



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102011901992880
Data Deposito	03/11/2011
Data Pubblicazione	03/05/2013

Classifiche IPC

Titolo

SISTEMA DISTRIBUITO DI ACQUISIZIONE DATI SENZA FILI.

Descrizione della domanda di brevetto per
invenzione industriale avente per titolo:

"Sistema distribuito di acquisizione
dati senza fili"

a nome: Politecnico di Milano

con sede in: Piazza L. Da Vinci, 32 - Milano di
nazionalità italiana,

e

a nome: Università di Oulu, di nazionalità
finlandese,

ed elettivamente domiciliati presso i loro
mandatari: Dr. Ing. Ferruccio Postiglione, Dr. Ing.
Giancarlo Penza, p.i. Rinaldo Monti, Dr. Edgardo
Ferrari, Ing. Luca Fiorentino a Milano, via L.
Muratori 13/b (Gregorj S.p.A.)

Depositata il al N.

..*.*.*

CAMPO TECNICO

La presente invenzione riguarda i sistemi di
acquisizione dati e, in particolare, i sistemi di
acquisizione che impiegano una pluralità di
sensori.

TECNICA NOTA

Facendo riferimento, per esempio, ai sistemi di
acquisizione per il monitoraggio in ambito sismico,

vi può essere la necessità di distribuire su un vasto territorio da monitorare un numero elevato di sensori (alcune migliaia) da collegare ad un apparato centrale di controllo ed immagazzinamento dati. L'attuale sistema cablato prevede sensori, tipicamente geofoni oppure accelerometri, collegati all'apparato centrale mediante cavi (in fibra ottica, cavi coassiali o altro) che possono raggiungere in totale una lunghezza e un peso tali da rendere il sistema estremamente costoso e di complessa manutenzione.

Sono stati studiati, pertanto, sistemi di acquisizione dati volti a minimizzare l'impiego di cavi di trasmissione.

Il documento US-A-2007-0025307 descrive una rete di sensori per acquisizioni geofisiche (esplorazione petrolifera). In questo documento si propone di adottare una tecnologia radio e una tecnologia cablata in cooperazione.

Il documento US-A-2001-028313 descrive un'architettura distribuita per il monitoraggio real-time basato su tecnologia per reti di tipo cellulare GPRS/GSM e di localizzazione mediante GPS.

La seguente documentazione scientifica è utile

per la completa comprensione della presente descrizione:

[1] S. Savazzi and U. Spagnolini, "Wireless Geophone Networks for high density land acquisitions: technologies and future potential," The Leading Edge, Special Section: Seismic Acquisition, pp. 259-262, July 2008.

[2] Standard ECMA-368: High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard. Second Edition, December 2007, ECMA International.

[3] I.F. Akyildiz, Weilian Su, et al. "A survey on sensor networks", IEEE Comm. Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, Aug. 2002.

[4] A. Batra, J. Balakrishnan, "Design of a Multiband OFDM system for realistic UWB channel environments," IEEE Trans.on Micro. Theory and Tech., vol. 52, no. 9, pp. 2123-2137, Sept. 2004.

[5] I. Dermikol, C. Ersoy, F. B. Alagoz, "MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: a survey," IEEE Comm. Magazine, pp. 115-121, April 2006.

[6] IEEE 802.15.4-2006, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPAN)". Standard, IEEE.

SOMMARIO

La Richiedente ha notato che i metodi sopra indicati non appaiono soddisfacenti perché non riescono a coniugare con efficacia diverse esigenze contrastanti: l'elevato numero di sensori da impiegare, la necessità di limitare l'uso della cablatura ed assicurare robustezza e affidabilità del sistema di acquisizione in presenza di interferenze, mantenendo livelli accettabili di consumo energetico.

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di rendere disponibile un sistema di acquisizione dati che superi, almeno in parte, le problematiche sopra accennate.

Questo ed altri scopi vengono raggiunti mediante un sistema di acquisizione dati secondo la rivendicazione 1. Le rivendicazioni dipendenti definiscono altre possibili forme di realizzazione.

BREVE DESCRIZIONE DELLE FIGURE

Per meglio comprendere l'invenzione ed apprezzarne i vantaggi verranno di seguito descritte alcune sue forme di realizzazione esemplificative non limitative, facendo riferimento alle figure annesse, in cui:

la figura 1 è una vista schematica di una forma di realizzazione di un sistema di acquisizione dati

comprendente un'unità di controllo ed immagazzinamento, dispositivi sensori e dispositivi di telecomunicazione;

la figura 2 mostra un esempio di realizzazione di un dispositivo sensore di detto sistema;

la figura 3 mostra un esempio di realizzazione di un dispositivo di telecomunicazione di detto sistema;

la figura 4 mostra una struttura di una trama impiegabile dal sistema di acquisizione dati nell'invio di dati e/o segnali di controllo;

le figure 5A e 5B si riferiscono ad alcune fasi relative a un metodo di registrazione di dispositivo in una sottorete del sistema di acquisizione dati.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

La figura 1 mostra un esempio di un sistema di acquisizione dati 1000. In particolare, il sistema di acquisizione dati 1000 è impiegabile per attività di monitoraggio, per esempio, per le seguenti applicazioni:

- monitoraggio ambientale per il controllo dell'aria, dell'inquinamento delle acque, della temperatura, delle condizioni meteorologiche,
- monitoraggio ai fini della prevenzione e/o

rilevamento e/o gestione delle calamità naturali
(per esempio: frane, terremoti, incendi, ecc);

- monitoraggio sismico;
- monitoraggio urbano e/o industriale, video-sorveglianza, controllo del traffico urbano, controllo dei processi industriali;
- monitoraggio per sistemi di navigazione avanzati, navigazione assistita per i disabili;
- monitoraggio nell'ambito di applicazioni mediche per l'ottimizzazione e il miglioramento dell'assistenza medica negli ospedali, il monitoraggio remoto dei pazienti.

Nel seguito si descriverà il sistema di acquisizione 1000 facendo riferimento, in modo non limitativo, alla particolare applicazione relativa al monitoraggio sismico.

Il particolare sistema di acquisizione dati 1000 mostrato in figura 1 comprende: una pluralità di dispositivi sensori e/o di trasmissione (indicati genericamente con il simbolo WS), almeno un apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU e, per esempio, almeno un dispositivo di telecomunicazione WSG.

La pluralità di dispositivi sensori e/o di trasmissione WS è organizzata in modo da risultare

suddivisa in due sotto-pluralità che presentano caratteristiche distinte.

Tali sotto-pluralità includono: una sotto-pluralità di dispositivi sensori gestori WSC (rappresentati in figura con un pallino nero), con il ruolo di coordinamento e di aggregazione dei dati ricevuti e una sotto-pluralità di dispositivi sensori di rete WSU (rappresentati in figura 1 con un cerchio che circonda un punto) coordinati dai dispositivi gestori WSC.

Sia i dispositivi sensori gestori WSC (di seguito denominati per brevità "dispositivi gestori") sia i dispositivi sensori di rete (di seguito denominati per brevità "dispositivi di rete") sono configurati per fornire dati misurati e sono tali da operare, per esempio, secondo una prima modalità di telecomunicazione.

