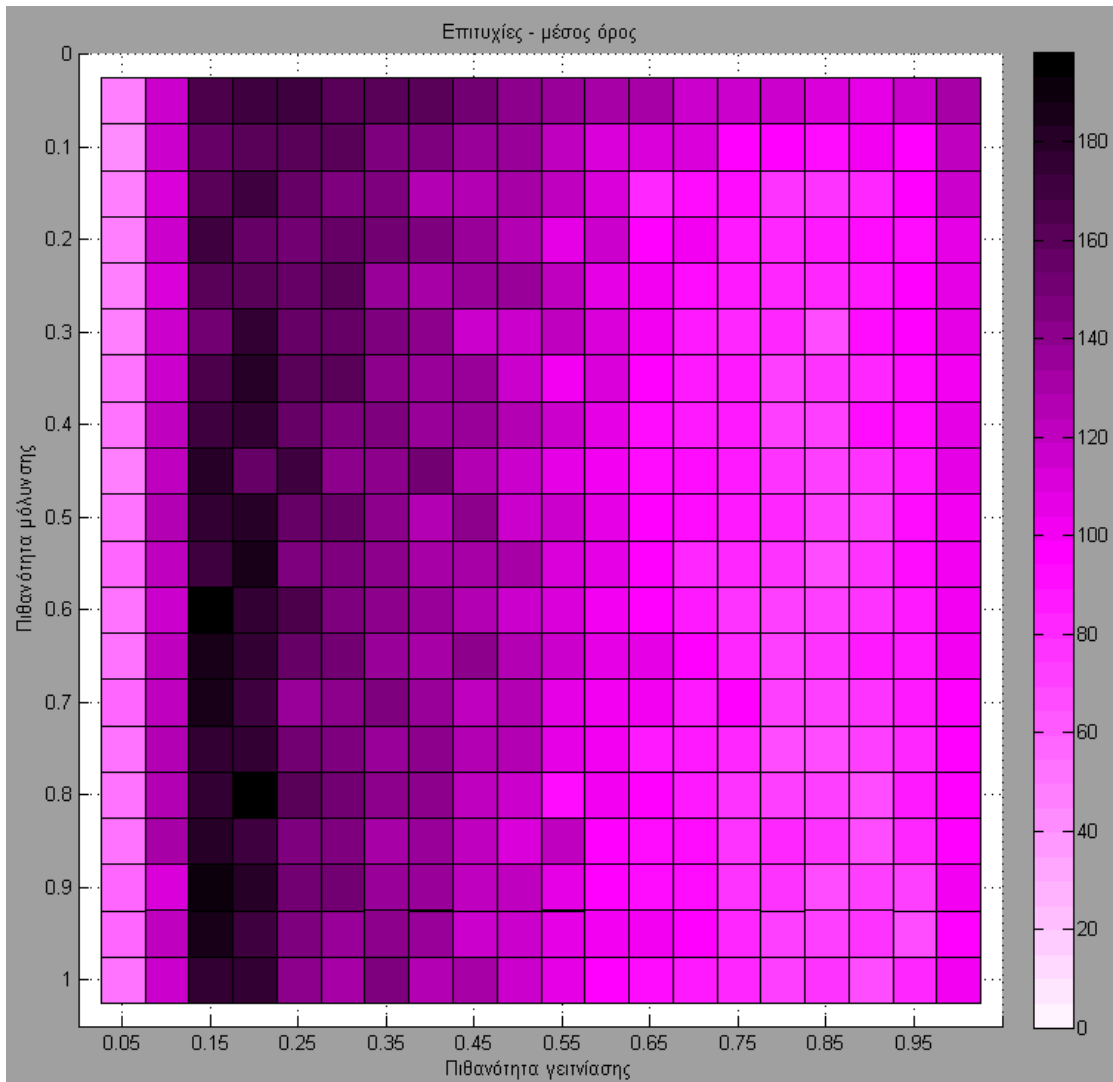
1:

3-D « »
(toggle-buttons),
3-D button



17 3-D

«checkers» (3-D).



18

«checkers»

[0.1 - 0.5] (

).

«

t/a/b/p/r/d» (

button).

2:

(1),

/ (t) 3

4,

(a) 3 4,

(d)

3, 4, 5, 6

(p) 1.

	Εκτελέσεις t/a/b/p/r/d	Επιτυχίες Αριθμός	Επιτυχίες (%)	Χρόνος Μέση τιμή	Ανασύσταση Αρ.Κόμβων	Πακέτα Ληφθέντα	Πακέτα Εκπεμφθέντα
1	4|3|1|1|1|6	179	(99.4444%)	106.40	54.89	429.53	248.80
2	3|3|2|1|2|6	179	(99.4444%)	208.59	55.78	446.29	1010.49
3	4|3|2|1|1|6	178	(98.8889%)	103.74	55.88	431.96	245.52
4	3|3|1|1|2|6	178	(98.8889%)	214.48	58.05	449.16	1015.99
5	4|3|1|1|1|5	177	(98.3333%)	82.46	50.77	424.29	252.85
6	4|3|1|1|1|4	173	(96.1111%)	69.05	49.80	422.98	268.14
7	4|3|2|1|1|5	173	(96.1111%)	80.06	54.28	428.24	255.86
8	4|3|2|1|1|4	171	(95%)	67.69	52.37	426.95	270.07
9	4|3|2|1|1|3	161	(89.4444%)	66.17	49.60	422.40	285.78
10	4|3|1|1|1|3	160	(88.8889%)	65.06	50.79	424.86	282.81
11	4|4|2|1|1|5	160	(88.8889%)	86.55	54.98	555.03	250.34
12	3|4|1|1|2|6	160	(88.8889%)	212.91	54.22	665.64	978.26
13	4|4|1|1|1|4	158	(87.7778%)	73.18	50.59	546.37	252.43
14	4|4|1|1|1|5	158	(87.7778%)	88.41	53.54	555.41	253.03
15	4|4|2|1|1|4	157	(87.2222%)	73.01	51.94	553.35	254.79
16	4|4|2|1|1|6	157	(87.2222%)	117.85	53.54	549.15	247.16
17	4|2|1|1|1|6	156	(86.6667%)	124.35	73.74	466.46	265.26
18	4|4|1|1|1|3	156	(86.6667%)	68.22	56.84	576.11	278.32
19	4|4|2|1|1|3	156	(86.6667%)	61.17	56.05	572.56	265.72
20	4|4|1|1|1|6	155	(86.1111%)	118.46	56.77	557.07	249.72
21	1|3|1|1|2|6	155	(86.1111%)	212.32	50.00	431.37	1051.32
22	1|3|2|1|2|6	154	(85.5556%)	210.98	51.81	435.66	1066.40
23	3|4|2|1|2|5	154	(85.5556%)	139.94	53.75	688.53	1025.32
24	3|4|2|1|2|6	153	(85%)	203.78	49.99	648.03	946.71
25	4|4|1|1|1|2	151	(83.8889%)	56.28	49.90	572.17	279.58

19

[0.1-0.5]

(t: 1,2), (a: 1,2), (p: 3) (d: 1,2) (t/a/b/p/r/d »).

3:

1,

3-D

[0.05

- 0.5]

[0.15 - 0.5].

4:

7

(100%).

