

We bring the control of your vessel at a fingertip.

Propulsion control

Hull & auxiliaries

Simulation & training

Power management

Damage control

Condition based maintenance

Dynamic positioning

Automation

Energy management

SEASTEMA

www.seastema.it

Navi senza pilota: dall'automazione all'autonomia

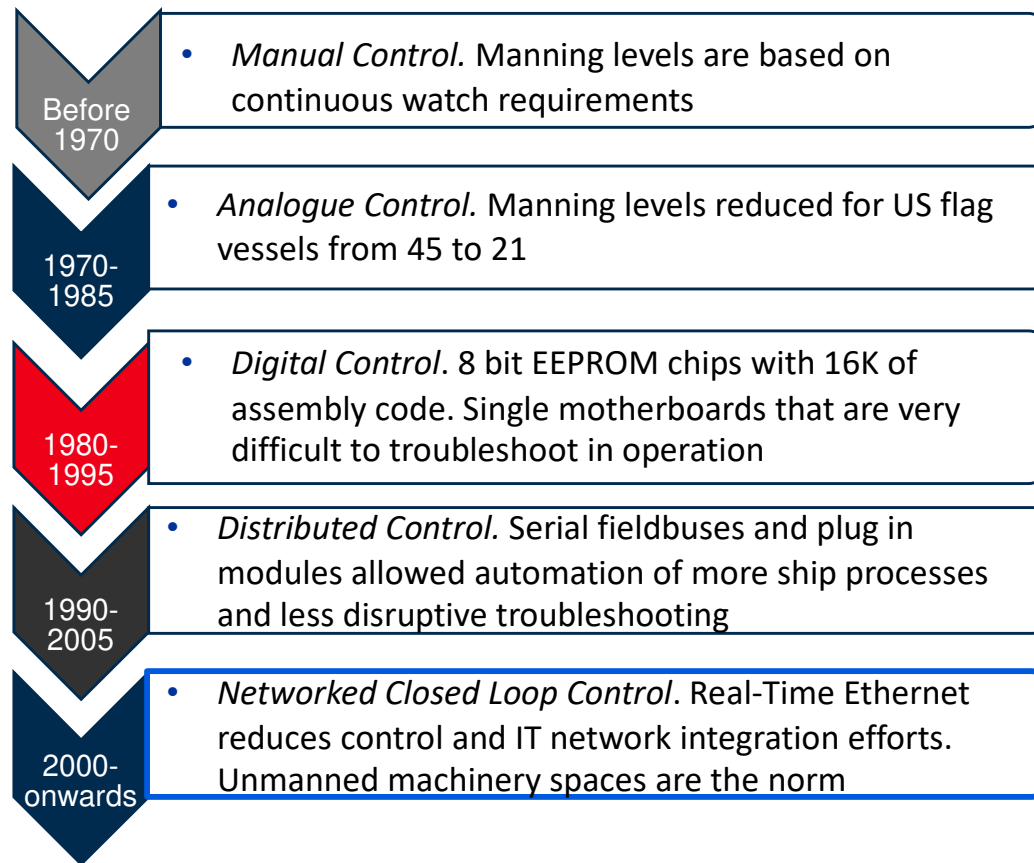
Alessandro Concialini (CEO Seastema) - Presenta Luca Sebastiani (Head R&D)

Incontro di studio - "SOLUZIONI GIURIDICHE E PRATICHE ALL'USO DEI SISTEMI AEREI, MARITTIMI E TERRESTRI AUTOMATIZZATI IN CAMPO CIVILE E MILITARE", Macerata, 11 febbraio 2020