Tale prima modalità prevede una telecomunicazione di tipo radio (cioè, wireless) a corto raggio con tecnologia a banda ultra larga.

La figura 2 mostra schematicamente una possibile struttura di un dispositivo di rete WSU; tale struttura è analoga a quella dei dispositivi gestori WSC.

In maggior dettaglio, e con riferimento alla

figura 2, il dispositivo di rete WSU può comprendere, in particolare, uno o più sensori o unità di rilevamento 1, atti alla rilevazione di dati relativi a grandezze fisiche da monitorare e un apparato di acquisizione e comunicazione 9. I sensori 1 sono in grado di fornire segnali elettrici, tipicamente di tipo digitale, rappresentativi di una grandezza fisica misurata. Secondo l'esempio che fa riferimento al monitoraggio sismico, i sensori 1 possono essere geofoni o accelerometri. I sensori 1 sono collegati all'apparato di acquisizione e comunicazione 9 mediante un opportuna cablatura 10.

L'apparato di acquisizione e comunicazione 9 comprende un modulo di acquisizione dati digitali 11 (ACQ), per esempio includente un convertitore analogico digitale, collegato al sensore 1, una unità di memoria 12 (M) e un primo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 2 (SR-Rx/Tx). L'unità di memoria 12 (M) è, ad esempio, una scheda di memoria con capacità di memoria dell'ordine delle decine di Mbyte.

Il primo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 2 è configurato per operare secondo la prima modalità di telecomunicazione sopra definita per

trasmettere/ricevere segnali che possono trasportare i dati corrispondenti alle grandezze fisiche misurate dal sensore 1 oppure altre tipologie di segnali, quali ad esempio segnali di controllo.

Questo primo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 2 è, per esempio, una scheda radio-board in tecnologia UWB 3-10 GHz oppure 60 GHz.

Il dispositivo di rete WSU, e quello gestore WSC, può anche essere dotato di un apparato ricevitore di localizzazione satellitare ad esempio, GPS (Global Positioning System).

Inoltre, il dispositivo di rete WSU è opzionalmente dotato di una antenna esterna 6 (ad esempio toroidale) collegata al primo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 2 e di una batteria di alimentazione 7 (BATT). Alternativamente, il dispositivo di rete WS e/o il sensore 1 possono essere alimentati mediante pannelli fotovoltaici.

Si osservi di nuovo che la descrizione sopra effettuata con riferimento alla figura 2 è valida anche per i dispositivi gestori WSC, però si osservi che secondo una forma di attuazione particolare, i dispositivi gestori WSC possono essere privi del sensore 1 ed essere quindi degli

apparati di comunicazione e aggregazione dei dati che non provvedono a effettuare misure.

Per quanto riguarda l'organizzazione della pluralità WS di dispositivi sensori e/o di trasmissione, il sistema di acquisizione dati 1000 nell'esempio di figura 1 comprende una pluralità di reti quali: una prima rete A, una seconda rete B , una terza rete C e una quarta rete D, ciascuna associata ad un relativo dispositivo di telecomunicazione WSG che funge da gateway di raccolta.

All'interno di ciascuna di tali reti A-D, si possono individuare una pluralità di sotto-reti comprendenti una sotto-pluralità di dispositivi di rete WSU (che fungono da nodi finali) coordinati da un medesimo dispositivo gestore WSC che funge, quindi, da coordinatore. Il coordinatore è tale da aggregare e rigenerare i dati ricevuti dai dispositivi che coordina per poi ritrasmetterli; inoltre il coordinatore fornisce la segnalazione necessaria al funzionamento della rete di cui è coordinatore.

In particolare, all'interno di ciascuna sottorete i dispositivi di rete WSU, coordinati dai dispositivi gestori WSC, possono essere organizzati

secondo una topologia a stella.

Per esempio, con riferimento ancora alla figura 1, si consideri la seconda rete B che comprende una prima sotto-rete B1 formata da due dispositivi di rete WSU-1 e WSU-2, coordinati dal dispositivo gestore WSC1, e una seconda sotto-rete B2 formata da altri due dispositivi di rete WSU-3 e WSU-4 coordinati dal dispositivo gestore WSC-2. La prima sottorete B1 e la seconda sottorete B2 sono di tipo a stella.

Nella topologia a stella, un dispositivo gestore WSC è al centro della stella ai vertici della quale ci sono i dispositivi di rete WSU. Si osservi che, per esempio, i dispositivi di rete WSU possono essere anche organizzati secondo una topologia ad albero o cluster in cui i dispositivi di rete WSU costituiscono dei nodi finali e i dispositivi gestori WSC assumono il ruolo di nodi ripetitori secondo un livello gerarchico superiore sino al collegamento con il dispositivo di telecomunicazione WSG.

Inoltre, i dispositivi gestori WSC di ciascuna rete A-D sono organizzati adottando una topologia di rete a maglia (in inglese, mesh). A seconda della dimensione complessiva dell'area da

monitorare la topologia mesh impiegabile può essere di tipo parzialmente connessa o di tipo completamente connessa. In figura 1, le possibili connessioni sono indicate da doppie frecce e dispositivi gestori WSC appaiono formare maglie parzialmente connesse.

Ogni dispositivo gestore WSC è tale da agire come un coordinatore per un determinato numero di dispositivi di rete WSU e può anche operare da ripetitore (relay rigenerativo) per altri dispositivi gestori WSC, per esempio nel caso in cui la topologia a maglia risulti parzialmente connessa. I dispositivi gestori WSC comunicano anche con i dispositivi di telecomunicazione WSG, mentre ciò non è consentito ai dispositivi di rete WSU che, inoltre, non sono abilitati a comunicare fra loro per via diretta (in modalità peer-to-peer) ma solo attraverso specifici dispositivi gestori WSC.

I dispositivi di rete WSU, oltre al rilevamento di misure esterne, si occupano della trasmissione verso il relativo dispositivo gestore WSC dei dati misurati e di un segnale "time-stamp" che consente di indicare un istante temporale per l'aggregazione dei dati e l'elaborazione in tempo reale presso il

dispositivo gestore WSC.

Con riferimento alla figura 3, verrà descritto di seguito un esempio di realizzazione del dispositivo di telecomunicazione WSG che comprende un secondo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3, un dispositivo di interfaccia 4 ed un apparato di ricetrasmissione a lungo raggio 5 (LR-Tx/Rx). Il dispositivo di interfaccia 4 è configurato per la conversione del segnale digitale ricevuto dall'apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3 in un segnale adatto alla trasmissione a lungo raggio.

Secondo un'ulteriore forma di realizzazione, uno o più dei dispositivi di telecomunicazione WSG può comprendere anche un rispettivo sensore (non mostrato) analogo a quello incluso nei dispositivi di rete WSU o nei dispositivi gestori WSC. L'ulteriore sensore, se presente, è collegato al secondo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3 mediante un eventuale relativo modulo di acquisizione analogo a modulo 11 i figura 2. Il secondo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3, incluso nei dispositivi di telecomunicazione WSG, è configurato per comunicare con i primi apparati di ricetrasmissione a corto raggio 2 dei

dispositivi gestori WSC, secondo la suddetta prima modalità e che rientrano nel relativo raggio di operabilità. Inoltre, il secondo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3 è tale da non consentire una comunicazione diretta wireless con l'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU.