[0.05-0.5]

[0.15-0.5]

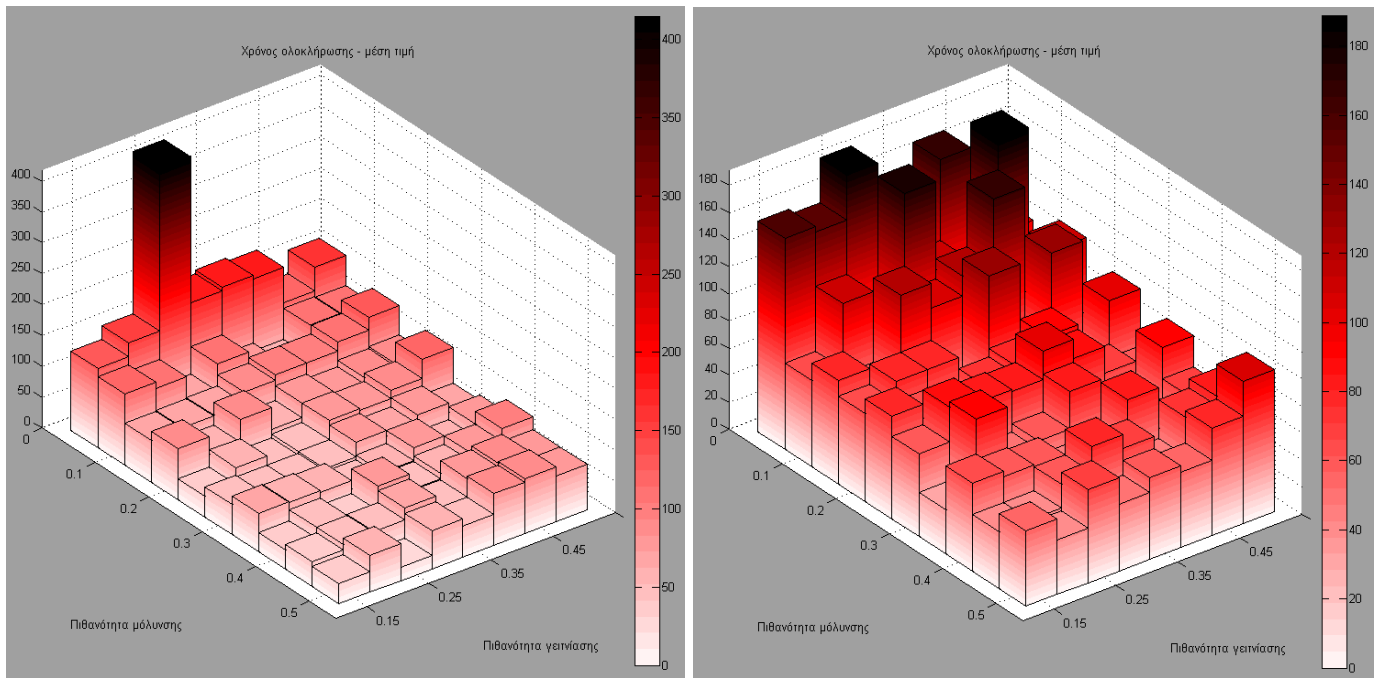
67 () 1 () 67
 100% , 100 (/
 3 .
 ,
 x,y).

	Εκτελέσεις t/a/b/p/r/d	Επιτυχίες Αριθμός	Επιτυχίες (%)	Χρόνος Μέση τιμή	Ανασύσταση Αρ.Κόμβων	Πακέτα Ληφθέντα	Πακέτα Εκπεμφθέντα
1	4|3|1|1|1|5	80	(100%)	104.39	49.59	426.89	233.89
2	4|3|2|1|1|3	80	(100%)	82.36	55.41	436.54	274.89
3	4|3|2|1|1|4	80	(100%)	82.44	52.68	430.06	250.43
4	4|3|2|1|1|5	80	(100%)	100.43	55.89	436.83	243.90
5	4|3|2|1|1|6	80	(100%)	129.14	57.28	437.44	226.18
6	3|3|1|1|2|6	80	(100%)	237.69	59.90	451.69	998.98
7	3|3|2|1|2|6	80	(100%)	229.34	58.91	449.59	990.23
8	4|3|1|1|1|3	79	(98.75%)	80.19	55.15	437.72	272.49

20

100%

5:
 « », 100
 toggle-button « ()».
 (4/3/2/1/1/3),
 « ».
 (4/3/2/1/1/4) 3-D



21 3-D

(): 4/3/2/1/1/3 ,

(): 4/3/2/1/1/4

6 - :

() .

(

0.05)

: [0.25 - 0.5]

[0.15 - 0.3]

	Εκτελέσεις t/a/b/p/r/d	Επιτυχίες Αριθμός	Επιτυχίες (%)	Χρόνος Μέση τιμή	Ανασύσταση Αρ.Κόμβων	Πακέτα Ληφθέντα	Πακέτα Εκπεμφθέντα
1	4|3|2|1|1|3	24	(100%)	49.92	44.63	418.25	280.63
2	4|3|2|1|1|4	24	(100%)	61.92	63.08	445.38	286.13
3	4|3|1|1|1|5	24	(100%)	65.04	39.13	405.92	237.38
4	4|3|2|1|1|5	24	(100%)	69.92	53.63	434.17	271.17
5	4|4|1|1|1|5	24	(100%)	75.38	59.92	533.88	269.25
6	4|3|2|1|1|6	24	(100%)	82.92	44.21	420.71	232.71
7	4|3|1|1|1|6	24	(100%)	103.88	49.71	431.04	273.42
8	3|3|2|1|2|5	24	(100%)	127.75	55.50	445.58	1057.08
9	3|3|1|1|2|5	24	(100%)	131.29	59.75	449.08	1071.33
10	3|3|2|1|2|6	24	(100%)	190.63	55.92	445.38	977.17
11	3|3|1|1|2|6	24	(100%)	204.67	60.42	452.29	1012.00

