

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Facoltà di Ingegneria

Laurea Specialistica in Ingegneria Gestionale

HAP/LAP transmission system for emergency recovery

Corso di Laboratorio di Simulazione
Prof. Mauro Dell'Amico

PROGETTO DI
Del Monte Davide
(<http://www.diplod.it>)
Ronzoni Stefano
Venturi Giorgia

IL PROBLEMA

Si considera una piattaforma orbitale a alta o bassa altitudine utilizzata come sistema di comunicazione multi-a-molti in caso di emergenze (terremoti, maremoti, etc.).

La piattaforma è equipaggiata con un certo numero di antenne riceventi e di (distinte) antenne trasmittenti, ognuna ricoprente una porzione di territorio (le porzioni possono essere sovrapposte).

Ogni antenna ha un numero massimo di canali attivabili ed il numero complessivo di canali del satellite è fisso. Ogni canale ha una capacità trasmissiva di 64 kb/s. Una trasmissione avviene attivando k canali su un'antenna ricevente e altri k su un'antenna trasmittente.

In caso di emergenza nascono dinamicamente nel tempo una serie di richieste di trasferimento di informazioni (chiamate) di diversa sorgente, destinazione, necessità di banda trasmissiva e durata.

Si vogliono simulare differenti scenari che si distinguono per gravità (maggior necessità di comunicazioni) e ampiezza del territorio interessato.

In particolare si vuole capire quale deve essere il dimensionamento del satellite per ridurre opportunamente il tempo di attesa delle chiamate prima di avere risorse trasmissive disponibili.

Varianti: capacità trasmissiva dei canali variabile con le intemperie

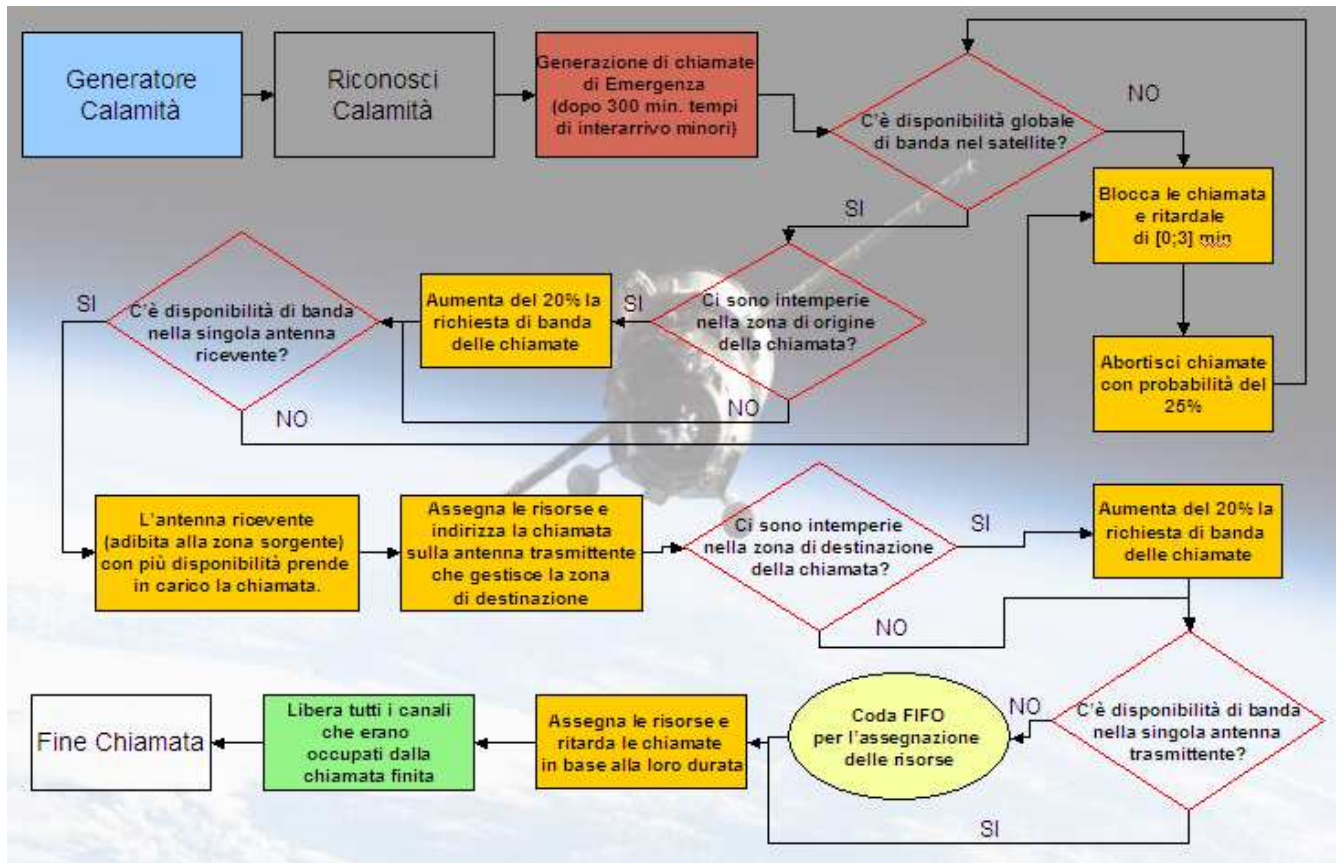
ENTITA':

- Calamità
- Chiamate
- Intemperie

RISORSE:

- Canali riceventi
- Canali trasmittenti

DIAGRAMMA DI FLUSSO



IPOTESI

Le tipologie di calamità considerate sono:

- **TERREMOTO:** generato con probabilità 0,3 – scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,10 minuti;
- **MAREMOTO:** generato con probabilità 0,25 – scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,13 minuti;
- **TORNADO:** generato con probabilità 0,25 – scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,12 minuti;
- **TERRORISMO:** generato con probabilità 0,1999 – scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,05 minuti;
- **UFO:** generato con probabilità 0,0001 – scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,001 minuti;

La probabilità delle calamità e i tempi di interarrivo possono essere modificati attraverso un parametro simulativo. Abbiamo inoltre considerato un maggior numero di chiamate appena la calamità si manifesta per poi diminuire col trascorrere del tempo.

Per ogni simulazione si considera l'arrivo di una sola calamità, non è possibile la sovrapposizione di due calamità contemporaneamente.

Le chiamate generate a seguito del verificarsi di una delle calamità sopra elencate, vengono gestite dal satellite.