In particolare, ai fini della presente descrizione con l'espressione "apparati di ricetrasmissione a corto raggio" si intende che gli apparati sono adatti comunicare entro un raggio compreso fra 10 e 30 metri in condizioni di visibilità e per installazioni in esterno.

Inoltre, la tecnologia a "banda ultra larga" (Ultra Wide Band), di per sé nota, è una tecnologia radio (cioè wireless) con segnali aventi frequenza maggiore o uguale a 3 GHz e con una banda utilizzata maggiore di 500 MHz e per esempio, compresa fra 500 MHz e 1.5 GHz.

Secondo una forma di attuazione particolare, come tecnologia a banda ultra larga è impiegata la modulazione di tipo OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), più in particolare, di tipo multibanda MB: MB-OFDM. La tecnologia MB-OFDM prevede l'impiego della tecnica di frequency

hopping che assicura connettività commutando un segnale, per il quale vi fossero attenuazioni o disturbi rilevanti, da una certa frequenza di portante verso un'altra frequenza.

Il protocollo ECMA-368 rappresenta uno degli standard definiti per supportare la tecnologia MB-OFDM a livello fisico. La tecnologia MB-OFDM permette di gestire una velocità di trasmissione minima di decine Mb/s fino ad un massimo 480 Mb/s, a distanze di 10 metri.

L'apparato di ricetrasmissione a lungo raggio 5, incluso nel dispositivo di telecomunicazione WSG, è configurato per operare, per esempio, in accordo con una seconda modalità di telecomunicazione a lungo raggio. Per comunicazione a lungo raggio si intende una comunicazione wireless in grado di coprire distanze superiori a 30 metri e, in particolare, superiori ai 100 metri, per esempio, fino a 1km.

Secondo una particolare forma di attuazione, la seconda modalità di telecomunicazione a lungo raggio è di tipo a banda larga (Wide Band) ed in particolare, di tipo WiFi (con frequenze pari a 2,4 Ghz), ma può anche operare alla frequenza in banda ISM 868 MHz / 910 MHz oppure nello spettro VHF a

450-500 Mhz.

L'apparato di ricetrasmissione a lungo raggio 5, incluso nei dispositivi di telecomunicazione WSG, è configurato per comunicare in modalità wireless con l'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU, e consente una comunicazione wireless diretta con almeno un altro dispositivo di telecomunicazione WSG per la ricetrasmissione a lungo raggio 5.

Il dispositivo di interfaccia 4 permette di convertire il formato dei dati ricevuto dal secondo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3 nel formato dati compatibile con la trasmissione a lungo raggio. Questo è ottenuto tramite l'estrazione, mediante un modulo di estrazione 13 (PYL-EXTR), del contenuto informativo (payload) da un segnale fornito dal secondo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 3 e il trasferimento all'apparato di ricetrasmissione a lungo raggio 5, mediante un modulo di incapsulamento 14 (PYL-INC), e viceversa.

In accordo con l'esempio descritto, il dispositivo di telecomunicazione WSG è anche munito di una seconda scheda di memoria (non mostrata) per la memorizzazione dei dati (buffering) e di un

apparato ricevitore di localizzazione satellitare ad esempio, GPS (Global Positioning System). Inoltre, il dispositivo di telecomunicazione WSG può essere dotato di una antenna per i segnali a corto raggio 8 e di un'antenna per i segnali a lungo raggio 15.

L'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU è configurato per operare nella seconda modalità di telecomunicazione di tipo radio a lungo raggio e quindi è in grado di comunicare con gli apparati di comunicazione WSG. L'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU è strutturato per raccogliere i dati ricevuti da tutti gli apparati di comunicazione WSG ed è in grado di controllare il sistema di acquisizione dati 1000, mediante lo scambio di opportuni messaggi.

Funzionamento

La comunicazione fra i dispositivi inclusi nel sistema di acquisizioni dati 1000 avviene secondo una tecnica a commutazione di pacchetto. Per esempio, il sensore 1 del dispositivo di rete WSU-1 effettua misure ottenendo dei dati misurati che trasmette all'esterno, mediante il relativo primo apparato di ricetrasmissione a corto raggio 2. I dati misurati dal dispositivo di rete WSU-1 sono

ricevuti dal dispositivo gestore WSC-1 che li trasmette al dispositivo gestore WSC-2, il quale provvede ad aggregarli, rigenerarli e a trasmetterli al dispositivo di telecomunicazione WSG della seconda rete B.

Secondo una modalità di funzionamento opzionale il dispositivo gestore WSC-2 può eseguire una compressione senza perdita o con perdita parziale del segnale aggregato ricevuto dal dispositivo gestore WSC-1.

In particolare, le caratteristiche (frequenze, potenze, banda impiegata) della prima modalità di telecomunicazione a corto raggio sono tali da ridurre o evitare del tutto interferenze fra i segnali che pervengono presso i dispositivi gestori WSC e presso ciascun dispositivo di telecomunicazione WSG.

L'uso della tecnica MB-OFDM consente di ottenere un significativo riuso spaziale delle risorse radio e quindi di ridurre/eliminare le interferenze in modo particolarmente efficace. Gli apparati di comunicazione WSG inviano i dati che hanno ricevuto e memorizzato all'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU.

Si noti che, inoltre, vi è una differenza fra i

dispositivi di rete WSU e dispositivi gestori WSC con riguardo alle informazioni di rete: i dispositivi gestori WSC hanno l'incarico di propagare le informazioni di rete mediante trasmissione periodica di trame "beacon" (in inglese "beacon frames"), mentre questa funzionalità è inibita per i dispositivi di rete WSU.

Le informazioni di rete trasmesse tramite i beacon frame sono, per esempio, : il numero di dispositivi di rete WSU prossimi al dispositivo gestore WSC che trasmette, lo stato della batteria di alimentazione di ciascun dispositivo della rete di cui un dispositivo gestore WSC è coordinatore, l'elenco delle prenotazioni delle risorse trasmissive in termini di numero e posizione di slot temporali riservati alla trasmissione dei dati misurati all'interno della struttura a trama.

Per quanto riguarda il livello MAC (Medium Access Control) cioè il livello della pila ISO/OSI relativo all'accesso al supporto, i dispositivi gestori WSC possono basarsi, ad esempio, sullo standard ECMA-368. Secondo questo standard, ciascun dispositivo gestore WSC è in grado di trasmettere segnali secondo una struttura di trama nella quale

sono inseriti sia i dati misurati sia i dati necessari per la segnalazione di rete. Questi ultimi sono trasmessi attraverso trame di beacon (beacon frames) posizionate all'interno di una specifica sottoporzione di trama (Beacon Period, di seguito indicato anche come BP). Il beacon frame è trasmesso all'interno di un beacon slot, ovvero un unità temporale la cui lunghezza è tale da consentire l'invio dei dati necessari alla segnalazione.

Si osservi che i dispositivi sensori di gestione cluster WSC sono configurati per raccogliere i dati misurati dai dispositivi sensori di rete WSU ed organizzare le proprie risorse attraverso un meccanismo completamente distribuito. Questo meccanismo denominato distributed beaconing è reso possibile dallo standard ECMA-368 e consente la creazione di una rete mesh fra i dispositivi gestori WSC. Il fatto che la comunicazione sia possibile fra dispositivi gestori WSC e non fra dispositivi di rete WSU rappresenta una differenza rispetto alle reti compatibili con lo standard ECMA368.