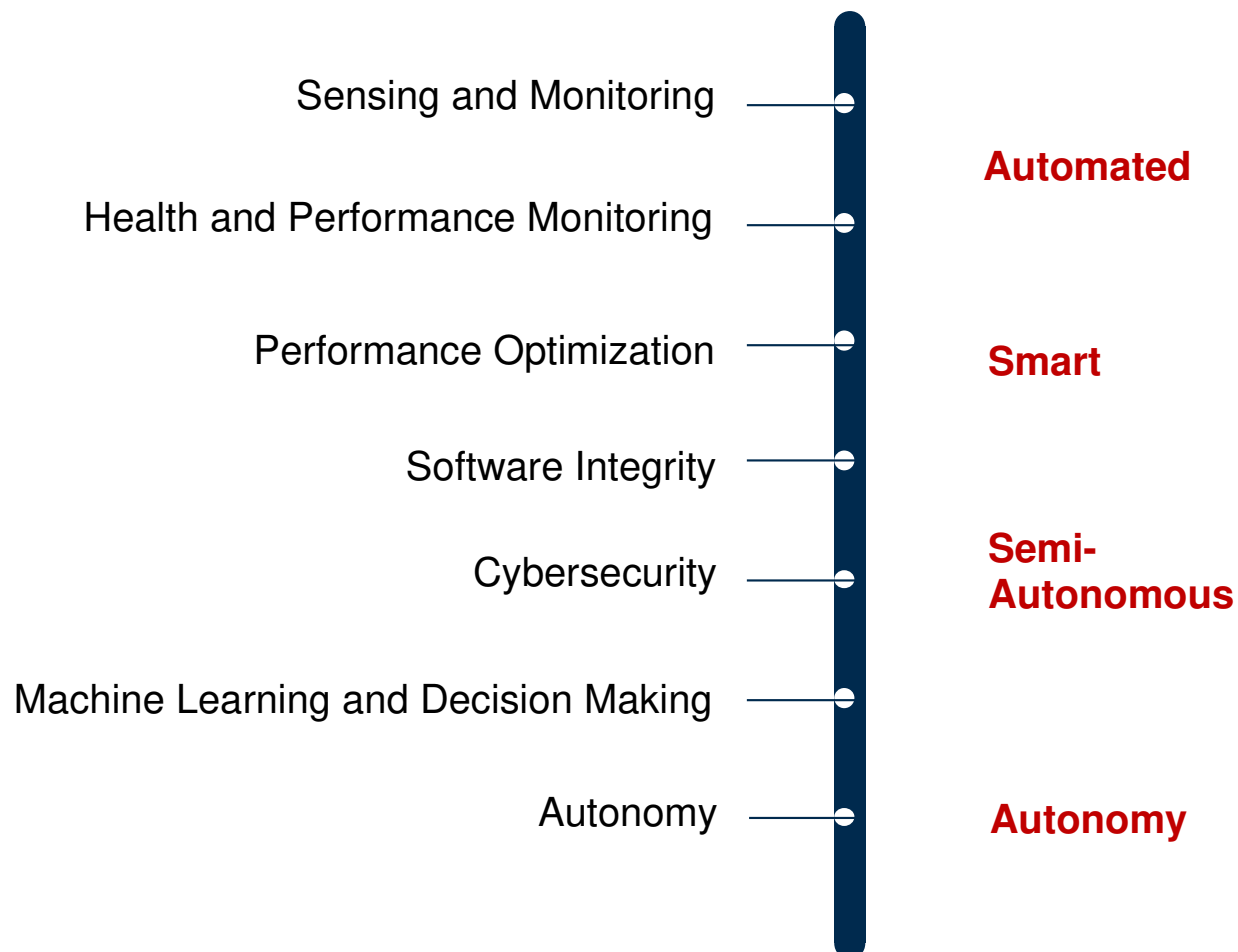
LISTA DEI CONTENUTI

- ❑ Stato dell'arte e trend tecnologici del controllo auto-remoto delle navi
- ❑ Trasversalità tra tecnologie MARITIME e NAVAL
- ❑ Le funzioni chiave e le tecnologie abilitanti del controllo auto-remoto
- ❑ Le esperienze di SEASTEMA su applicazioni Maritime Unmanned Surface Ships (MASS)
- ❑ Conclusioni

Il progresso tecnologico dell'automazione navale dal controllo manuale all'automazione integrata



Il trend evolutivo dell'automazione navale dal controllo automatico al controllo autonomo



Il trend evolutivo dell'automazione navale dal controllo automatico al controllo autonomo

Livelli di autonomia secondo MSC100

	Autonomy level	Description
1	Ship with automated processes and decision support	Seafarers are on board to operate and control shipboard systems and functions. Some operations may be automated and at times be unsupervised but with seafarers on board ready to take control.
2	Remotely controlled ship with seafarers on board	The ship is controlled and operated from another location. Seafarers are available on board to take control and to operate the shipboard systems and functions.
3	Remotely controlled ship without seafarers on board	The ship is controlled and operated from another location. There are no seafarers on board.
4	Fully autonomous ship	The operating system of the ship is able to make decisions and determine actions by itself.

Stato attuale
delle navi
manned
mercantili e
militari più
moderne

Obiettivo
finale

Stato attuale delle
dimostratori
tecnologici mercantili

Stato attuale degli
USV operativi

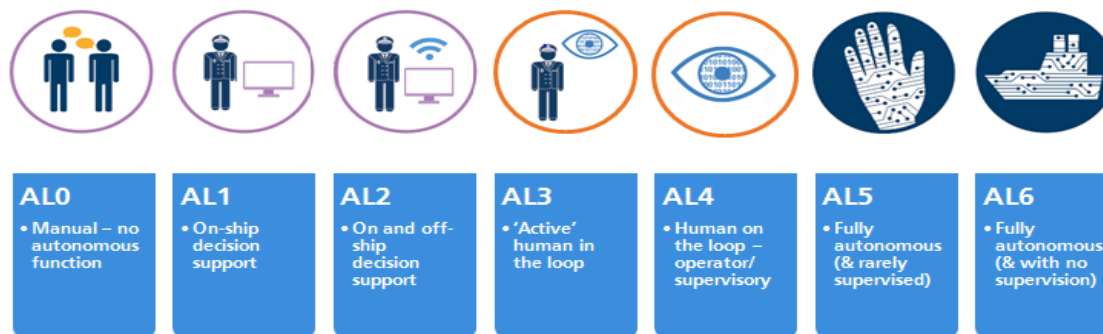
Normative relative all'incremento dell'automazione nelle operazioni navali

- ❑ **Navigazione Integrata:** Rules for One Man Bridge Operated (**OMBO**) Ships
- ❑ **Automazione Integrata:** Rules for Periodically Unattended Machinery Spaces (**UMS**)

Il contesto normativo per il controllo remoto / autonomo delle navi (navi 'auto-remote')

- ❑ LR nel 2017 ha emesso il proprio “**Design Code for Unmanned Marine Systems (UMS)**”.
- ❑ LR nel 2017 ha rivisto la propria “ShipRight procedure for Cyber-Enabled systems” con l’emissione della “**ShipRight procedure for cyber descriptive nots for autonomos & remote access ships**” in cui si considerano esplicitamente le operazioni auto-remote.
- ❑ DNV-GL nel 2018 ha emesso la propria guideline DNVGL-CG-0264 per la Notazione di Classe “**Autonomous and Remotely operated ships**”
- ❑ IMO nella sessione 100 di fine 2018 del proprio comitato MSC ha completato l’esercizio preparatorio sulla regolamentazione delle navi unmanned e si propone a fine 2019 di stabilire la “way-ahead” più appropriate per rivedere i regolamenti al fine di abilitare le operazioni auto-remote (*la Guardia Costiera partecipa a questa iniziativa come rappresentante della delegazione italiana con il supporto del DITEN dell’Università di Genova e prossimamente di SEASTEMA*).