Abbiamo ipotizzato che questo sia dotato di 3 antenne riceventi e 3 antenne trasmittenti che coprono un territorio di 5 zone così suddivise:

		ZONE DEL TERRITORIO				
		1	2	3	4	5
ANTENNE	1 - Ric	X	X			
	2 - Ric		X	X	X	
	3 - Ric				X	X
	1 - Tra	X	X			
	2 - Tra		X	X	X	
	3 - Tra				X	X

Ognuna di queste può sfruttare fino a 10 canali di capacità trasmissiva/ricettiva di 64 kbit/sec. Inoltre il satellite ha una capacità complessiva di 3600 kbit/s (240 kbit/s in meno rispetto alla somma delle capacità delle singole antenne).

Se l'occupazione del satellite supera questo valore, il 75% delle chiamate in entrata viene ritardato (si simula il fatto che l'utente riattacchi e richiami) e viene assegnata una nuova banda alla chiamata ritentata; il restante 25% rinuncia ed esce dal sistema.

Si considera che una chiamata impieghi la stessa banda sia in ricezione che in trasmissione, a meno che non siano presenti intemperie nelle zone di origine/destinazione.

Si è inoltre considerato il caso in cui, per colpa di intemperie, la necessità di banda ricettiva/trasmissiva per le comunicazioni telefoniche sia maggiore. In tal caso si è ipotizzata una necessità superiore del 20% rispetto alla normalità.

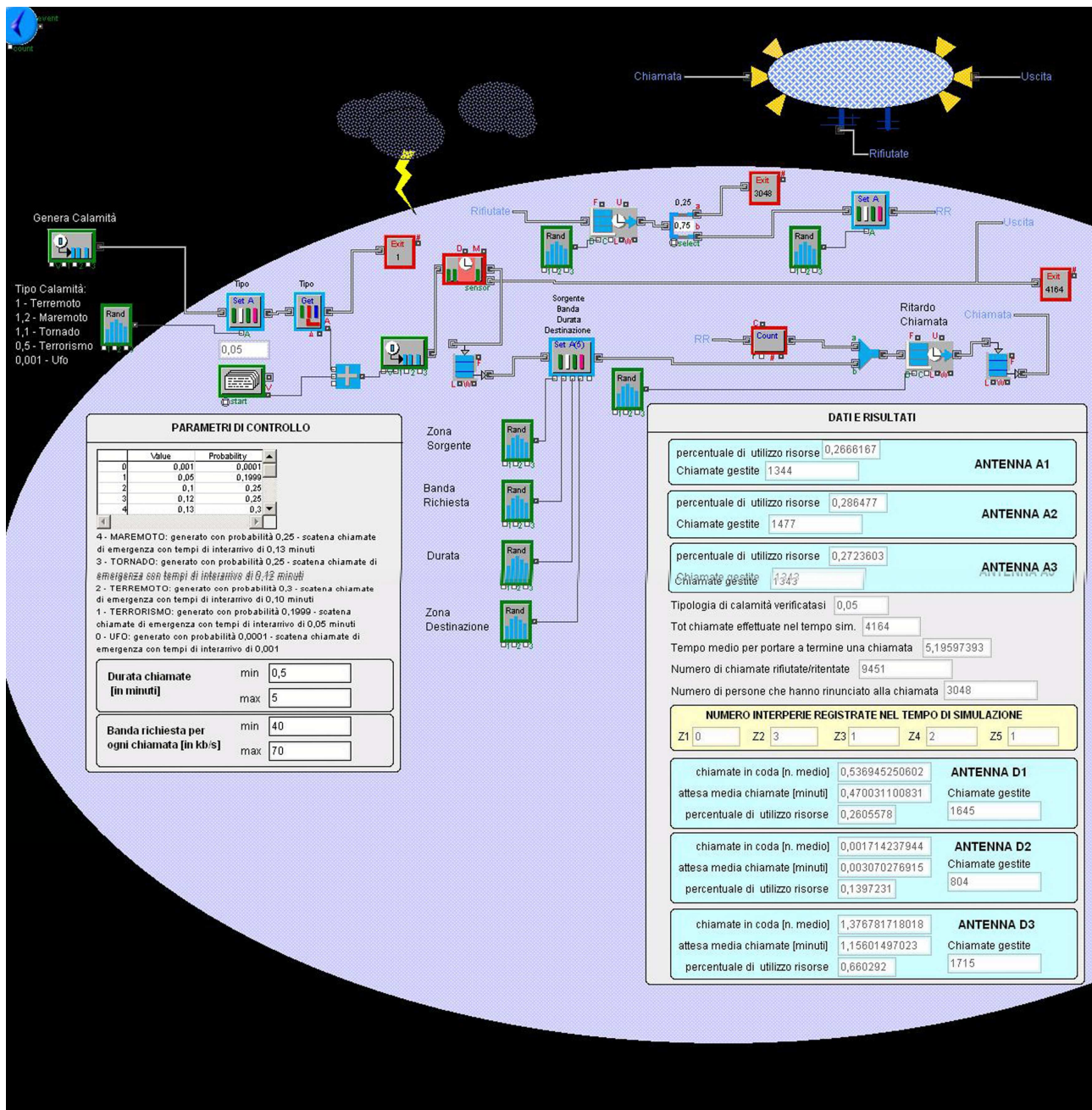
Abbiamo considerato un tempo di interarrivo delle intemperie in base a una distribuzione esponenziale con media 300 e inoltre le singole intemperie sono caratterizzate dalla durata e dalla zona colpita.

Se l'antenna non ha abbastanza risorse disponibili per gestire una chiamata essa viene gestita come l'occupazione del satellite.

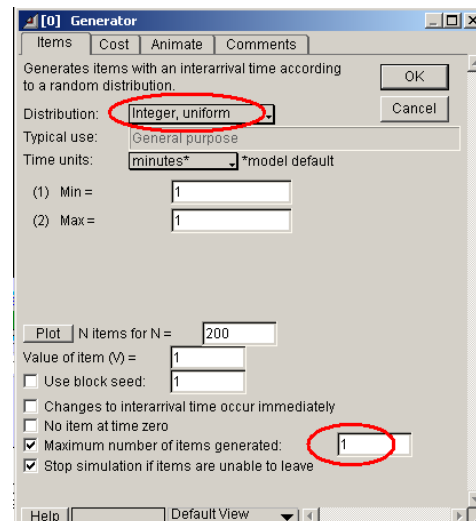
Nella tabella seguente sono indicati tutti i parametri da noi ipotizzati che possono essere modificati in fase di simulazione:

PARAMETRI DI CONTROLLO		
	Value	Probability
0	0,001	0,0001
1	0,05	0,1999
2	0,1	0,25
3	0,12	0,25
4	0,13	0,3
<p>4 - MAREMOTO: generato con probabilità 0,25 - scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,13 minuti</p> <p>3 - TORNADO: generato con probabilità 0,25 - scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,12 minuti</p> <p>2 - TERREMOTO: generato con probabilità 0,3 - scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,10 minuti</p> <p>1 - TERRORISMO: generato con probabilità 0,1999 - scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,05 minuti</p> <p>0 - UFO: generato con probabilità 0,0001 - scatena chiamate di emergenza con tempi di interarrivo di 0,001</p>		
Durata chiamate [in minuti]	min	0,5
	max	5
Banda richiesta per ogni chiamata [in kb/s]	min	40
	max	70