La figura 4 mostra esemplificativamente la struttura della trama analoga a quella dello

standard ECMA-368, a meno di differenze che saranno indicati nel seguito.

L'accesso al mezzo è diviso in super-trame (superframes) quali: un Beacon Period, un Guaranteed Time Slot (GTS) contenente slot temporali ad accesso garantito dedicati esclusivamente alla trasmissione di dati misurati e un periodo di accesso in collisione (CAP).

Come già accennato, a differenza dei dispositivi che operano secondo lo standard ECMA 368, i dispositivi di rete WSU non possono trasmettere dati all'interno del Beacon Period. In tal modo si riduce l'occupazione di risorse, diminuendo il consumo energetico complessivo per il sistema di acquisizione dati 1000 (in quanto quest'ultimo è dovuto principalmente al consumo energetico misurato in fase di lettura del Beacon Period).

Ciascun dispositivo sensore gestore WSC è invece incaricato di trasmettere beacon frames con periodicità data dal superframe in figura 4. I dispositivi sensori di rete WSU sono invece adatti a ricevere il beacon frame trasmesso dal dispositivo gestore WSC di riferimento per il recupero della sincronizzazione e per acquisire informazioni relative allo stato del monitoraggio.

Per evitare collisioni all'interno del Beacon Period i dispositivi di rete WSU sono autorizzati a trasmettere trame di dati e di controllo/segnalazione solo durante la sottoporzione di trama denominata CAP (Contention Access Period), in cui è permesso l'accesso al mezzo trasmissivo tramite il solo meccanismo ad accesso casuale (non garantito).

Come già descritto, le specifiche protocollari per i dispositivi di telecomunicazione WSG si possono basare sullo standard ECMA-368. In particolare, i dispositivi di telecomunicazione WSG dispongono di un indirizzo MAC e di un beacon frame Beacon Period riservato e conosciuto a tutti i dispositivi gestori WSC. In aggiunta, i dispositivi di telecomunicazione WSG implementano le seguenti procedure (che ne estendono le funzionalità rispetto sia all'ECMA 368 standard, sia ai dispositivi gestori WSC e di rete WSU):

- a) procedura di diffusione della struttura di framing (intervalli BP/GTS/CAP);
- b) procedura di generazione dei messaggi di controllo/propagazione su tratta downlink, es comandi START / STOP e Hibernate;
- e) procedura di gestione/allocazione dei beacon

slots nella supertrama (il primo slot dopo gli slot di segnalazione è riservato per i dispositivi di telecomunicazione WSG); si veda la struttura di super-trama di figura 4.

Si noti che, in accordo a questa forma di realizzazione, il protocollo MAC qui descritto può integrare le principali funzionalità dello standard ECMA-368 (supporto di alta velocità di trasmissione e trasmissione in tempo reale), con quelle più specifiche relative allo standard IEEE 802.15.4 (basso consumo di energia, alta scalabilità della rete).

In particolare, la definizione di un'architettura di rete basata sul coordinamento da parte di dispositivi gestori WSC a funzionalità estesa (full-function devices) e dispositivi di rete WSU a funzionalità ridotta (reduced function device) è, per esempio, una caratteristica del sistema di acquisizione 1000 gestibile in modo in parte analogo a quanto previsto dallo standard IEEE 802.15.4.

Si faccia ora riferimento alle modalità di accesso al Beacon Period da parte dei dispositivi gestori WSC. Tale accesso al Beacon Period da parte dei dispositivi gestori WSC è gestito, per esempio,

in modo centralizzato da uno dei dispositivi gestori WSC che ha l'incarico di trasmettere il beacon frame in una specifica posizione (beacon slot) all'interno del Beacon Period indicata come Highest Occupied Beacon Slot (HOBS).

A differenza di quanto prescritto dallo standard ECMA368, l'accesso di un nuovo dispositivo gestore WSC all'uso del Beacon Period è basato su uno scambio di messaggi all'interno di slots di segnalazione con riferimento alla struttura di trama di figura 4. Tale accesso comprendente le fasi di: invio di un messaggio di richiesta di un nuovo beacon slot da parte di un dispositivo gestore WSC e l'attesa di un messaggio di risposta da parte del dispositivo gestore WSC il cui beacon slot occupa la posizione HOBS.

A tal proposito si faccia riferimento ad un esempio descritto con riferimento alle figure 5A e 5B. Un dispositivo gestore indicato nelle figure 5A-B come "DEV D", effettua una richiesta di inserimento (REQ D) nel Beacon Period utilizzando uno dei due slot di segnalazione allocati prima dell'inizio del Beacon Period (Signalling Slots).

Per la sottorete considerata in questo esempio, un altro dispositivo gestore indicato come "DEV C"

copre il ruolo di HOBS poiché' il beacon slot ad esso associato è il più vicino al tratto finale del Beacon Period (HOBS : Highest Occupied Beacon Slot). La sottotrama VIS-C rappresenta la visione del Beacon Period per il dispositivo gestore DEV C.

Il dispositivo gestore DEV C ha quindi l'incarico di assegnare il beacon slot immediatamente successivo al proprio al dispositivo gestore DEV D. L'assegnamento è ottenuto comunicando ad altri membri autorizzati all'accesso a quel Beacon Period (dispositivi gestori DEV A e DEV B) la posizione del nuovo slot occupato dal dispositivo gestore DEV D. Tale comunicazione avviene tramite lo scambio periodico beacon frames e in particolare modificando opportunamente una porzione del beacon frame denominata Beacon Period Information Element (BPOIE), indicata in figura 5A come BPOIE(C). L'intera operazione ha, per esempio, una durata complessiva di 3x65.5ms (3 supertrame).

La figura 5B mostra la struttura del Beacon Period Information Element trasmesso dal dispositivo gestore DEV D, BPOIE(D), al termine della procedura di assegnazione. Inoltre, la figura 5B mostra le sottotrame VIS-C e VIS-D che rappresentano la visione del Beacon Period per il

dispositivo gestore DEV C e per il dispositivo gestore DEV D, rispettivamente, al termine della procedura di assegnazione.

Si noti che, come già accennato, i dispositivi di telecomunicazione WSG sono tali da trasmettere informazioni di rete impiegando un beacon slot riservato e quindi essi non partecipano alla procedura di accesso al Beacon Period descritta per i dispositivi gestori WSC.

Secondo un'altra particolare forma di realizzazione, i dispositivi di telecomunicazione WSG e i dispositivi gestori WSC sono rispettivamente dotati di un ricevitore di un sistema di navigazione satellitare, ad esempio, di tipo GPS.

Invece, tutti o parte dei di rete WSU possono essere privi di un ricevitore di un sistema di navigazione satellitare e possono in alternativa essere dotati di un modulo software di localizzazione in grado di consentire una procedura di autolocalizzazione che non si basa su segnali satellitari.