Livelli di autonomia secondo il LR



AL 0)	Manual: No autonomous function. All action and decision-making performed manually (n.b. systems may have level of autonomy, with Human in/ on the loop.), i.e. human controls all actions.
AL 1)	On-board Decision Support: All actions taken by human Operator, but decision support tool can present options or otherwise influence the actions chosen. Data is provided by systems on board.
AL 2)	On & Off-board Decision Support: All actions taken by human Operator, but decision support tool can present options or otherwise influence the actions chosen. Data may be provided by systems on or off-board.
AL 3)	'Active' Human in the loop: Decisions and actions are performed with human supervision. Data may be provided by systems on or off-board.
AL 4)	Human on the loop, Operator/ Supervisory: Decisions and actions are performed autonomously with human supervision. High impact decisions are implemented in a way to give human Operators the opportunity to intercede and over-ride.
AL 5)	Fully autonomous: Rarely supervised operation where decisions are entirely made and actioned by the system.
AL 6)	Fully autonomous: Unsupervised operation where decisions are entirely made and actioned by the system during the mission.

Livelli di autonomia secondo il DNV-GL

Per le operazioni di navigazione il DNV-GL prevede i seguenti livelli di autonomia

<i>Autonomy level</i>	<i>Description of autonomy level</i>
M	Manually operated function.
DS	System decision supported function.
DSE	System decision supported function with conditional system execution capabilities (human in the loop, required acknowledgement by human before execution).
SC	Self controlled function (the system will execute the operation, but the human is able to override the action. Sometimes referred to as 'human on the loop').
A	Autonomous function (the system will execute the function, normally without the possibility for a human to intervene on the functional level).

Per le operazioni di piattaforma il DNV-GL prevede i seguenti livelli di automazione a bordo al fine di supportare la gestione dell'operatore da remoto

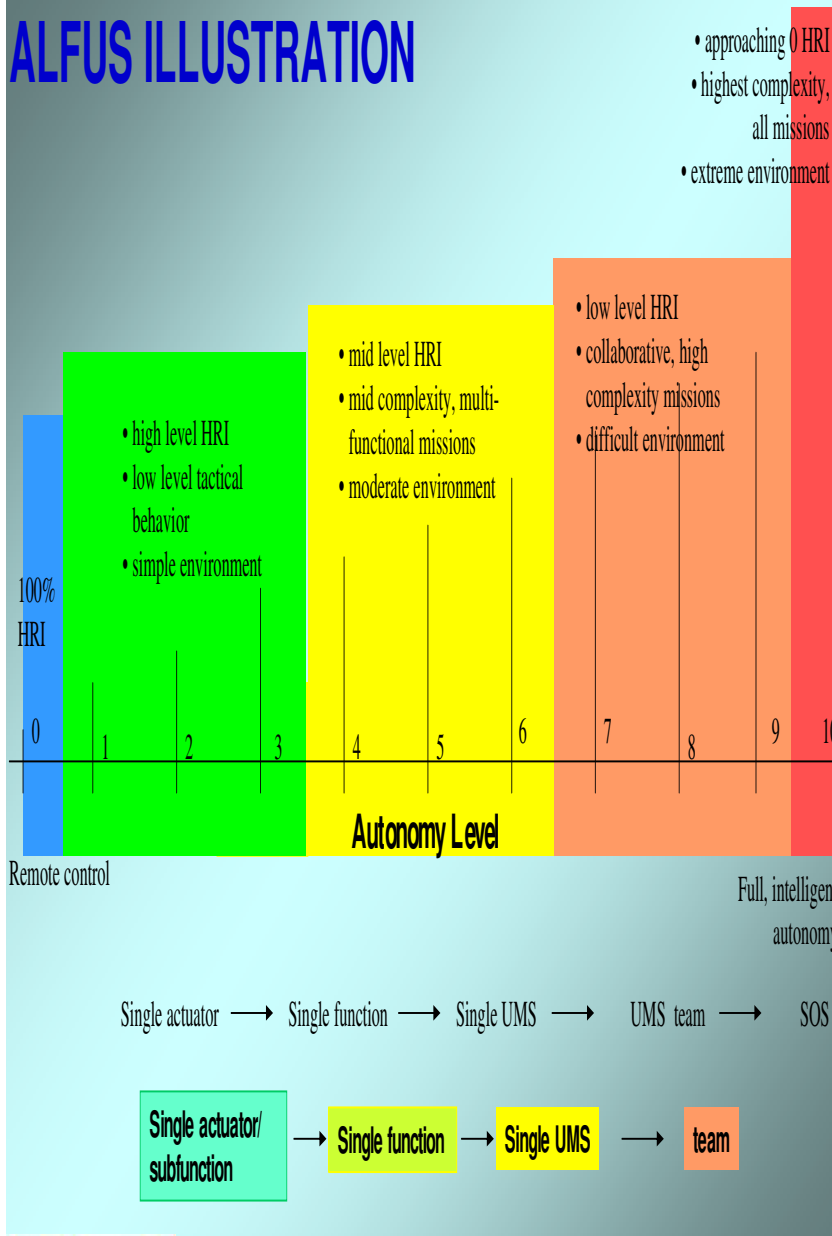
- automatic support (AS)

Operation of the vessel function by automation systems and personnel in combination. Automation system(s) may partly or fully perform data acquisition, interpretation and decision. This mode is a collective term for all variants of decision support where the automatic support function may need complementary human sensing, interpretation or decision-making and where the action is not automatically effectuated.