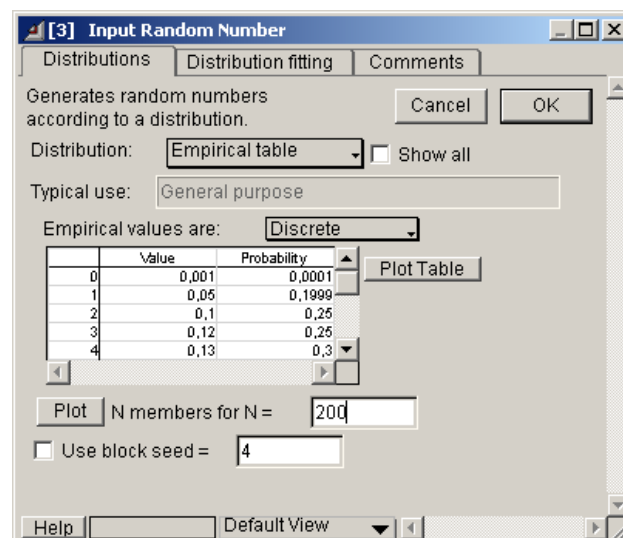
DESCRIZIONE DEL MODELLO EXTEND



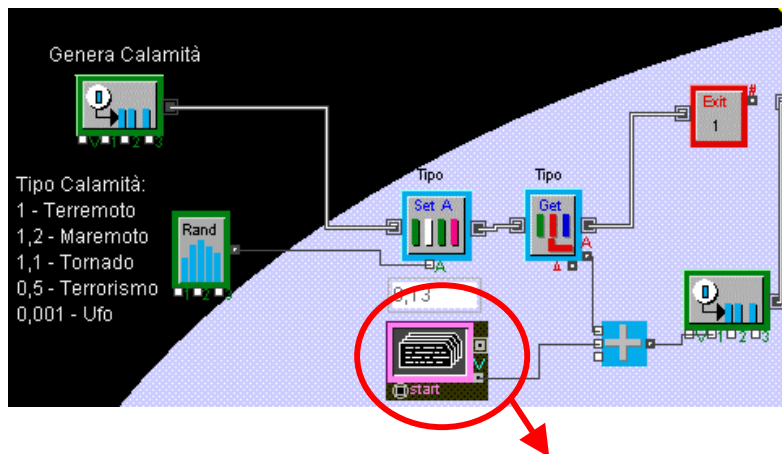
- Generazione della calamità



- Assegnazione del Tipo di calamità avente come attributo il tempo di interarrivo delle chiamate di emergenza



- Generazione chiamate di emergenza. Abbiamo ipotizzato che subito dopo la calamità il numero di chiamate è maggiore e tende a calare man mano passi il tempo. Per fare ciò, abbiamo modificato la media degli interarrivi utilizzando un blocco program.



[1144] Program

Program | Animate | Comments

Schedules many items on a regular basis.

Time units: Value Priority Attribute
 minutes* None

	Output	Time	Value	Priority	Attribute
0		0	0	1	
1		300	0,5	1	
2		600	1,2	1	
3					

OK Cancel

- Assegnazione degli attributi (zona sorgente, durata, banda richiesta, zona destinazione) alle chiamate.

[21] Input Random Number

Distributions | Distribution fitting | Comments

Generates random numbers according to a distribution.

Distribution: Real, Uniform Show all

Typical use: General purpose

1) Min = 40 2) Max = 70 **BANDA RICHIESTA**

Plot N members for N = 200

Use block seed = 22

Help Default View

[22] Input Random Number

Distributions | Distribution fitting | Comments

Generates random numbers according to a distribution.

Distribution: Real, Uniform Show all

Typical use: General purpose

1) Min = 0,5 2) Max = 5 **DURATA CHIAMATA**

Plot N members for N = 200

Use block seed = 23

Help Default View

[49] Input Random Number

Distributions | Distribution fitting | Comments

Generates random numbers according to a distribution.

Distribution: Empirical table Show all

Typical use: General purpose

Empirical values are: Discrete

Value	Probability
0	0,2
1	0,2
2	0,2
3	0,2
4	0,2
5	0,2

ZONA SORGENTE e DESTINAZIONE

Plot N members for N = 200

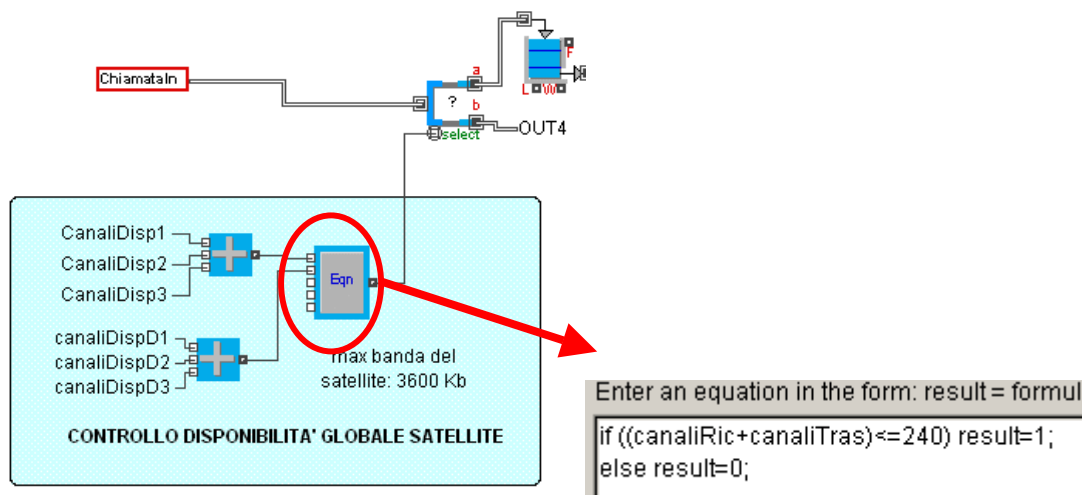
Use block seed = 50

Help Default View

- Trasferimento della chiamata al satellite (Ritardo da 0 a 0,2 minuti), si simula il fatto che l'utente digiti il numero di emergenza e l'apparecchio impieghi qualche secondo per attivare la connessione.