In particolare, i dispositivi di rete WSU, non dotati di modulo GPS, possono effettuare delle misure di tempi di arrivo (Time of Arrival) del

segnale, cioè misurare l'intervallo di tempo impiegato da un segnale trasmesso da un dispositivo gestore WSC o da un dispositivo di telecomunicazione WSG (dei quali è nota la posizione tramite il ricevitore GPS di cui questi sono dotati) per raggiungere il dispositivo sensore considerato.

Sulla base di tre o più di tali misure di tempo di arrivo del segnale, il modulo di localizzazione, eseguendo noti algoritmi di triangolazione, può determinare le coordinate geografiche del dispositivo di rete WSU considerato.

I dispositivi di rete WSU rendono quindi disponibile al dispositivo di telecomunicazione WSG, tramite i dispositivi gestori WSC la loro posizione rendendo questa informazione disponibile presso l'apparato di controllo o immagazzinamento dati SU, e quindi agli operatori.

La figura 4 mostra all'interno del super-frame CAP la posizione del frame di localizzazione, denominato localization frame destinato a contenere l'informazione relativa alla posizione, mentre alcuni slot di uplink sono dedicati alla trasmissione di dati misurati (per esempio dati sismici - Seismic Data).

Si osservi che nonostante la descrizione sopra riportata faccia riferimento a due modalità di telecomunicazione, a corto raggio e a lungo raggio, il sistema di acquisizione dati 1000 potrebbe operare, in accordo ad un'altra forma di attuazione, secondo una sola di tali modalità di telecomunicazione. Con riferimento al caso in cui sia utilizzata la sola modalità a corto raggio, l'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU è tale da operare a corto raggio e il ruolo svolto dai dispositivi di telecomunicazione WSG può essere svolto da quei dispositivi gestori WSC che occupano un livello gerarchico più alto. Tali dispositivi gestori WSC, di livello gerarchico più alto, sono collegati in modalità a corto raggio con l'apparato di controllo ed immagazzinamento dati SU, senza la necessità di effettuare conversioni fra diverse modalità di telecomunicazione.

Le forme di realizzazione descritte risultano estremamente vantaggiose.

L'impiego di una tecnologia UWB a corto raggio combinato con l'impiego di una tecnologia a lungo raggio consente di gestire l'acquisizione di dati su vasti territori, con un numero elevato di

sensori (ad esempio, 3000 per Km²), evitando collisioni e con una corretta sincronizzazione dei dati trasmessi.

L'organizzazione che prevede dispositivi gestori che coordinano i dispositivi di rete, operando anche quindi da aggregatori e ripetitori, per esempio con topologie ad albero o a stella, consente di coprire vasti territori ottimizzando il consumo energetico.

In particolare, la gestione/autoconfigurazione efficiente del Beacon Period utilizzata dal sistema di acquisizione dati 1000, consente una riduzione dell'energia assorbita con una conseguente limitazione degli ingombri e dei costi complessivi.

L'utilizzo degli slots di segnalazione per la procedura di registrazione dei dispositivi gestori presenta il vantaggio di mantenere sotto controllo la dimensione complessiva del Beacon Period, evitando quindi complesse e difficilmente controllabili fasi di contrazione ed espansione del Beacon Period. Questo consente da un lato di massimizzare il numero di dispositivi gestori WSC registrabili all'interno del Beacon Period, dall'altro lato di minimizzare il consumo energetico di questi ultimi.

La possibilità di effettuare una procedura di auto-localizzazione da parte dei dispositivi sensori di rete WSU, senza essere dotati di un ricevitore GPS, permette una ulteriore riduzione degli ingombri e dei costi.

Alle forme di realizzazione sopra descritte del sistema di acquisizione dati la persona esperta, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti specifiche, potrà apportare numerose aggiunte, modifiche o sostituzioni di elementi con altri funzionalmente equivalenti, senza tuttavia uscire dalle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1.Sistema di acquisizione dati (1000) comprendente:

una pluralità di dispositivi sensori e/o di trasmissione (WSC, WSU) configurati per fornire dati misurati con tecnologia senza fili e secondo una prima modalità di telecomunicazione di tipo radio a corto raggio;

un apparato di controllo ed immagazzinamento dati (SU) atto a ricevere i dati forniti da detta pluralità di dispositivi (WSC, WSU) e configurato per operare in una seconda modalità di telecomunicazione di tipo radio a lungo raggio;

almeno un dispositivo di telecomunicazione (WSG) strutturato per convertire segnali/dati dalla prima alla seconda modalità e viceversa consentendo uno scambio di dati/segnali fra detta pluralità di dispositivi e detto apparato;

in cui la pluralità di dispositivi sensori e/o di trasmissione comprende dispositivi gestiti (WSU) e dispositivi gestori (WSC) configurati per operare da coordinatori di una sottorete di dispositivi gestiti; i dispositivi gestori essendo organizzati in una topologia mesh almeno parzialmente connessa ed essendo abilitati a comunicare con detto almeno un dispositivo di telecomunicazione (WSG).

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui:

i dispositivi gestori (WSC) sono configurati per comunicare con ulteriori dispositivi gestori della pluralità di dispositivi;

i dispositivi gestori (WSC) sono abilitati a trasmettere all'interno di una trama dati beacon (BP) informazioni di rete relative ad una sottorete di dispositivi gestiti di cui sono coordinatori;

i dispositivi gestiti (WSU) essendo disabilitati alla trasmissione di dette informazioni di rete ed essendo disabilitati dalla trasmissione/ricezione di dati misurati verso/da altri dispositivi gestiti.

3. Sistema secondo almeno la rivendicazione 2, in cui la pluralità di dispositivi include un primo dispositivo gestore configurato per gestire una richiesta di accesso alla trama dati beacon da parte di un secondo dispositivo gestore mediante scambio di segnali all'interno di uno slot temporale di segnalazione.

4. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui la prima modalità di telecomunicazione è a banda ultra larga e include, preferibilmente, trasmissioni attraverso una tecnologia OFDM-Multibanda compatibili, per esempio, con lo standard ECMA368 e

la seconda modalità di telecomunicazione è la tecnologia a larga banda, Wide Band.

5. Sistema secondo la rivendicazione 1, i cui almeno parte dei dispositivi gestori e parte dei dispositivi gestiti formano una sottorete a stella o ad albero.

6. Sistema secondo le rivendicazioni 1 e 2, in cui il primo dispositivo gestore (WSC) è configurato per:

allocare risorse trasmissive presso i dispositivi gestiti (WSU);

ricevere dati/segnali dai dispositivi gestiti, rigenerarli e trasmetterli a detto almeno un dispositivo di telecomunicazione (WSG);

trasmettere ulteriori dati in specifici slot di segnalazione ai fini della registrazione per l'accesso ai servizi di rete e per la trasmissione all'interno della trama dati beacon.

7. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui i ciascuno dei dispositivi gestiti (WSU) include un'unità sensore (1) strutturata per fornire dati rappresentativi di una grandezza fisica misurata.

8. Sistema secondo almeno la rivendicazione 1, in cui:

ciascuno di detti dispositivi gestori (WSC)

include un modulo ricevitore di un sistema di navigazione satellitare configurato per fornire una posizione del relativo dispositivo di gestione cluster;

ciascuno di detti dispositivi gestiti (WSU) include un modulo di calcolo della propria posizione basato sull'analisi dei tempi di arrivo di segnali provenienti da una pluralità di dispositivi di gestione cluster; ciascun dispositivo gestito essendo strutturato per fornire la propria posizione calcolata al dispositivo gestore a al quale è associato.

9. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui:

ciascun dispositivo gestito e ciascun dispositivo gestore comprende un relativo primo apparato di ricetrasmissione (2) configurato per operare secondo la prima modalità;

il dispositivo di telecomunicazione (WSG) comprende:

un secondo apparato di ricetrasmissione (3) configurato per operare secondo la prima modalità;

un terzo apparato di ricetrasmissione (3) configurato per operare in accordo con la seconda modalità e con l'apparato di controllo e

immagazzinamento;

una interfaccia (4) per interfacciare il secondo ed il terzo apparato di ricetrasmissione.

il dispositivo di telecomunicazione (WSG) può trasmettere informazioni di rete in uno slot temporale riservato a detto dispositivo di telecomunicazione.

10. Sistema secondo almeno la rivendicazione 1, configurato per almeno uno dei seguenti tipi di monitoraggio:

- monitoraggio ambientale per il controllo dell'aria, dell'inquinamento delle acque, della temperatura, delle condizioni meteorologiche,

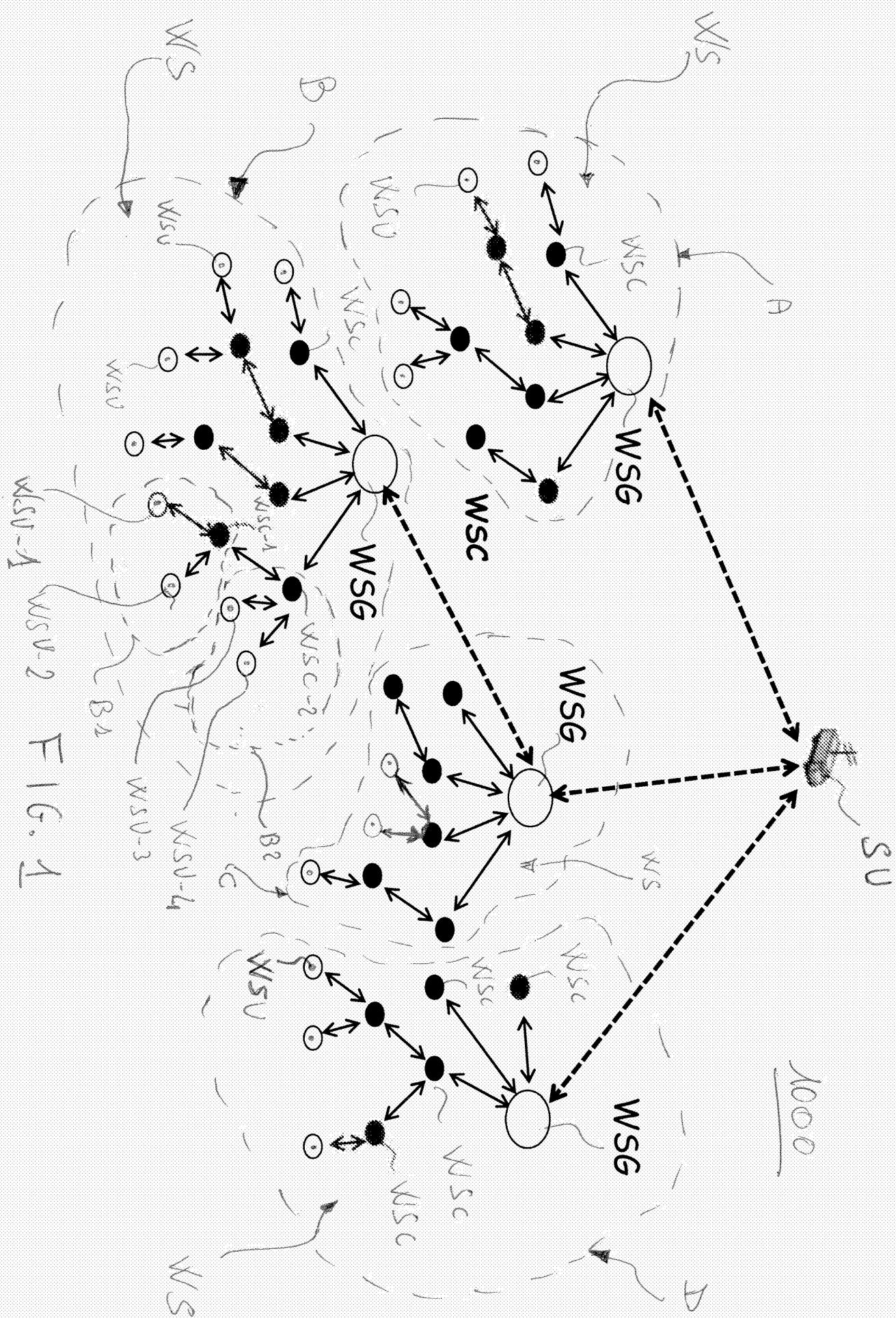
- monitoraggio ai fini della prevenzione e/o rilevamento e/o gestione delle calamità naturali;

- monitoraggio sismico;

- monitoraggio urbano e/o industriale, video-sorveglianza, controllo del traffico urbano, controllo dei processi industriali;

- monitoraggio per sistemi di navigazione avanzati, navigazione assistita per i disabili;

monitoraggio nell'ambito di applicazioni mediche per l'ottimizzazione e il miglioramento dell'assistenza medica negli ospedali, il monitoraggio remoto dei pazienti.