- automatic operation (AO)

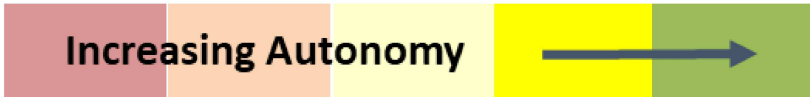
Operation of the vessel function by automation system(s) without need for intervention by personnel. Unwanted and unexpected events and situations (outside operational design domain) are automatically handled by on-board safety system(s) to ensure the ship will remain in a safe state (within the last resort MRCs). Personnel will supervise the operation and may intervene.

ALFUS : Autonomy Levels for Unmanned Systems



Il concetto di autonomia secondo ALFUS

	<i>Sensing</i>	<i>Perception</i>	<i>Analysing</i>				
	Level 0 fusion	Level 1&2 fusion	Level 3 fusion	Planning	Decision making	Acting	Communi cating
Level 5	All Ship	All Ship	Most Ship	Most Ship	Most Ship	All Ship	Most Ship
Level 4	All Ship	Most Ship	Shared	Shared	Shared	Most Ship	Most Ship
Level 3	Most Ship	Shared	Most Man	Most Man	Most Man	Shared	Most Ship
Level 2	Shared	Most Man	All Man	All Man	All Man	Most Man	Most Ship
Level 1	All Man	All Man	All Man	All Man	All Man	Most Man	Most Man



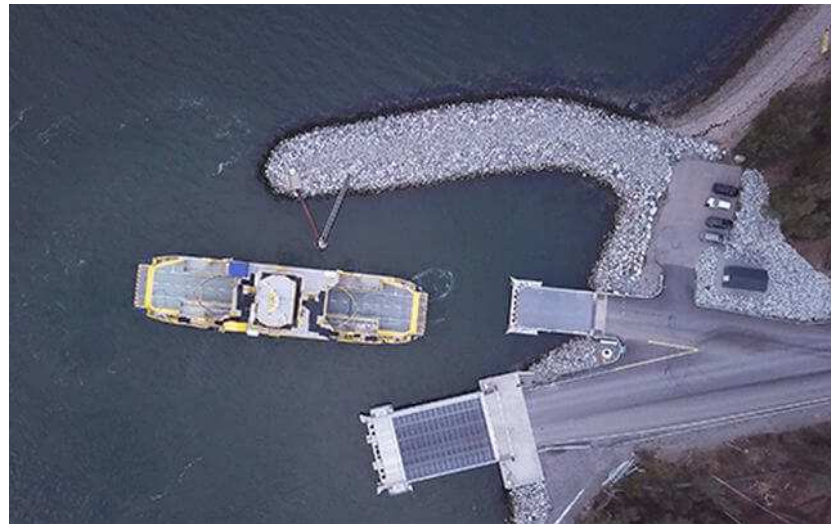
 Increasing Autonomy

ALFUS-proposed levels of autonomy definitions

Stato dell'arte internazionale delle navi unmanned ad uso mercantile

Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)

- ❑ La “*Yara Birkeland*”, una piccola portacontaineri specificamente progettata da **Kongsberg Maritime** per operazioni autonome, sarà varata nel 2020 ed eseguirà una serie di prove in mare con equipaggio a bordo e controllo remoto da centro di terra.
- ❑ **Wartsila** ha recentemente dimostrato il controllo remoto di un piccolo supply vessel tramite link satellitare e ha provato in Norvegia su di un traghetto la propria suite di navigazione autonoma.
- ❑ **RR** condotto test di navigazione autonoma (comprese le operazioni di docking/undocking) su di un traghetto in Finlandia con pilotaggio remoto durante il viaggio di ritorno.



- ❑ **ABB** ha recentemente dimostrato il controllo remoto di un piccolo traghetto urbano.

Stato dell'arte internazionale degli Unmanned Surface Vessels (USV) ad uso militare

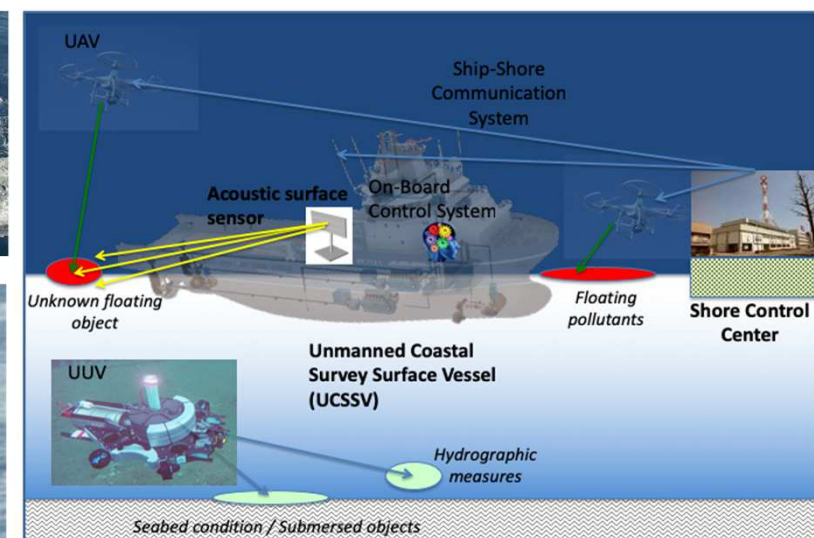
Unmanned Patrol Vessels (UPV) e Naval Autonomous Surface Ships (NASS)