22

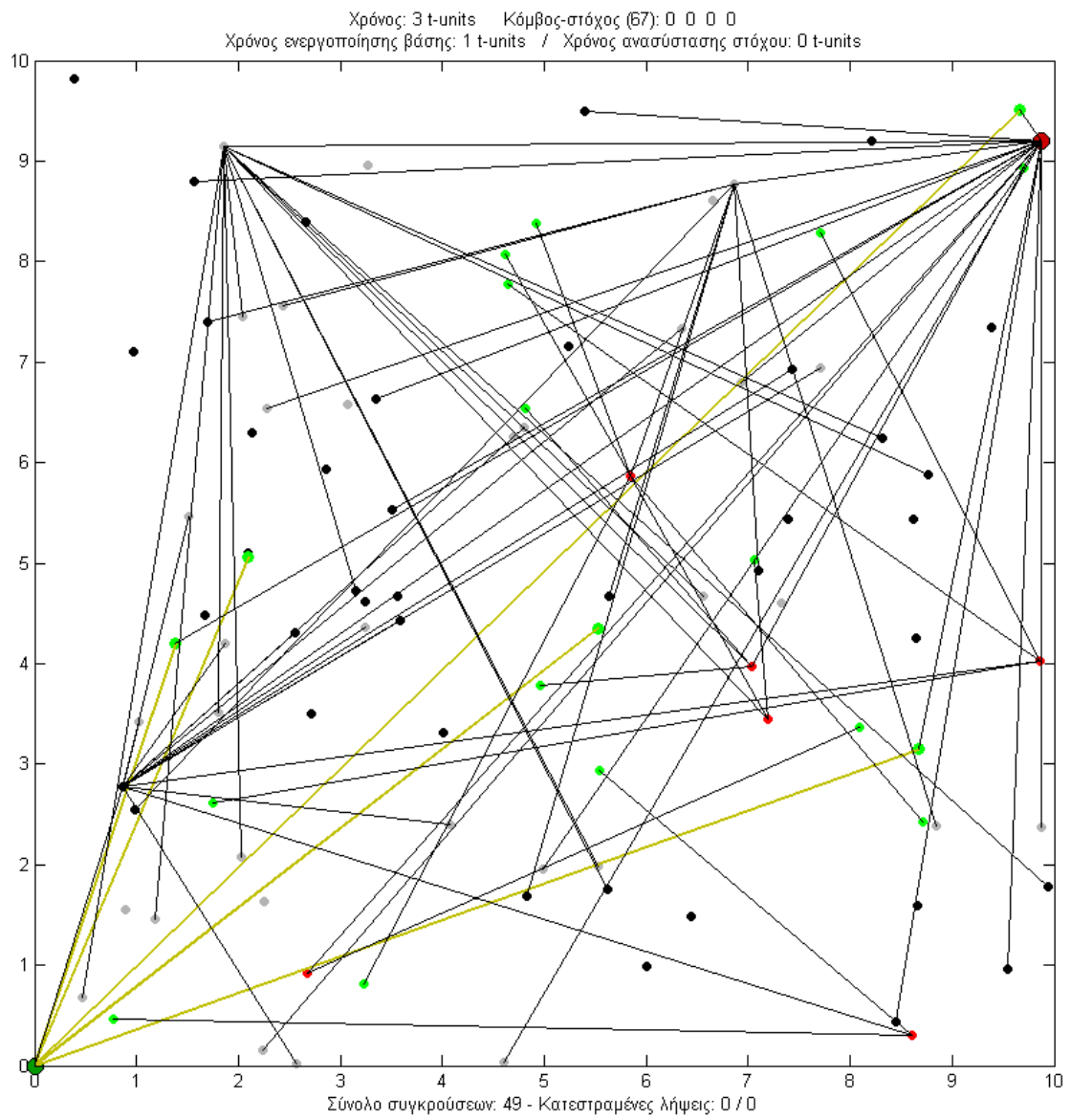
(1)

100%

4/3/2/1/1/3

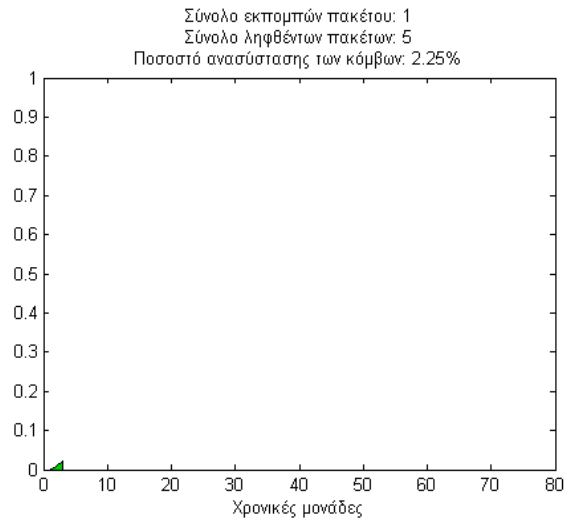
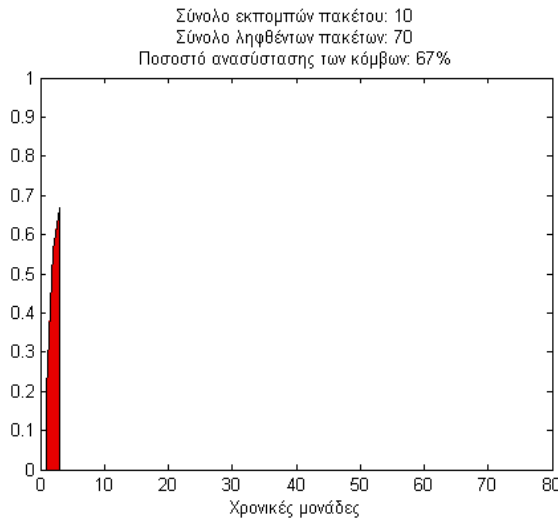
0.2.