$\frac{WSU}{WSC}$

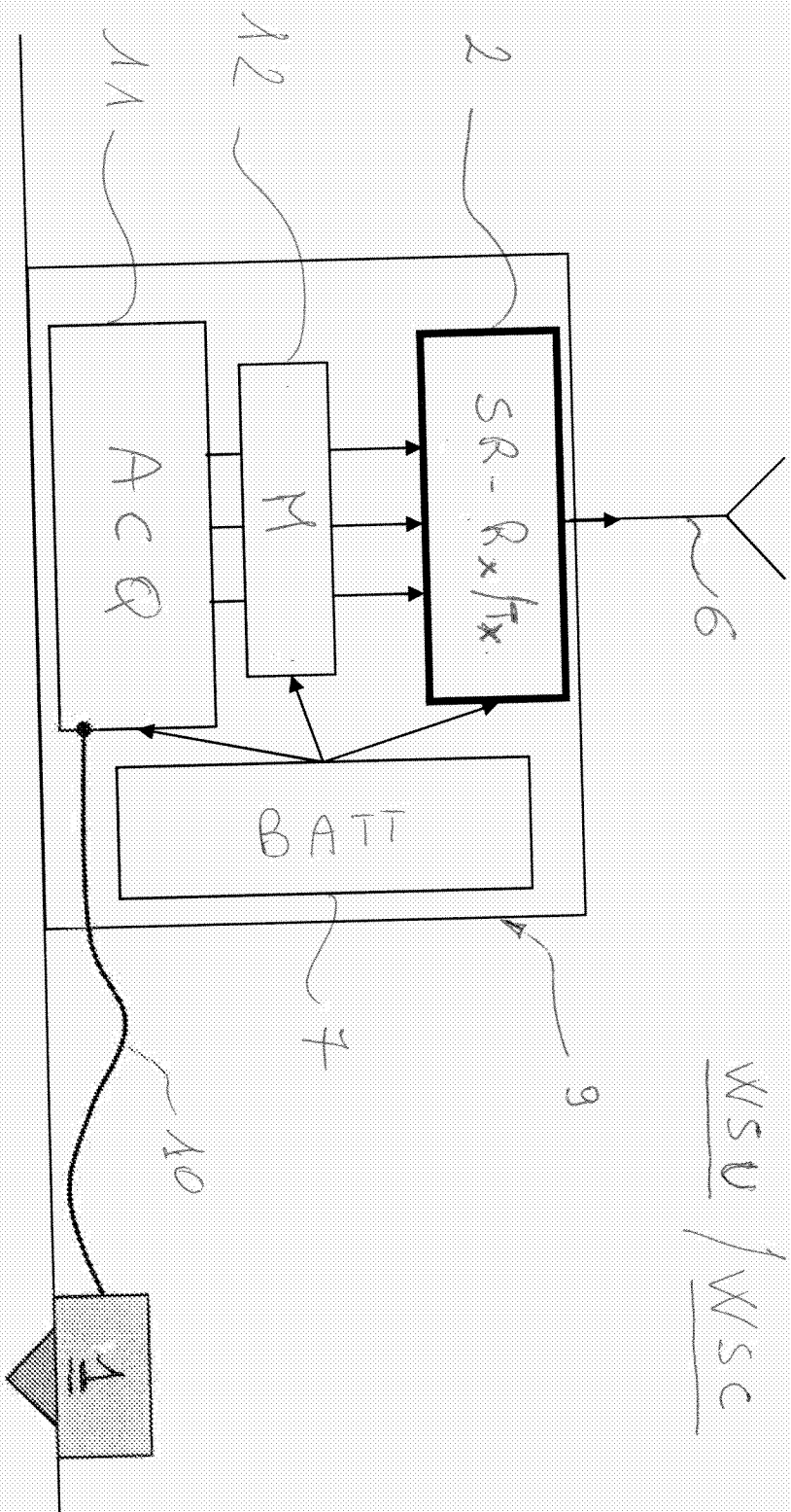
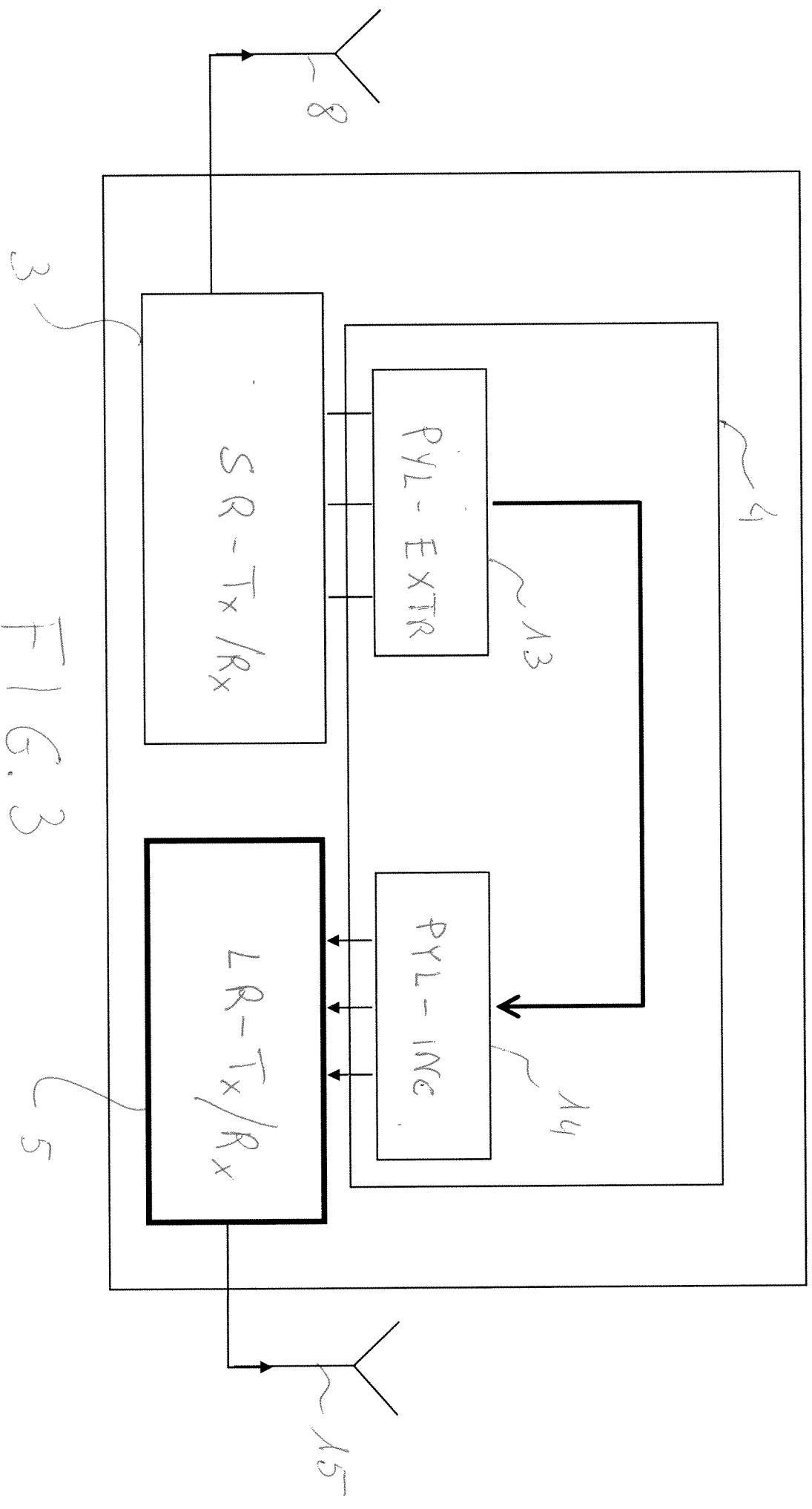