- ❑ Il drone navale “**Protector**” prodotto dall’industria della difesa Israeliana, con 11m di lunghezza e 40 nodi di velocità massima, è già operativo presso le marine di diverse nazioni: offre parziale autonomia con controllo remoto da centro di controllo di terra dei sistemi di piattaforma / navigazione / combattimento.
- ❑ La classe “**Vigilant**” in forza presso la Marina di Singapore è al momento il drone navale operativo di maggiori dimensioni, con 17m di lunghezza e 30 nodi di velocità massima: offre parziale autonomia con controllo remoto da centro di controllo di terra dei sistemi di piattaforma / navigazione (non sono previsti sistemi d’arma).
- ❑ La US Navy sta conducendo una sperimentazione in mare sul “**SEA HUNTER**” che, con 40m di lunghezza, è più grande mezzo navale unmanned al mondo: offre parziale autonomia con controllo remoto da centro di controllo di terra.

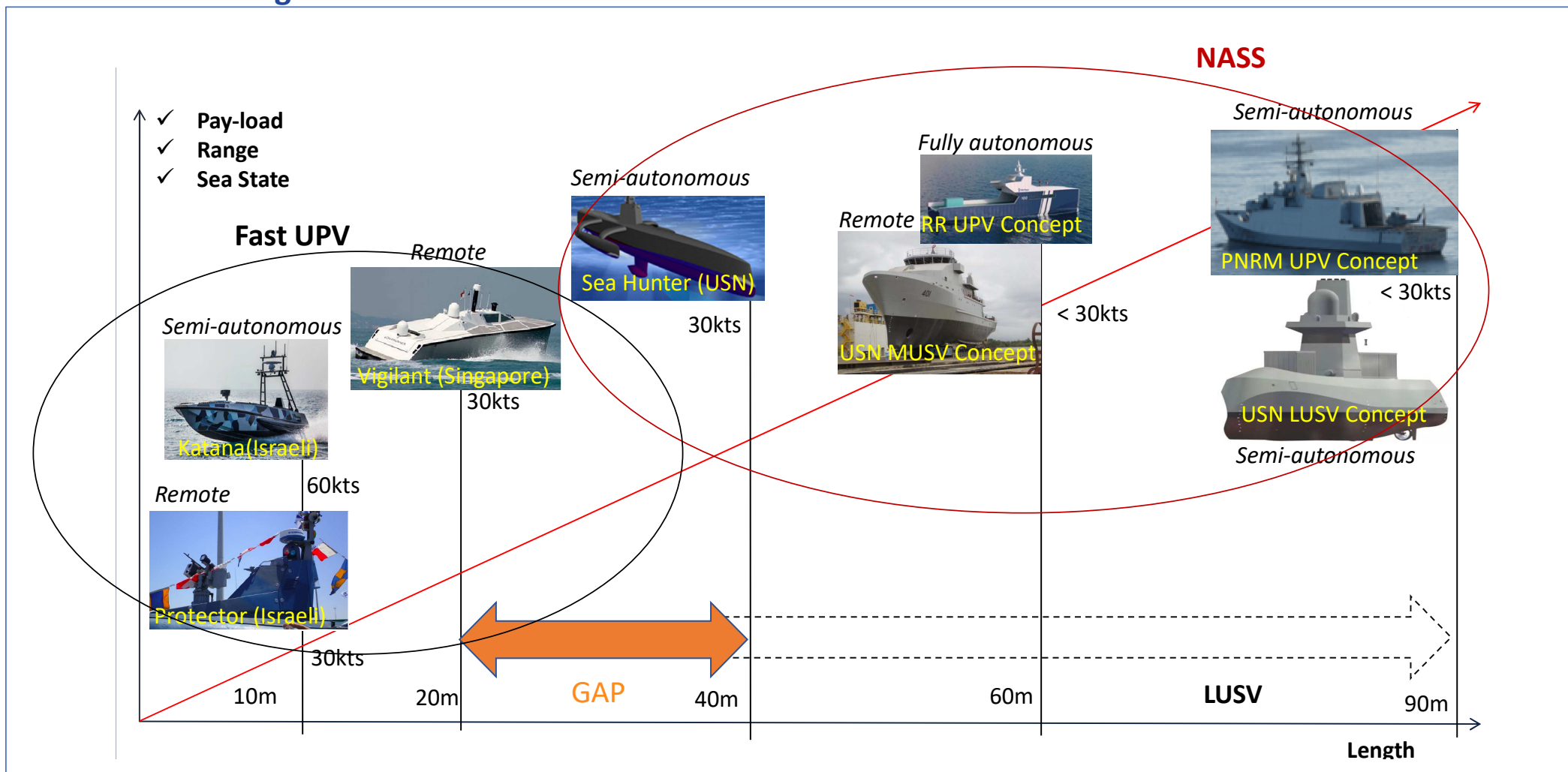


Stato dell'arte nazionale degli USV

- ❑ Progetto di ricerca **SWAD** a guida Oto Melara in ambito DLTM per realizzazione prototipo di pattugliatore veloce (oltre 50 nodi) da 12m di lunghezza unmanned con possibile armamento leggero.
- ❑ Progetto di ricerca **SAND** in partnership tra EffeBi, Meccano e IDS in ambito Regione Toscana per realizzazione prototipo di pattugliatore veloce da 16m di lunghezza unmanned con possibile armamento leggero.
- ❑ Progetto di ricerca **MARIN** a guida Seastema in ambito Regione Puglia per realizzazione del Dimostratore Tecnologico di un veicolo unmanned per il monitoraggio ambientale capace di agire come piattaforma per droni aerei e sottomarini.
- ❑ Progetto di ricerca **UPV** in partnership tra Fincantieri, Seastema e Cetena per studio fattibilità di pattugliatore a controllo remoto da 90m su base Classe 'Comandanti'