0.4

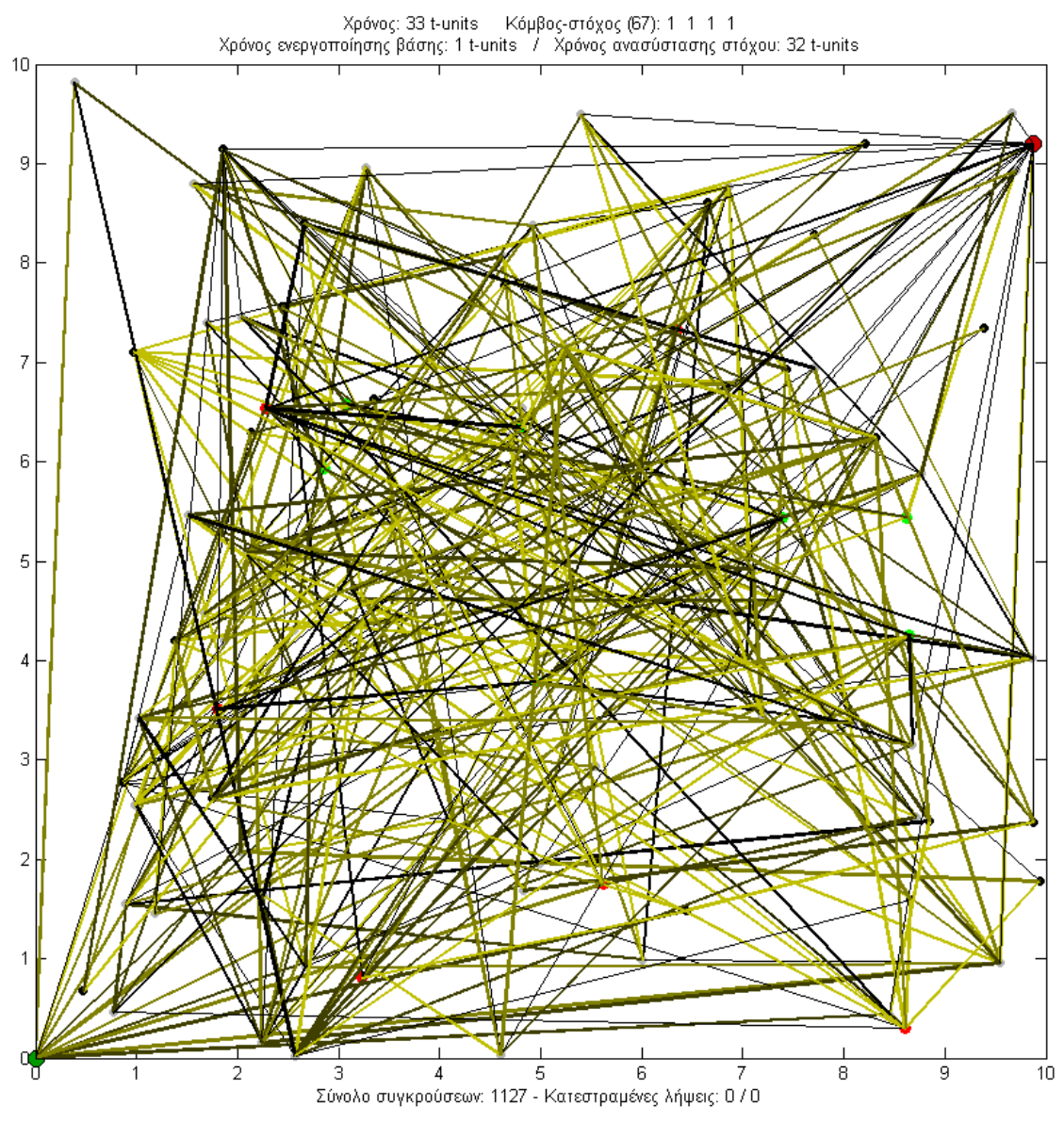


23

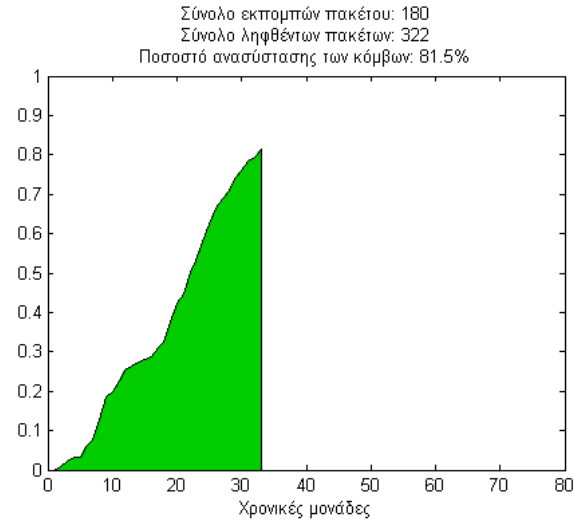
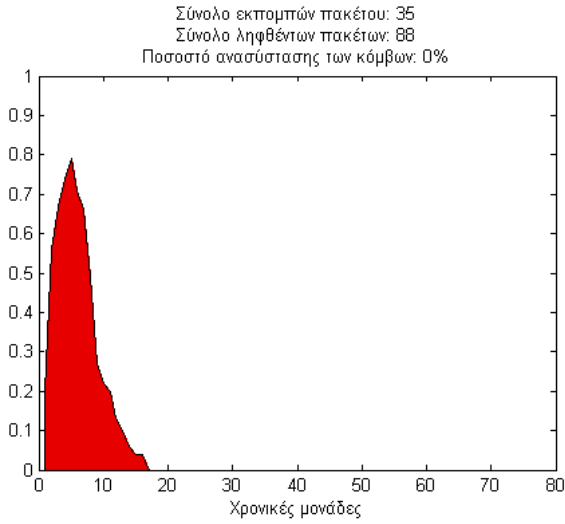
(: 4/3/2/1/1/3Eb:0.4/a:0.2) / t-units=3



24 (: Ë :) / t-units=3



25 (: 4/3/2/1/1/3Ëb:0.4/a:0.2) / t-units=33 ()



26

(: Ë :) / t-units=33

()

6.5.2 2

9 x 9

100

« »

/

- .

(1),

1.9 (

0.15).

:

-

id 67

,

(

)

(id 1).

,

,

(

)

(100%),

1: « / » (a: 2),
 (t: 3). ,
 (p: 1) 0.15.

2: 100%
 100

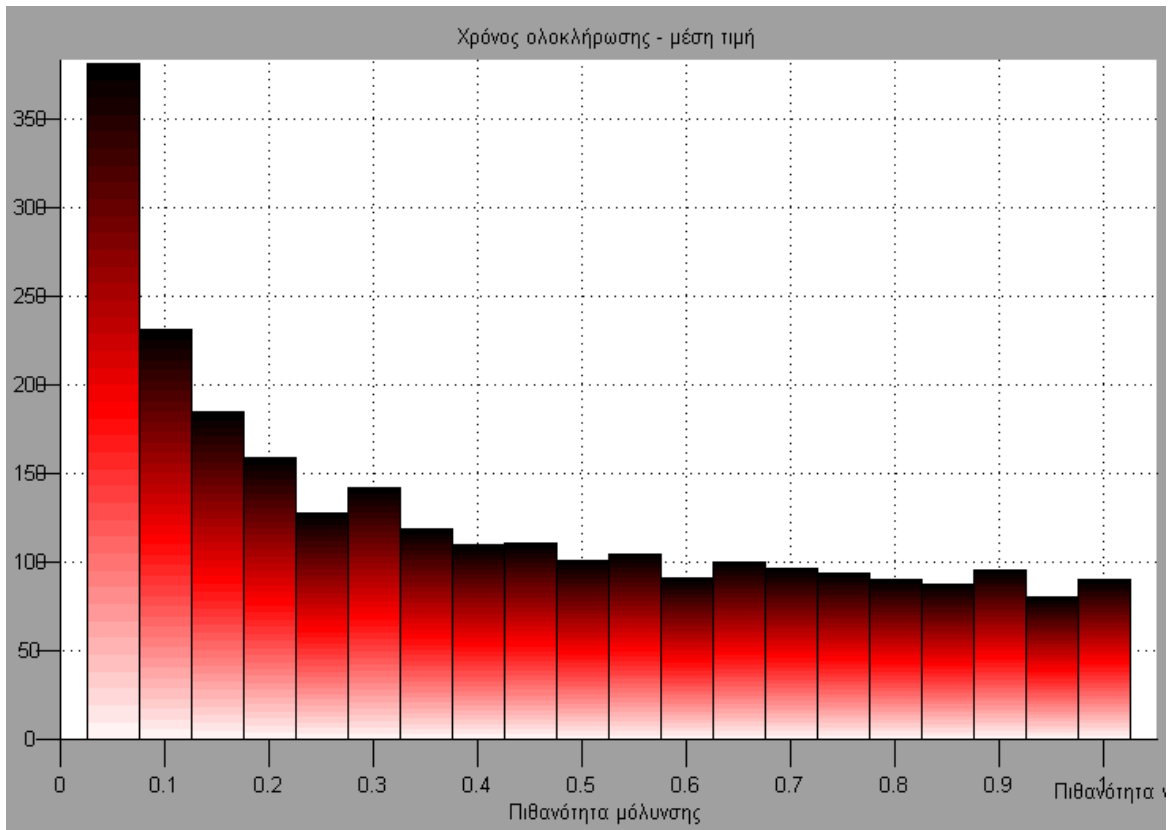
toggle-button « ()».

	Εκτελέσεις t/a/b/p/r/d	Επιτυχίες Αριθμός	Επιτυχίες (%)	Χρόνος Μέση τιμή	Ανασύσταση Αρ.Κόμβων	Πακέτα Ληφθέντα	Πακέτα Εκπεμφθέντα
1	3|2|2|1|2|4	20	(100%)	129.70	65.20	459.40	1239.80
2	3|2|1|1|2|5	20	(100%)	164.25	61.15	455.15	1188.25
3	3|2|1|1|2|6	20	(100%)	247.05	60.90	453.80	1107.00
4	3|2|2|1|2|6	20	(100%)	254.50	62.60	456.25	1133.00

27 100% (2)

3/2/2/1/2/4.