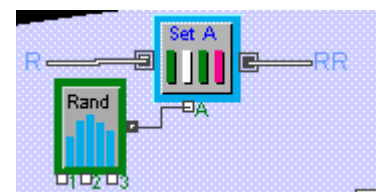
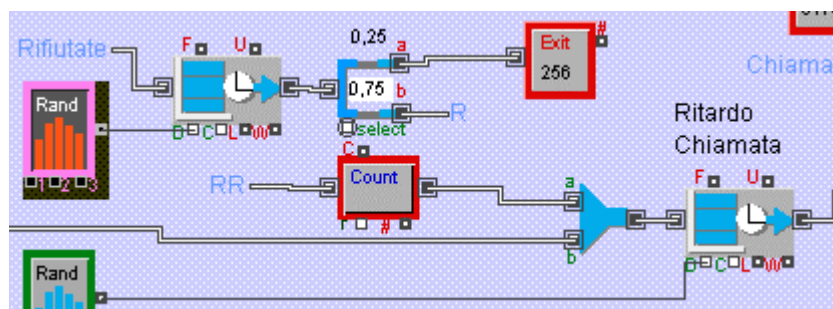
BLOCCO SATELLITE

- Verifica della disponibilità di banda all'interno del satellite. Nel caso il satellite abbia abbastanza banda disponibile la chiamata prosegue il suo percorso verso l'antenna trasmittente.

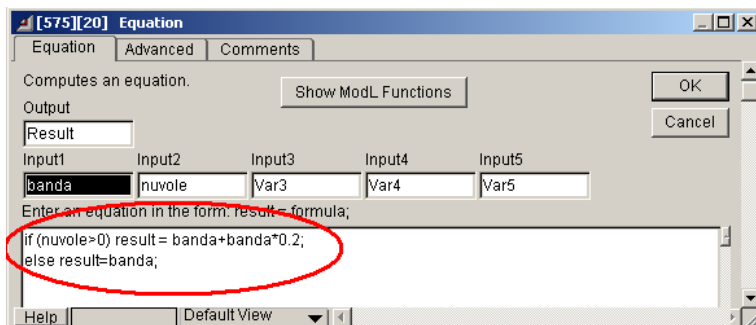
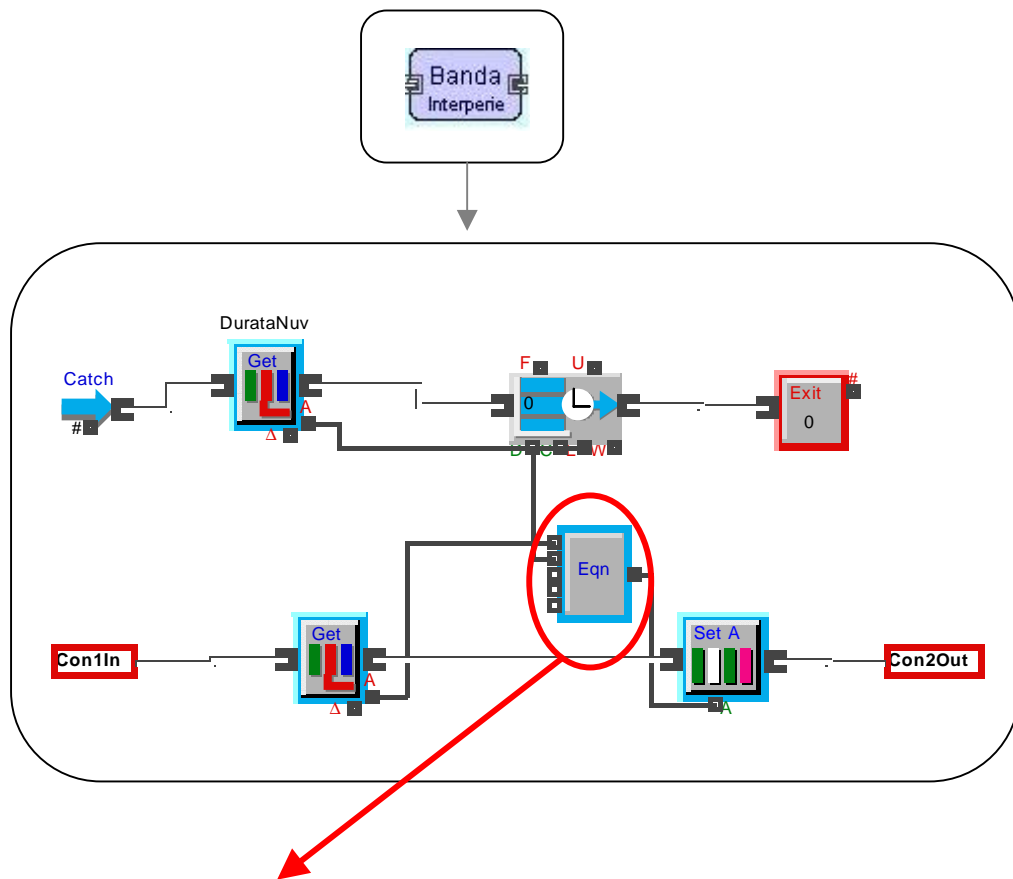


Nel caso il satellite non abbia abbastanza banda disponibile, la chiamata viene ritardata di un intervallo da 0 a 3 minuti (simula il fatto che l'utente riattacchi il telefono e richiami all' interno dell'intervallo). Alla nuova chiamata viene riassegnata la banda sempre all'interno di un intervallo da 40 a 70 kbit/s.

Abbiamo supposto che un 25% degli utenti rinunci alla chiamata di emergenza ed esca dal sistema. (BLOCCO RIFIUTATE).



- L'attributo Banda Richiesta dalla chiamata può essere maggiorato se la zona sorgente è colpita da intemperie. In caso contrario viene mantenuto l'attributo Banda richiesta settato inizialmente (BLOCCO INTEMPERIE)

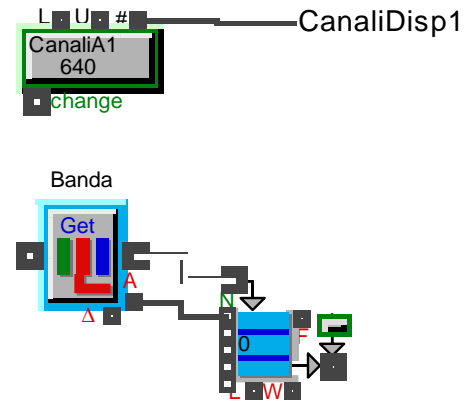


- Indirizzamento della chiamata di emergenza in base all'attributo Zona Sorgente, se la chiamata proviene da una zona coperta da due antenne, sarà presa in carico da quella con maggiore disponibilità di risorse.
- ANTENNA: quando la chiamata arriva all' antenna della propria zona, viene fatta una verifica per assicurarsi che l'antenna abbia abbastanza risorse disponibili e sia in grado di gestire la chiamata. In caso negativo la chiamata viene gestita dal BLOCCO RIFIUTATE.