Trend evolutivo degli USV



La visione della Unione Europea sui MASS

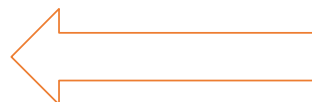
- With a focus on first adopters (inland waterways, short sea shipping, ferries coastal operations and urban water transport) develop and demonstrate to TRL7 a fully autonomous vessel within a realistic environment which encompasses all necessary features including collision avoidance, interaction with waterway and/or port infrastructure, interaction with waterborne traffic, connectivity, control, navigation and docking, condition monitoring, smart maintenance and fail safe operation.
- Assess operability, reliability and failure scenarios for on board systems without human interaction on board, for example; propulsion and machinery systems, auxiliaries, safety systems, navigation, connectivity/communication and if appropriate, their connectivity/controllability from a remote operation centre.
- Develop validation, certification and safety assessment methodologies, tools to support autonomous ships and system development.
- Safety assessment and demonstrate hazard avoidance using typical scenarios.
- Regulatory and legal requirements, including liability regimes, needed to operate autonomous waterborne transport within the environments foreseen for the likely first adopters should be addressed.
- Cybersecurity solutions to enable secure safe and reliable data connectivity that are resistant to both malicious intervention and system failure.
- Advance and demonstrate underdeveloped technologies such as for example situational awareness and actions to alert in case of a potential unavoidable collision such as with a fast moving leisure craft.
- Address operations and establish a business case for the most promising vessel type and for other services likely to be adopted at an early stage.

Le 'key-functions' del controllo auto-remoto MASS

- remote control and supervision
- communication
- navigation and maneuvering

- propulsion
- steering
- electrical power supply
- control and monitoring

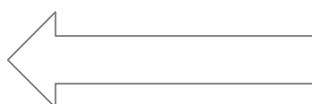
- watertight integrity
- fire safety
- ballasting
- drainage and bilge pumping
- anchoring
- cargo handling
- maintenance.



funzioni proprie del controllo auto-remoto ancora in fase di sviluppo su cui si sta focalizzando l'attenzione degli attuali Dimostratori Tecnologici

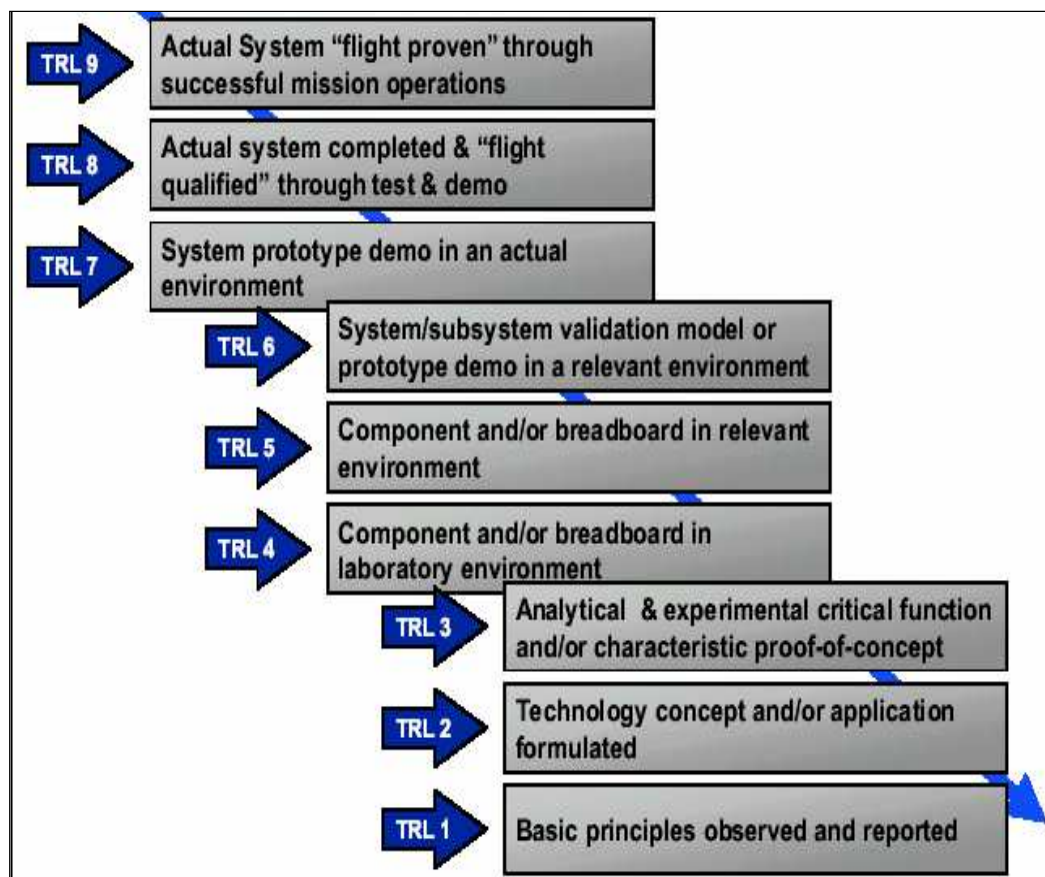


funzioni essenziali dell'automazione navale che posseggono già una notevole maturità tecnologica e non sono quindi state indirizzate dagli attuali Dimostratori Tecnologici



funzioni finora trascurate dagli attuali Dimostratori Tecnologici ma comunque necessarie ai fini della gestione operativa delle navi unmanned