3. :
 3-D ,
 « ».
 button «rotate3D-on»
 «Colorbar» ,



28

(3/2/21/2/4)

0.85.

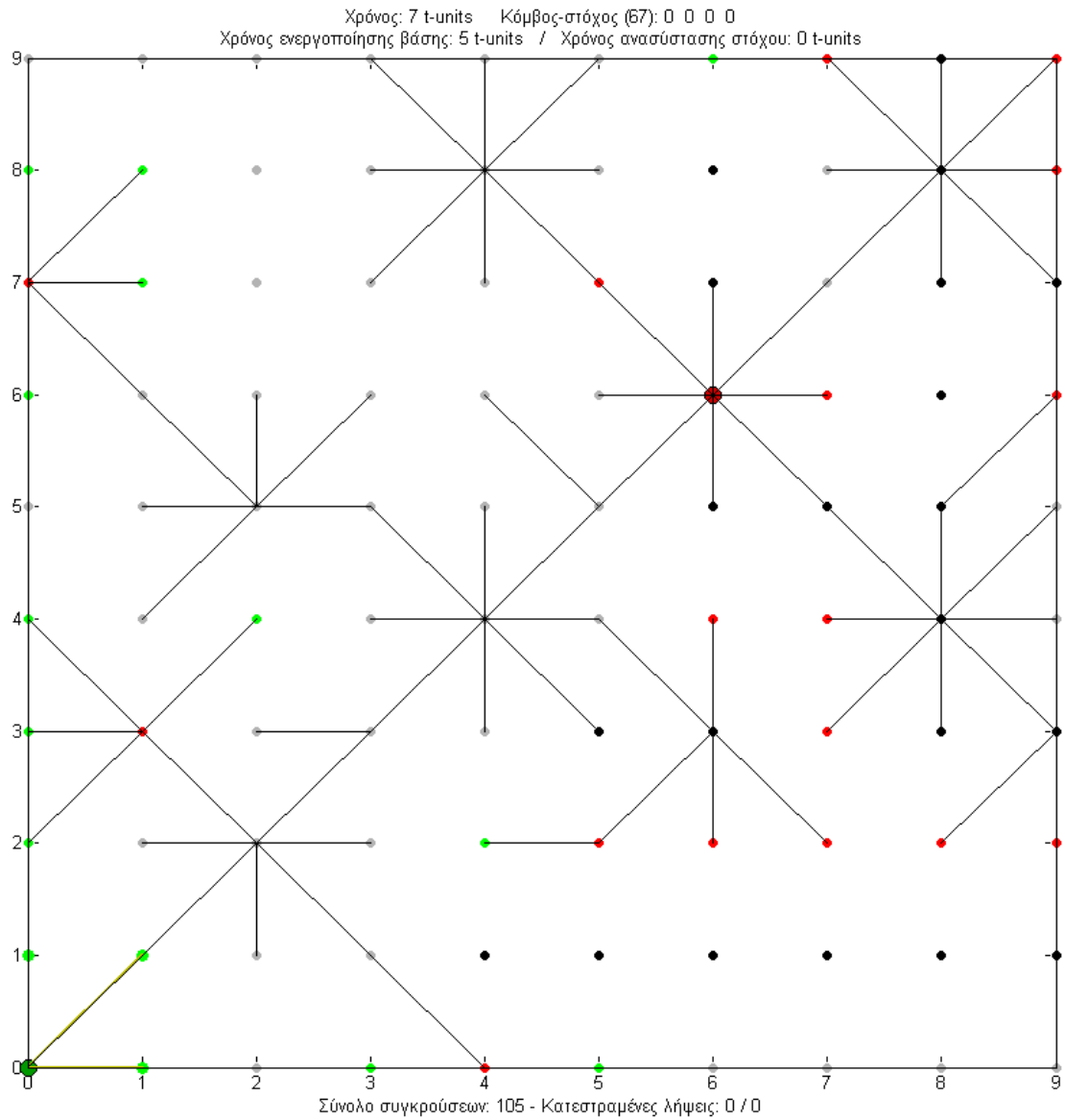
+ 2

(

-

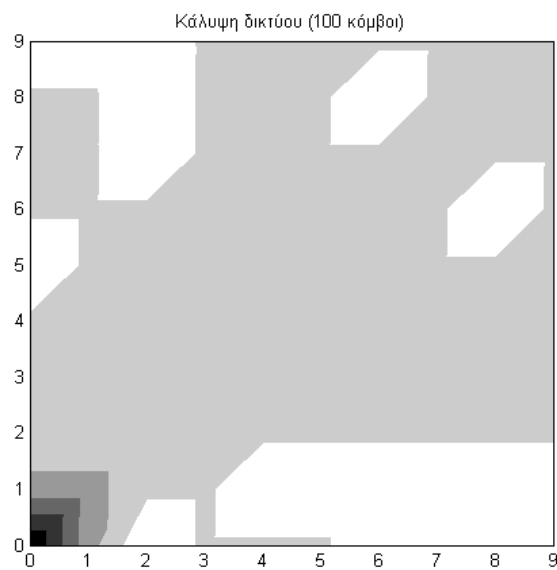
()

,
: ()
) , ()



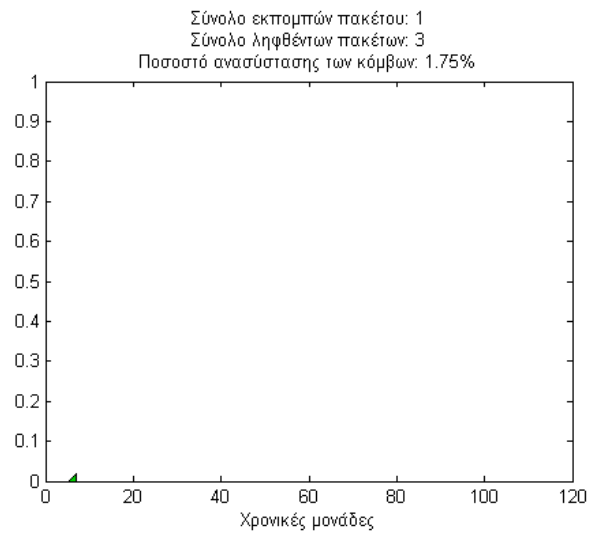
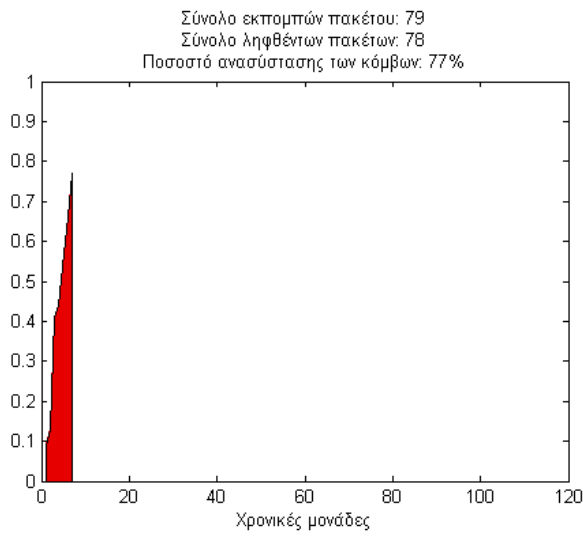
29