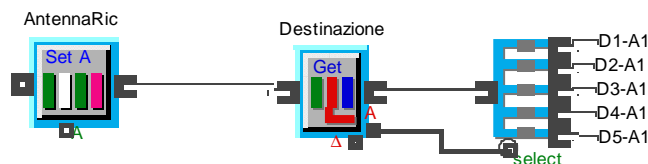
- **ANTENNA RICEVENTE:** Se non ci sono problemi di disponibilità delle risorse, la chiamata di emergenza arriva all'antenna della propria zona, essa prenota le risorse in base all'attributo Banda Richiesta. Si simula una connessione a **commutazione di circuito**, la banda resta impegnata per tutta la durata della comunicazione.

Quando le chiamate vengono gestite dall'antenna, la sua banda disponibile cala per poi essere incrementata al termine della chiamata stessa (liberazione di risorse)

10 canali = 640Kb/sec



- Indirizzamento della chiamata all'antenna trasmittente in base all'attributo Zona Destinazione.



Assegnamento nuovo attributo AntennaRic: ci permette di riassegnare le risorse liberate al termine della chiamata al pool dal quale erano state prelevate. Tale attributo non è stato assegnato inizialmente alla chiamata in quanto solo in questo momento della simulazione abbiamo la certezza di quale antenna ricevente gestisce la chiamata.

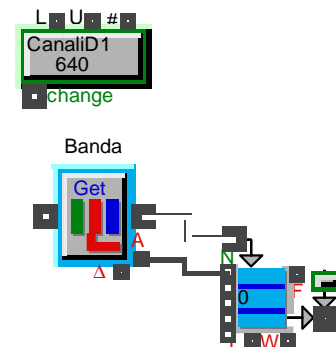
- L'attributo Banda Richiesta dalla chiamata può essere maggiorato se la zona destinazione è colpita da intemperie. In caso contrario viene mantenuto l'attributo Banda richiesta settato inizialmente. (BLOCCO INTemperIE)



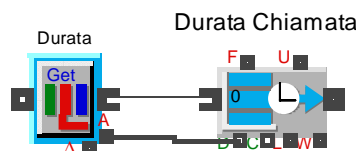
- **ANTENNA TRASMITTENTE:** quando la chiamata di emergenza arriva all'antenna della zona di destinazione, essa prenota le risorse in base all'attributo Banda Richiesta.

Quando le chiamate vengono gestite dall'antenna, la sua banda disponibile cala per poi essere incrementata al termine della chiamata stessa (liberazione di risorse)

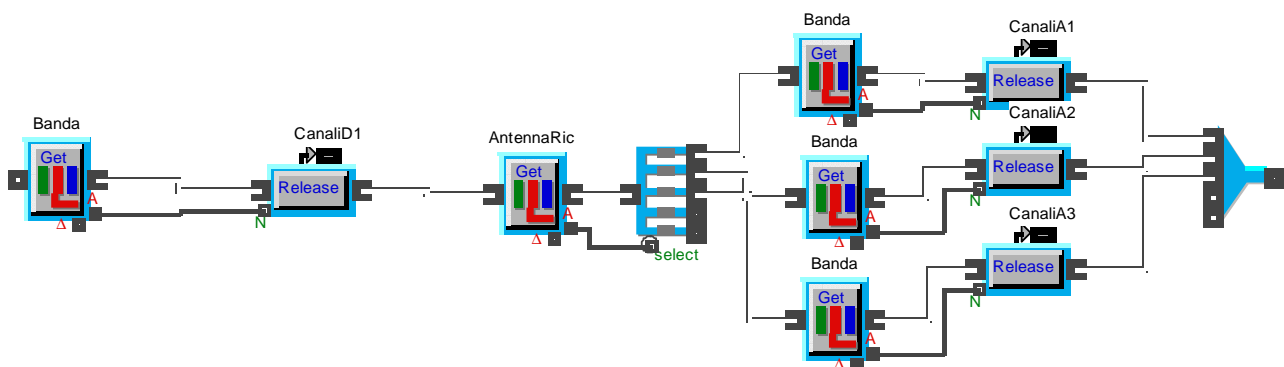
10 canali = 640Kb/sec



- **CHIAMATA:** in base all'attributo Durata viene definito il tempo richiesto per la chiamata. Poiché si sta simulando un sistema per effettuare chiamate di emergenza si ipotizza che la destinazione sia sempre raggiungibile: il centro di raccolta delle telefonate è sempre attivo.

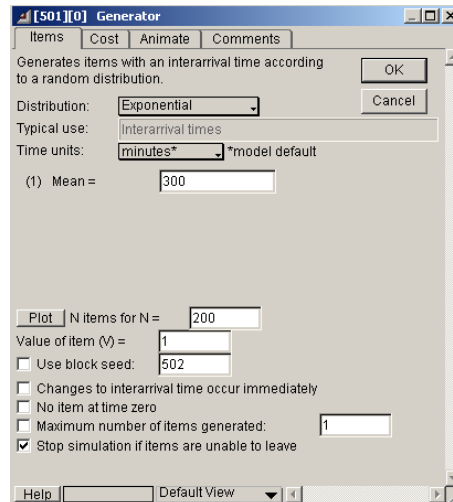


- **RILASCIO RISORSE:** al termine della chiamata vengono riassegnate le risorse all'antenna trasmittente in base all'attributo Banda Richiesta della chiamata. Analogamente ciò avviene per l'antenna ricevente, leggendo l'attributo AntennaRic per identificare quale antenna ricevente ha gestito la chiamata.

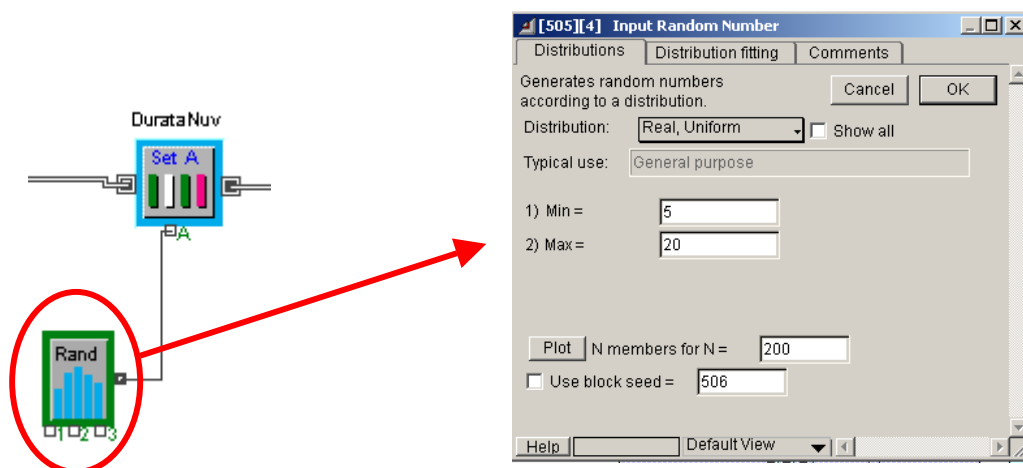


BLOCCO INTEMPERIE

- Generazione delle intemperie.