Livello di maturità tecnologica delle funzioni NASS secondo US Navy

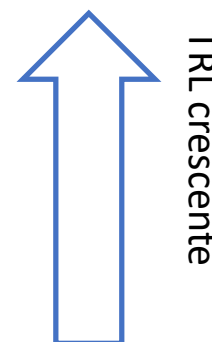


Vehicle System	Average
Hull	8.3
Ballast	9.0
Energy	9.0
Navigation, Guidance, & Control	
Autonomy	6.6
Threat Avoidance	4.5
Group Behavior	5.0
Autonomous Obstacle Avoidance Surface & Submersible	5.3
Common Control	7.5
Autonomous Obstacle Avoidance at Interface	3.5
Navigation System	8.6
Communications	
Line-of-Site	8.5
Over-the Horizon	7.5
Networked (Multi-Vehicle Control)	5.0
Propulsion	8.3
Masts	8.7
Auto Launch & Recovery	7.0

Tecnologie abilitanti del controllo auto-remoto

Tecnologie comuni a MASS/NASS

- ☐ Centro di Controllo Remoto
- ☐ Comunicazioni dirette con il Centro di Controllo Remoto
- ☐ Controllo autonomo dei Sistemi di Piattaforma
- ☐ Sistemi di Navigazione Autonoma & Collision Avoidance
- ☐ Situational Awareness System & Collision Detection System
- ☐ Comunicazioni con altre entità manned



COMPLETA TRASVERSALITA' TRA "MARITIME" E "NAVAL"
(con l'ovvia eccezione dei Sistemi d'Arma...)

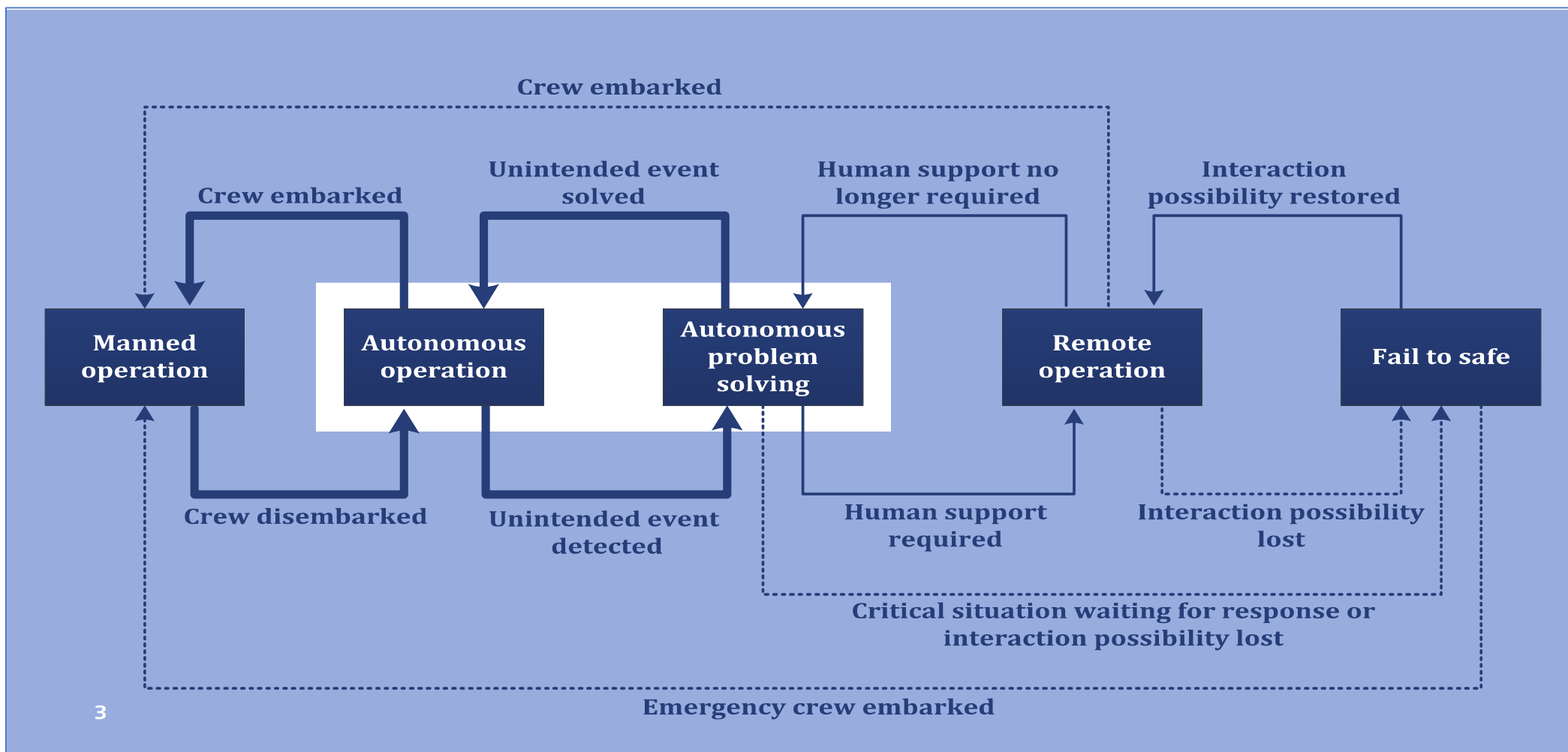


MAGGIORE INTEGRAZIONE, AUTOMAZIONE E COMPLESSITA' TECNOLOGICA
DEI SISTEMI NELLE APPLICAZIONI "NAVAL"