(: 3/2/2/1/2/4 $\ddot{E}b:0.85/a:0.15$) / t-units=7



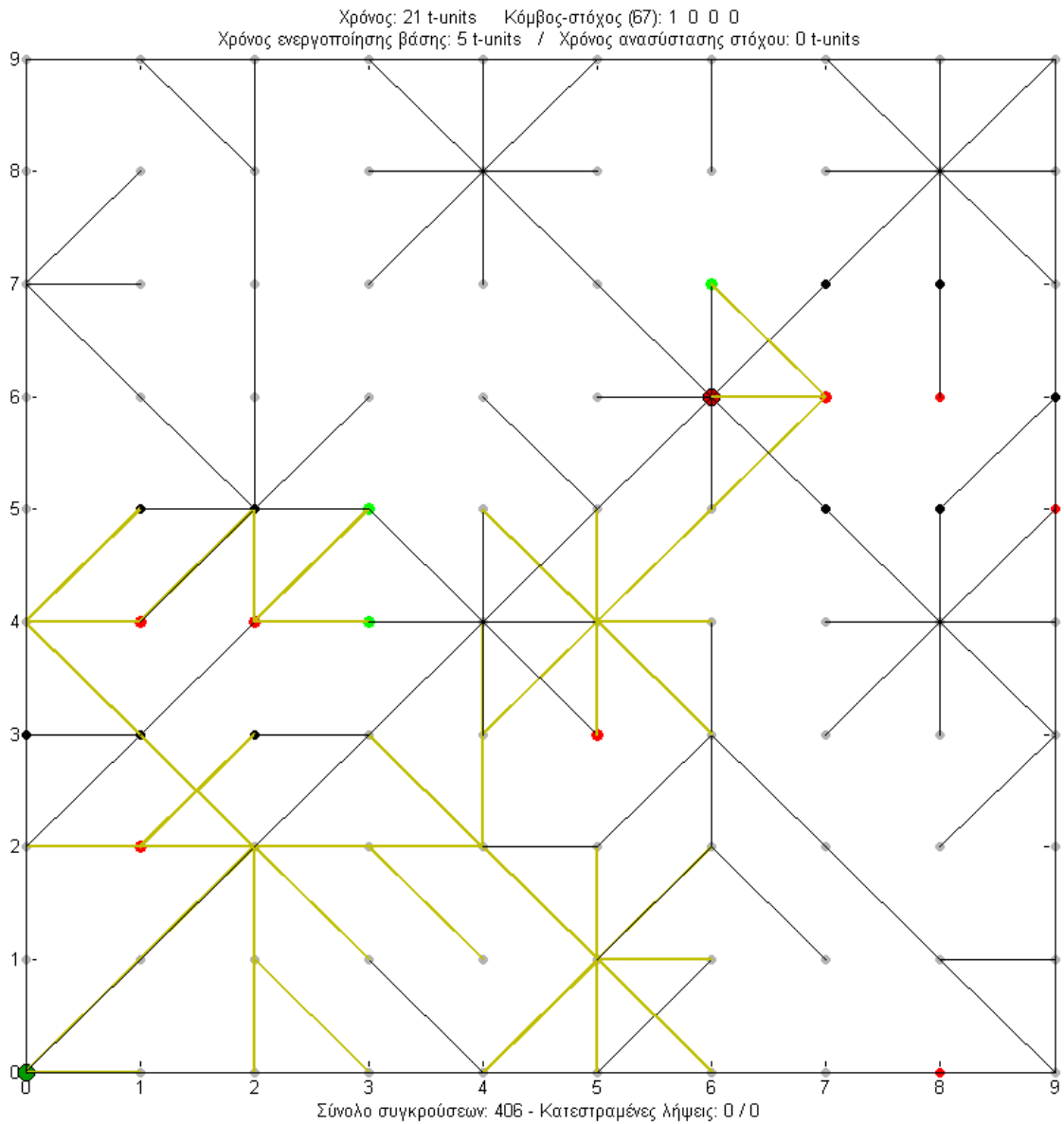
30

(: 3/2/2/1/2/4 $\ddot{E}b:0.85/a:0.15$) / t-units=7



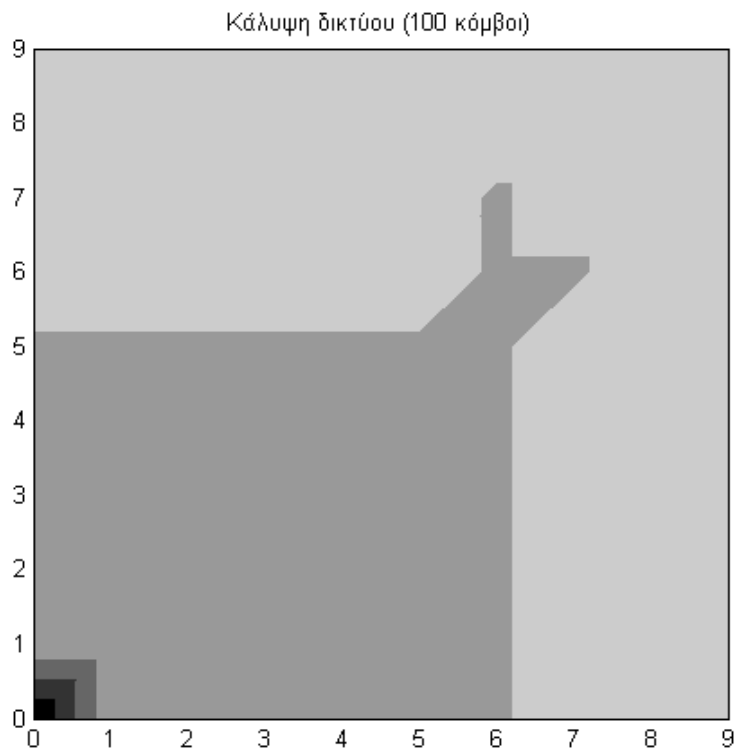
31

(: Ë :) / t-units=7

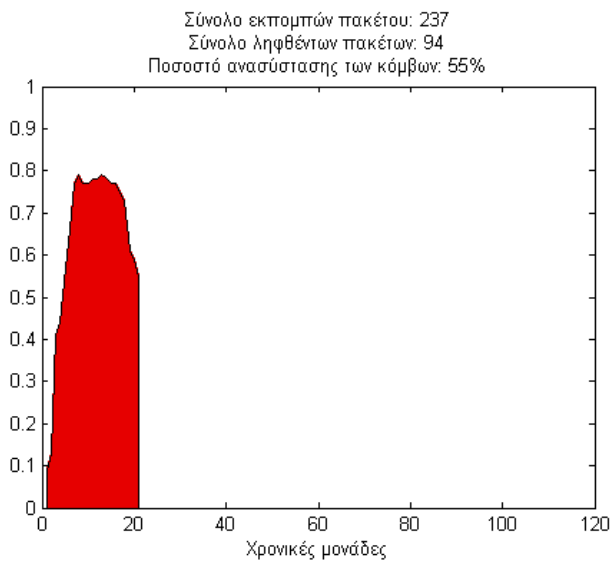


32

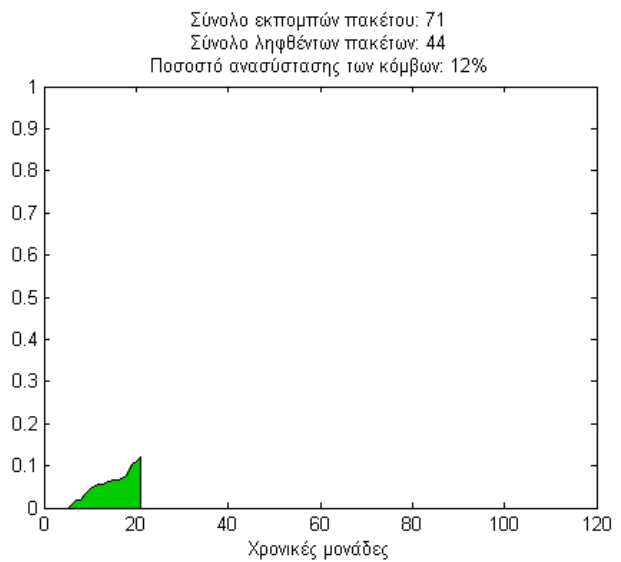
(: 3/2/2/1/2/4Ëb:0.85/a:0.15) / t-units=21