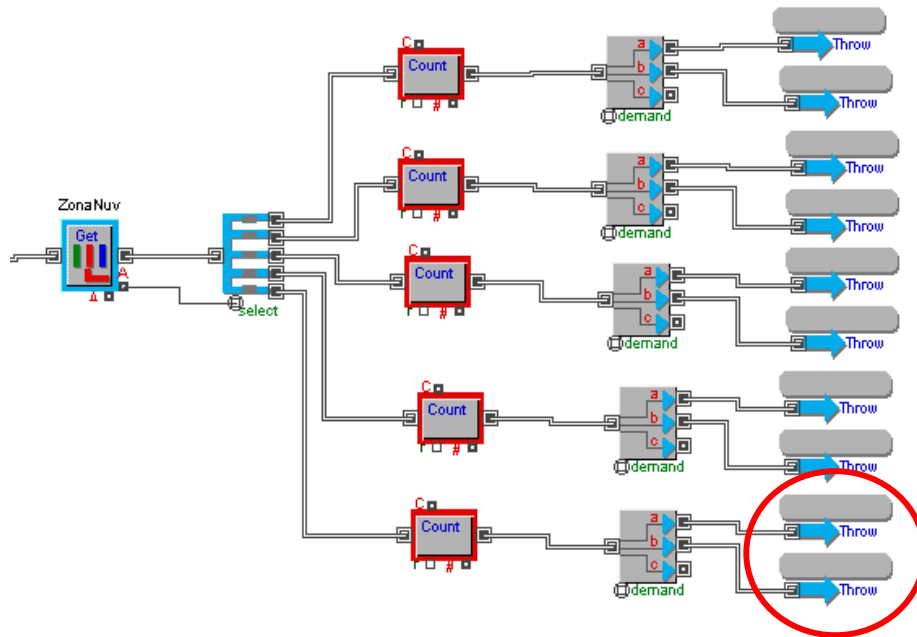


- Assegnazione dell'attributo DurataNuv che è rappresentativo della durata delle intemperie (da 5 a 20 minuti).



- Assegnazione dell'attributo ZonaNuv rappresentativo della zona dell'intemperia (abbiamo ipotizzato che le zone hanno la stessa probabilità di essere colpiti da intemperia).

- In base alla zona dell'intemperie, l'entità viene spedita al BLOCCO INTEMPERIE dell'antenna trasmittente e dell'antenna ricevente che coprono tale zona.



RIMANDANO AI CATCH DEL BLOCCO INTERPERIE DELL'ANTENNA TRASMETTENTE E RICEVENTE

RISULTATI SIMULAZIONE

Abbiamo considerato un tempo di simulazione pari a 24 ore (1440 minuti). Al termine di tale simulazione abbiamo verificato:

- PERCENTUALE UTILIZZO RISORSE PER OGNI ANTENNA
- NUMERO TOTALE DI CHIAMATE GESTITE PER OGNI ANTENNA
- NUMERO MEDIO DI CHIAMATE IN CODA PER OGNI ANTENNA TRASMITTENTE
- ATTESA MEDIA CHIAMATE PER OGNI ANTENNA TRASMITTENTE
- NUMERO TOTALE INTEMPERIE REGISTRATE PER OGNI ZONA
- NUMERO TOTALE CHIAMATE EFFETTUATE NEL TEMPO DI SIMULAZIONE
- TEMPO MEDIO PER PORTARE A TERMINE UNA CHIAMATA
- NUMERO TOTALE DI CHIAMATE RIFIUTATE/RITENTATE
- NUMERO TOTALE DI UTENTI CHE HANNO RINUNCIATO ALLA CHIAMATA

		1	2	3	4	5	6	7	8
R1	Percentuale di utilizzo risorse	0,255753	0,19923	0,198658	0,236291	0,237576	0,237562	0,197761	0,186432
	Chiamate gestite	951	1157	1124	1179	977	1082	1111	1109
R2	Percentuale di utilizzo risorse	0,27244	0,220079	0,226671	0,255969	0,255173	0,246142	0,21947	0,208683
	Chiamate gestite	1056	1318	1262	1291	1023	1103	1229	1264
R3	Percentuale di utilizzo risorse	0,248999	0,187606	0,198328	0,228768	0,226872	0,222375	0,188043	0,175931
	Chiamate gestite	955	1103	1127	1116	878	994	1050	1063
T1	Chiamate in coda [n. medio]	0,031903	0,157343	0,086466	0,175832	0,010311	0,052396	0,081794	0,065066
	Attesa media chiamate [minuti]	0,038315	0,157343	0,09095	0,170734	0,012519	0,060945	0,085042	0,06925
	Percentuale di utilizzo risorse	0,192405	0,237296	0,228843	0,235131	0,192459	0,202898	0,227935	0,221832
	Chiamate gestite	1199	1440	1369	1483	1186	1238	1385	1353
T2	Chiamate in coda [n. medio]	0	0,002111	0,368615	0,001341	0,003325	2,122405	0	0,004102
	Attesa media chiamate [minuti]	0	0,004204	0,734171	0,002694	0,008803	4,630702	0	0,008661
	Percentuale di utilizzo risorse	0,109821	0,256149	0,63222	0,117464	0,444885	0,830561	0,210665	0,416342
	Chiamate gestite	592	723	723	717	544	660	687	682
T3	Chiamate in coda [n. medio]	3,354602	0,107058	0,128038	1,489373	2,953671	0,038719	0,475635	0,129949
	Attesa media chiamate [minuti]	4,125215	0,108949	0,12975	1,5474	3,704953	0,043525	0,519662	0,133566
	Percentuale di utilizzo risorse	0,673219	0,259047	0,304774	0,462435	0,625942	0,243219	0,489259	0,351749
	Chiamate gestite	1171	1415	1421	1386	1148	1281	1318	1401
	Interperie registrate in zona 1	0	1	1	1	2	0	1	1
	Interperie registrate in zona 2	1	0	0	0	0	1	2	0
	Interperie registrate in zona 3	1	1	1	0	1	3	2	3
	Interperie registrate in zona 4	1	2	0	2	2	1	2	1
	Interperie registrate in zona 5	1	0	1	1	1	1	0	1
	Tipologia di calamità verificatasi	tornado	tornado	tornado	terremoto	maremoto	tornado	maremoto	maremoto
	Tot chiamate effettuate nel tempo sim.	2962	3576	3511	3586	2873	3176	3386	3432
	Tempo medio per portare a termine una chiamata	5,246817	3,027521	3,181694	3,96209	4,82868	4,223157	3,165444	2,934713
	Numero di chiamate rifiutate/ritentate	2099	118	203	1357	1266	1351	155	71
	Numero di persone che hanno rinunciato alla chiamata	733	43	71	501	450	413	44	12