FIG. 2

WSG



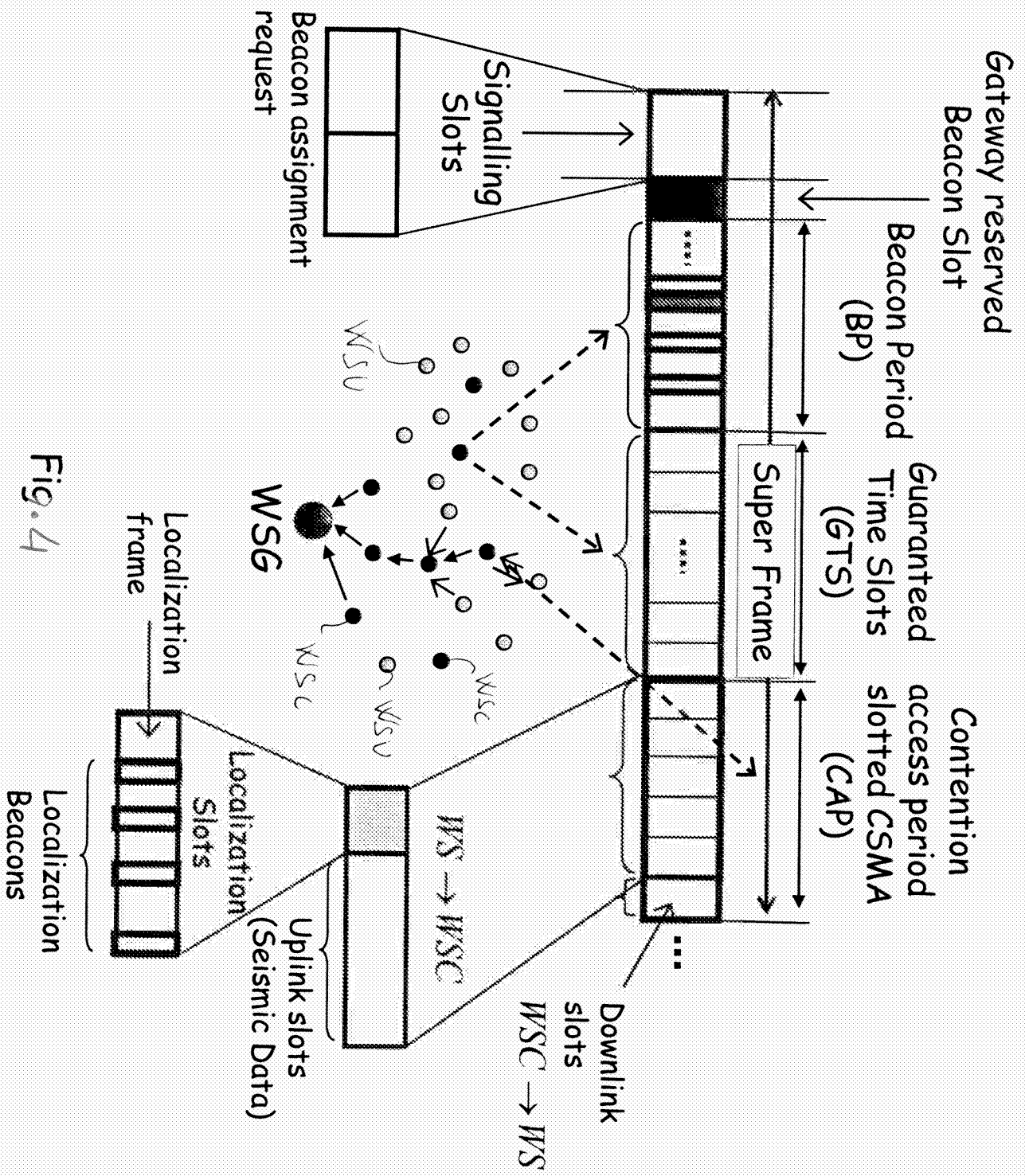


Fig.4

FIG. 5B

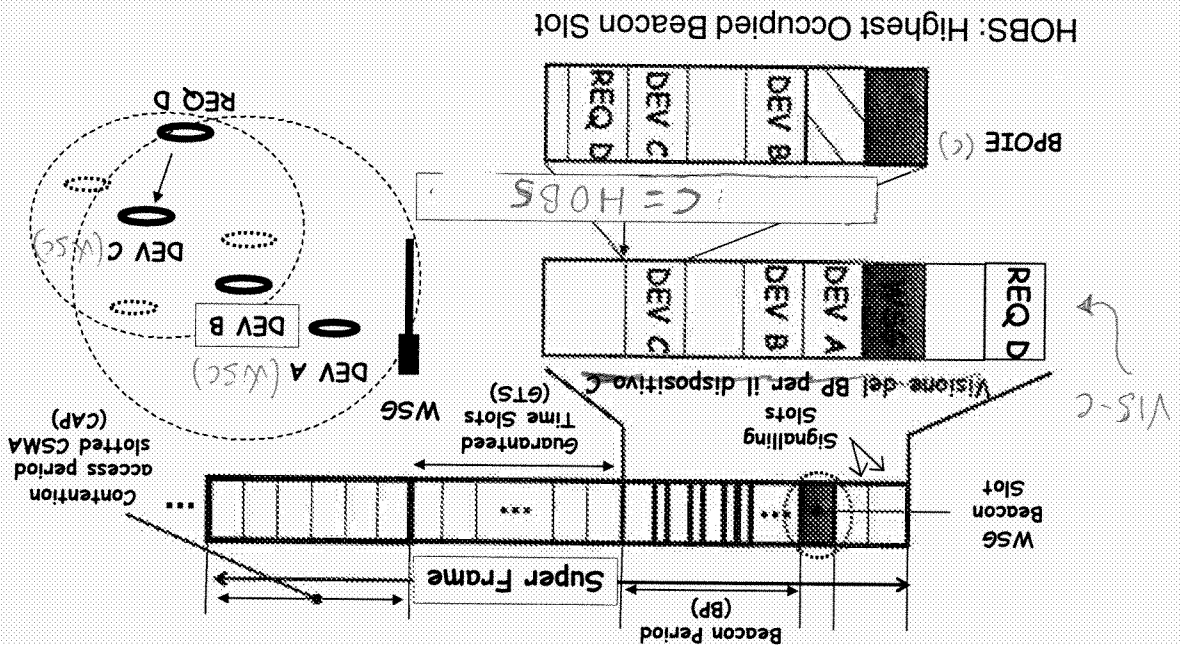
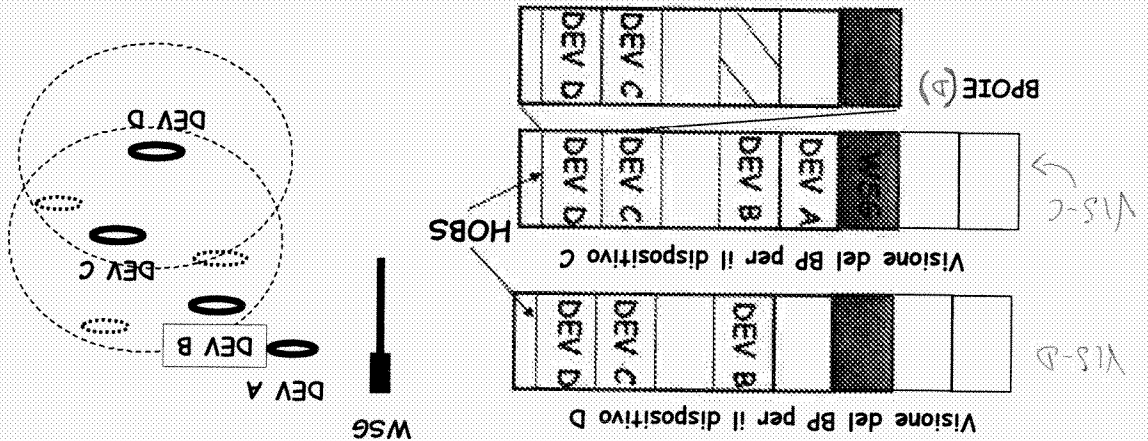


FIG. 5A