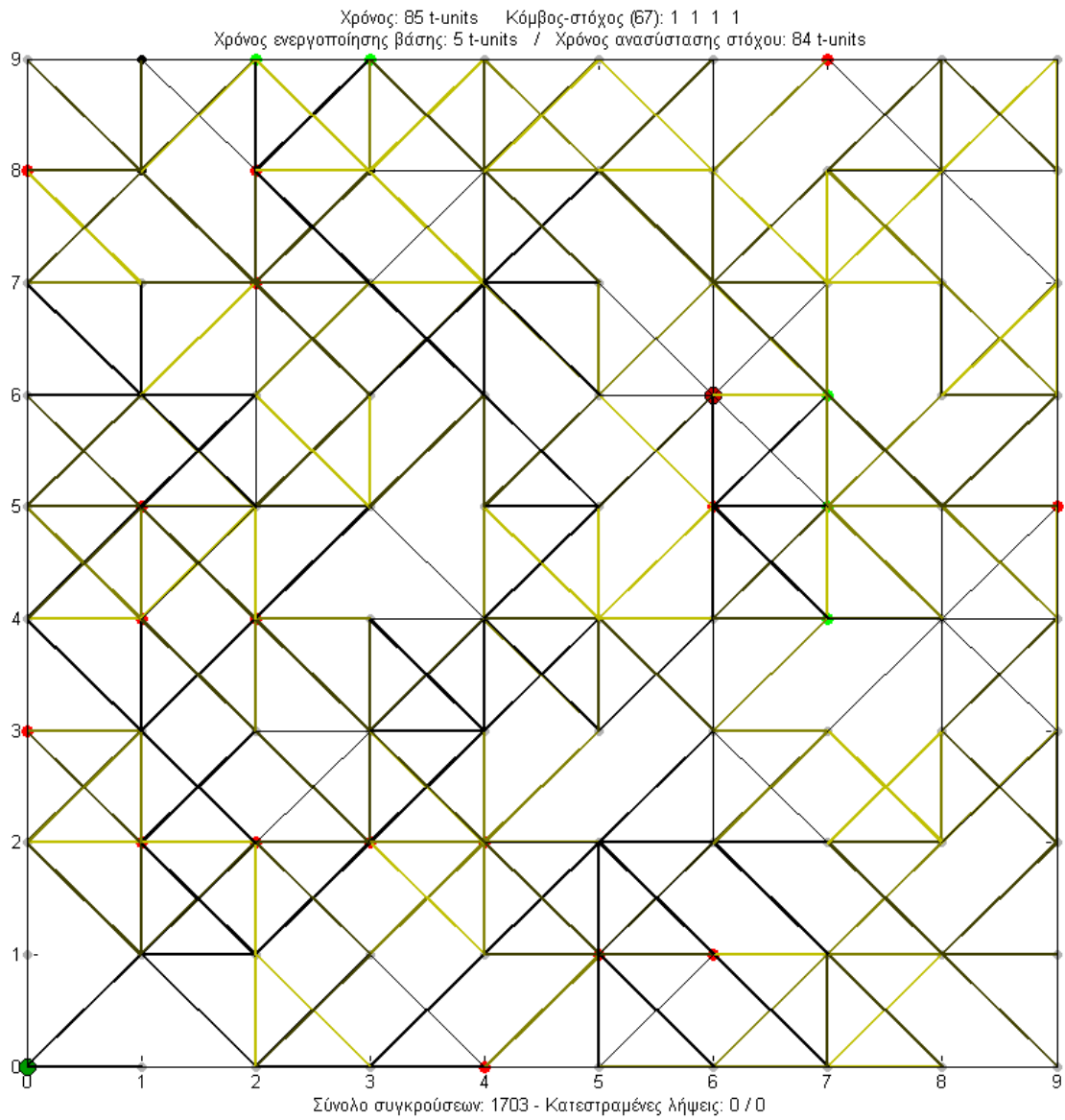
33 (: 3/2/2/1/2/4 ϵ : 0.85/a:0.15) / t-units=21



34

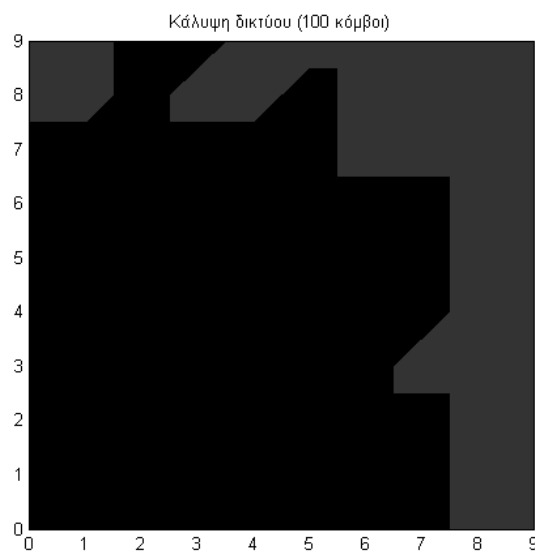


(: ϵ :) / t-units=21



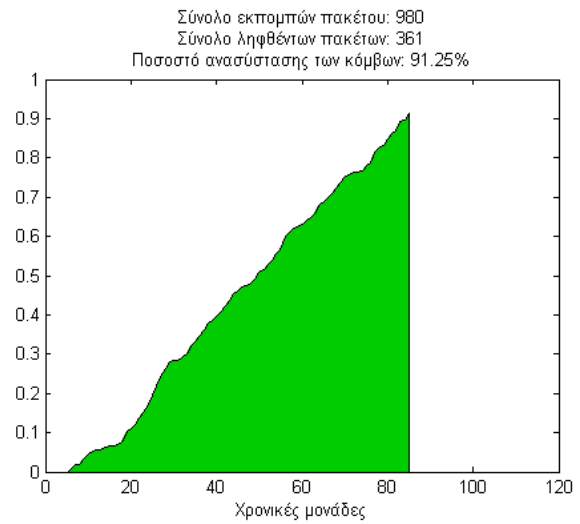
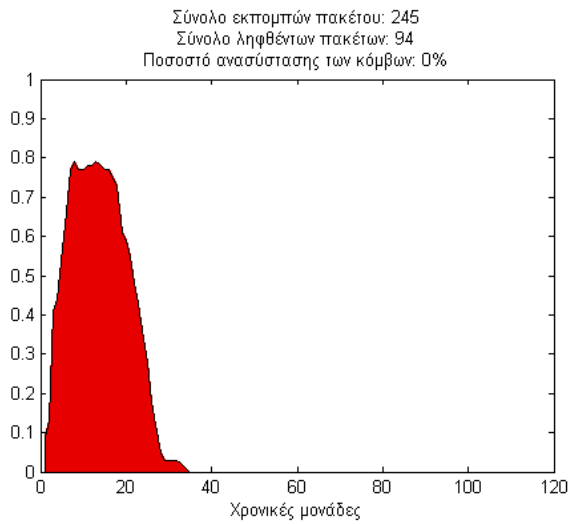
35