		9	10	11	12	13	14	15
R1	Percentuale di utilizzo risorse	0,276662	0,244488	0,915092	0,22064	0,25939	0,251998	0,19119
	Chiamate gestite	1237	1107	1330	1251	839	1005	1114
R2	Percentuale di utilizzo risorse	0,286337	0,263985	0,957976	0,242442	0,266442	0,271062	0,208756
	Chiamate gestite	1288	1236	1124	1382	928	1095	1231
R3	Percentuale di utilizzo risorse	0,270907	0,253962	0,951181	0,218742	0,252623	0,249451	0,174985
	Chiamate gestite	1201	1128	1027	1249	826	983	1062
T1	Chiamate in coda [n. medio]	0,092649	0,087608	0,500623	0,332907	0,000699	0,042994	0,092195
	Attesa media chiamate [minuti]	0,08853	0,091219	0,526203	0,307299	0,00098	0,048673	0,095306
	Percentuale di utilizzo risorse	0,23858	0,223178	0,212295	0,252345	0,16519	0,203739	0,227424
	Chiamate gestite	1507	1383	1370	1560	1026	1272	1393
T2	Chiamate in coda [n. medio]	0,016563	0,001325	22,10147	0,07239	0	0,35964	0,000672
	Attesa media chiamate [minuti]	0,033405	0,002822	1,31192	0,134506	0	0,900663	0,001446
	Percentuale di utilizzo risorse	0,491948	0,107007	0,906268	0,529417	0,124412	0,733459	0,136877
	Chiamate gestite	714	676	623	775	517	575	669
T3	Chiamate in coda [n. medio]	2,78267	2,283177	0,857202	0,20714	4,284301	2,744152	0,066611
	Attesa media chiamate [minuti]	2,662488	2,328453	0,846039	0,192813	5,875613	3,19707	0,071315
	Percentuale di utilizzo risorse	0,758768	0,498323	0,231318	0,262842	0,717675	0,704683	0,24298
	Chiamate gestite	1505	1412	1459	1547	1050	1236	1345
	Interperie registrate in zona 1	2	0	0	1	1	1	3
	Interperie registrate in zona 2	0	1	1	0	1	1	2
	Interperie registrate in zona 3	2	1	2	2	1	2	1
	Interperie registrate in zona 4	2	1	1	1	1	2	1
	Interperie registrate in zona 5	4	0	2	0	0	3	2
	Tipologia di calamità verificatasi	terrorismo	terremoto	terrorismo	terremoto	maremoto	terremoto	maremoto
	Tot chiamate effettuate nel tempo sim.	3724	3468	3452	3879	2589	3080	3405
	Tempo medio per portare a termine una chiamata	5,703553	4,586215	5,794981	3,285093	6,14889	5,2126	2,987338
	Numero di chiamate rifiutate/ritentate	10066	2292	11043	593	2619	3106	65
	Numero di persone che hanno rinunciato alla chiamata	3414	753	3707	232	857	1047	24

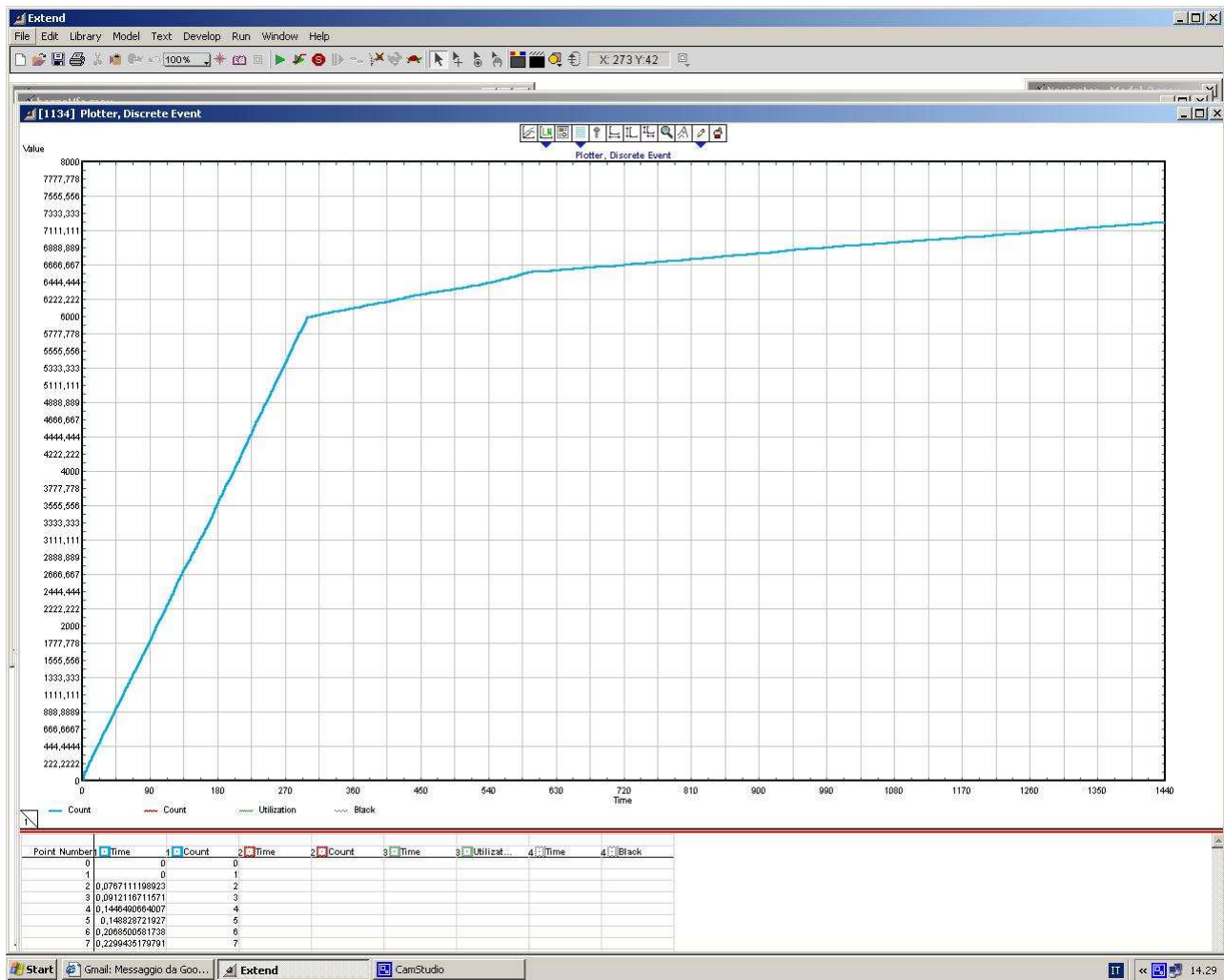
Considerazioni:

- Visto che abbiamo considerato un picco del numero delle chiamate appena si verifica la calamità e una diminuzione in seguito, la PERCENTUALE UTILIZZO RISORSE PER OGNI ANTENNA è alta (intorno al 90%) nelle fasi iniziali della simulazione e cala successivamente intorno al 20-30%.
- Il TEMPO MEDIO DI CHIAMATA è proporzionale al NUMERO TOTALE DI CHIAMATE RIFIUTATE.
- L'antenna ricevente A2 e l'antenna trasmittente D2 sono meno sfruttate in quanto coprono una sola zona del territorio mentre le altre antenne riceventi/trasmittenti ne coprono due.
- Quando la tipologia di calamità generata è terrorismo (simulazione n. 9 e n.11) notiamo un numero molto elevato di chiamate rifiutate dovuto al picco iniziale di chiamate che genera intasamento sulle linee del satellite, questo porta ad un aumento del tempo medio della chiamata (5,703553 minuti e 5,794981 minuti);
- Nella simulazione n.6, dove il numero di intemperie sulla terza zona è pari a tre, notiamo che il numero delle chiamate in coda (2.122405), il tempo di attesa media delle chiamate sull'antenna T2 (4.630720 - unica antenna che gestisce la zona) e la percentuale di utilizzo delle risorse (83%) sono notevolmente superiori alla media delle altre simulazioni. Questo trend è in parte dovuto all'aumento di banda richiesto dalle chiamate a causa delle intemperie.
- Nella simulazione n.8, dove si è registrato un numero molto basso di chiamate rifiutate (71 in totale), abbiamo registrato il minor tempo necessario per portare a termine una chiamata.

Infine è importante notare che la generazione delle calamità nelle simulazione è coerente con le probabilità impostate in ingresso.

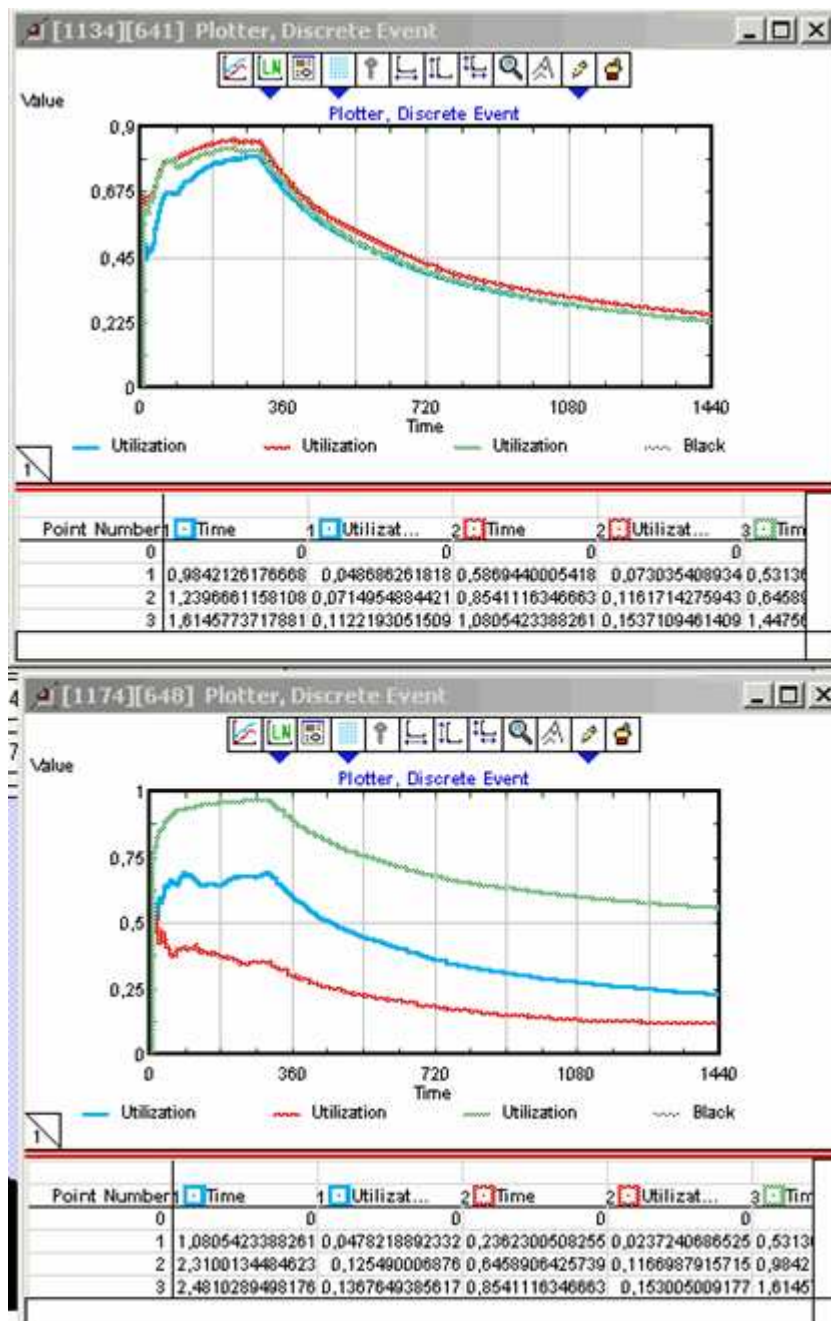
Inoltre il sistema è ben dimensionato per le calamità più frequenti (terremoto, maremoto, tornado) mentre va in crisi per eventi come il terrorismo che danno luogo a un numero molto elevato di chiamate.

Grafico cumulativo del numero di chiamate



Dopo 300 minuti dal manifestarsi dell'evento i tempi di interarrivo aumentano e la curva subisce una flessione. Lo stesso avviene dopo 600 minuti, ma il cambiamento non è più tanto significativo.

Grafico tasso di utilizzazione risorse (banda in kb/sec)



Il tasso di utilizzo delle antenne è inizialmente crescente a causa del picco iniziale delle chiamate (l'antenna deve gestire un numero maggiore di chiamate) per poi decadere con l'avanzamento della simulazione (l'antenna ha meno chiamate da gestire).