(:3/2/2/1/2/4Eb:0.85/a:0.15) / t-units=85 ()



36

(: 3/2/2/1/2/4Eb:0.85/a:0.15) / t-units=85 ()



37

(: Ë :) / t-units=85 ()

6.6

Αποτελέσματα		
Επιτυχώς ληφθέντα πακέτα:	88	322
Επιτυχώς εκπεμφθέντα πακέτα:	35	180
Κατεστραμμένα πακέτα:	0	0
Συγκρούσεις:	1127	
Πλήρως ανασυσταμένοι κόμβοι:	0	38
Μερικώς ανασυσταμένοι κόμβοι:	0	62
Κόμβοι χωρίς πακέτα:	100	0
Χρόνος ολοκλήρωσης:	1	32
Χρόνος διακοπής (λήξη εκπομπών):	0	

38

1

(: 4/3/2/1/1/3 Ë b:0.4/a:0.2)

Αποτελέσματα		
Επιτυχώς ληφθέντα πακέτα:	94	361
Επιτυχώς εκπεμφθέντα πακέτα:	245	980
Κατεστραμένα πακέτα:	0	0
Συγκρούσεις:	1703	
Πλήρως ανασυσταμένοι κόμβοι:	0	65
Μερικώς ανασυσταμένοι κόμβοι:	0	35
Κόμβοι χωρίς πακέτα:	100	0
Χρόνος ολοκλήρωσης:	5	84
Χρόνος διακοπής (λήξη εκπομπών):	0	

39 2 (: 3/2/2/1/2/4 Æ b:0.85/a:0.15)

,

,

. :

■ (« ») 1

410, 2 455.

495 (1x99

4x99) 2

« ».

,

«

»,

,

■ (« ») 1 215, 2

1225.

,

2

,

3

,

2

«

».

,

,

«

» ,

▪ ,

▪ , 2

, ,

▪ 2 ,

, .

, .

▪ « » 1 (hop), -
- 4 , 32
, 84 2 .

Agilla.

[10], *Agilla*

/ *Mica2 TelosB.*

Agilla « » hop, **0.3 sec,**

, «
» tuple space , **55 msec**

hop. (
Mica2 motes).
().

Agilla

/ **26 bytes.**
30 bytes **200 bytes.** , *Fire*
Detection and Tracking , *FireTracker agent,*
 , **101 bytes** (
 4) . *FireTracker agent* ,
 / .
 ,
 /
 :

Agilla Fire Detection and Tracking	
:	:
FireTracker agent: 101 bytes 4	: 4 x 26 bytes
agent :	: 1 (26 bytes)
agent 1 hop (Mica2 motes): 55 msec + 0.3 sec = 0.355 sec	(4/3/2/1/1/3 . b:0.4/a:0.2) 1 hop : 32
agent 6 hop (Mica2 motes): 6 x (55 msec + 0.3 sec) = 2.13 sec	(3/2/2/1/2/4 . b:0.85/a:0.15) 6 hop : 84

(**1 hop,**
 (4/3/2/1/1/3 . b:0.4/a:0.2),

, 6 hop (3/2/2/1/2/4 . b:0.85/a:0.15).

1.9).

Mica2. processor/radio board Mica2 (MPR400CB) [11] / data rate

38.4 Kbaud

500 ft (152 m -
100 m).

Mica2 / ,

:

▪ 26 bytes: (26 x 8)/38400
= 5.4 msec.

(1) (1)
= **5.4 msec.**

5.4 msec = **0.173 sec,** 2 4) 32 x
84 x 5.4 msec = **0.454 sec.**

▪ (1 hop) **100 m.** 1

« », (« »
) 2 , 100 m

1.9.

2
474 x

474 m,

52.6 m.

Agilla, **(0.173**

sec vs 0.355 sec . 1 hop) (0.454 sec vs 2.13 sec . 6 hops),

Agilla,

,

.

,

,

,

Agilla,

«

»

broadcast storm

(overhead).

Fire Detection and Tracking,

«

»

real-time

FireTracking agent,

«

»

« »

« » (partitioning),

« »

«on the fly»

- [1] F. L. Lewis, %Wireless Sensor Networks,+ in Smart Environments: Technologies, Protocols, Applications, Chapter 2, ed. D.J. Cook and S.K. Das, Wiley, New York, 2005.
- [2] Adi Mallikarjuna Reddy V AVU Phani Kumar, D Janakiram, and G Ashok Kumar, Operating Systems for Wireless Sensor Networks: A Survey Technical Report , International Journal of Sensor Networks (IJSNet), Vol. 5, No. 4 2009, pp. 236 . 255. ACM, ISSN: 1748-1279
- [3] Q. Wang, Y. Zhu, and L. Cheng, %Reprogramming Wireless Sensor Networks: Challenges and Approaches,+*IEEE Network Magazine*, vol. 20(3), pp. 48. 55, 2006.
- [4] J. Hui and D. Culler, %The Dynamic Behavior of a Data Dissemination Protocol for Network Programming at Scale,+*Proc. Second Intl Conf. Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 04)*, pp. 81-94, 2004.
- [5] S. S. Kulkarni, and L. Wang, %MNP: Multihop Network Reprogramming Service for Sensor Networks,+*Proc. IEEE ICDCS 2005*, pp. 7. 16.
- [6] T. Stathopoulos, J. Heidemann, and D. Estrin, %A Remote Code Update Mechanism for Wireless Sensor Networks,+*Tech. rep. CENS-TR-30, UCLA, Center for Embedded Networked Computing*, Nov. 2003.
- [7] M. D. Krasniewski, R. K. Panta, S. Bagchi, C.-L. Yang, and W. J. Chappell, %Energy-efficient, On-demand Reprogramming of Large-scale Sensor Networks,+*ACM Trans. on Sensor Networks*, 2008
- [8] R. K. Panta, I. Khalil, and S. Bagchi, %Stream: Low Overhead Wireless Reprogramming for Sensor Networks,+*IEEE Infocom (2007)*, 928.936.
- [9] M. Rossi, G. Zanca, L. Stabellini, R. Crepaldi, A. F. H. III, and M. Zorzi, %SYNAPSE: A Network Reprogramming Protocol for Wireless Sensor Networks using Fountain Codes,+in *Proceedings of IEEE SECON*, 2008.
- [10] Chien-Liang Fok, Gruia-Catalin Roman, and Chenyang Lu, %Agilla: A mobile agent middleware for self-adaptive wireless sensor networks.,+ *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, pp.1-26, 2009.
- [11] Crossbow Technology, Inc. . Mica2 Datasheet [Online],
<https://www.eol.ucar.edu/rtf/facilities/isa/internal/CrossBow/DataSheets/mica2.pdf>