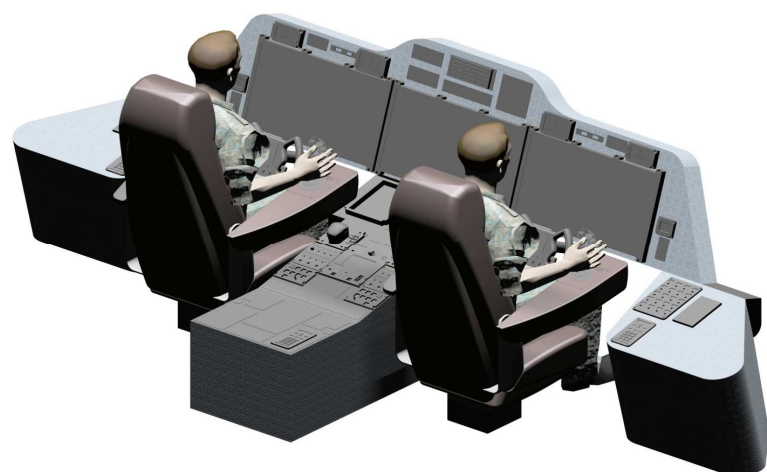


POSITIVO TECHNOLOGY TRANSFER DALLE ESPERIENZE "NASS" ALLE
APPLICAZIONI "MASS"

Il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nelle operazioni auto-remote

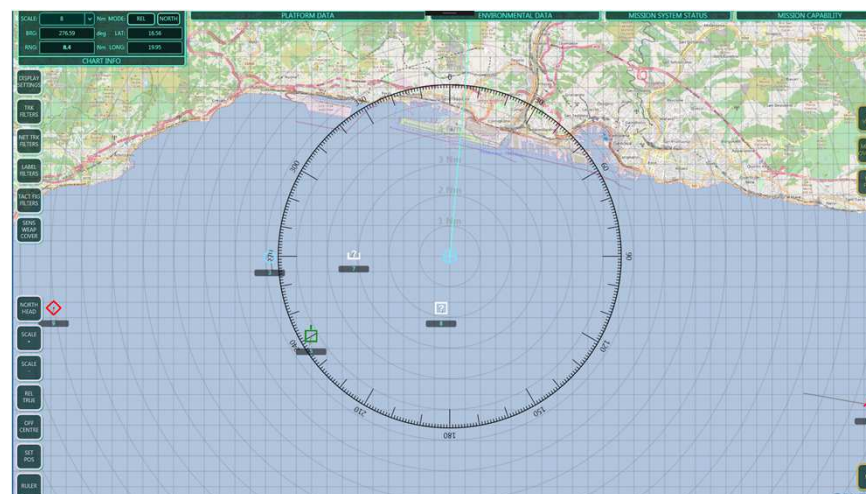


Centro di Controllo Remoto: Virtual Reality & Augmented Reality

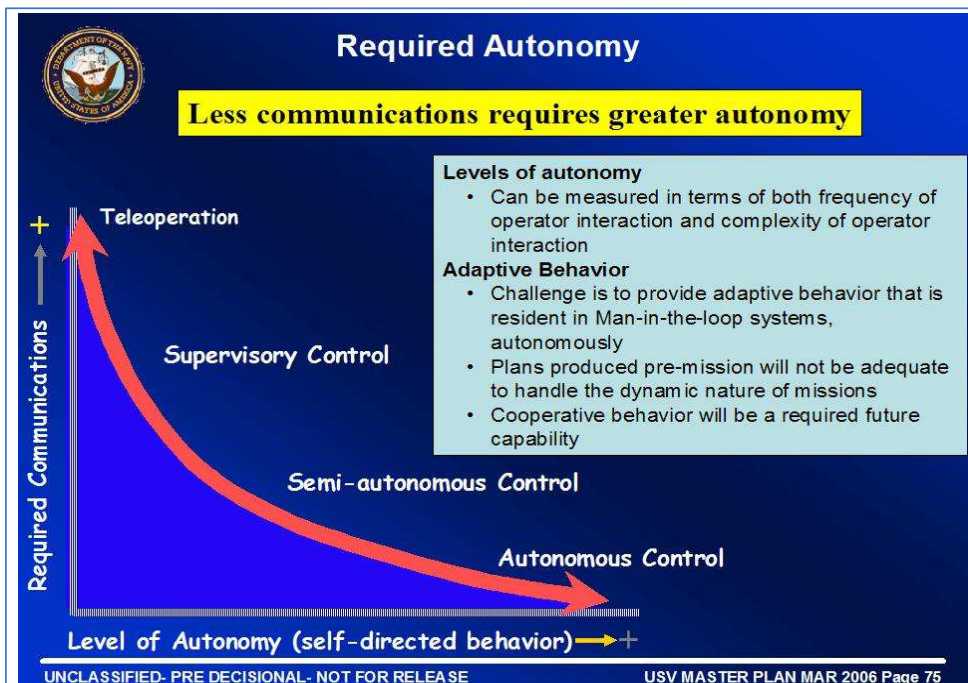


Plancia Integrata

HMI evoluta



Comunicazioni dirette con il Centro di Controllo Remoto



Transmission Media	Main Advantage	Main Disadvantage
Troposcatter	High capacity, high reliability, no delay, IP based system, no recurring monthly costs	Equipment cost is higher than microwave and VSAT, but lower than fiber optic
Microwave line of sight	Low cost, high capacity, high reliability	Requires line of sight, limiting distances to approximately 30 km
Satellite	Low equipment cost, most economical for low capacity (512 kb/sec or less)	Absolute delay (latency), availability degradation (outages), monthly transponder lease cost

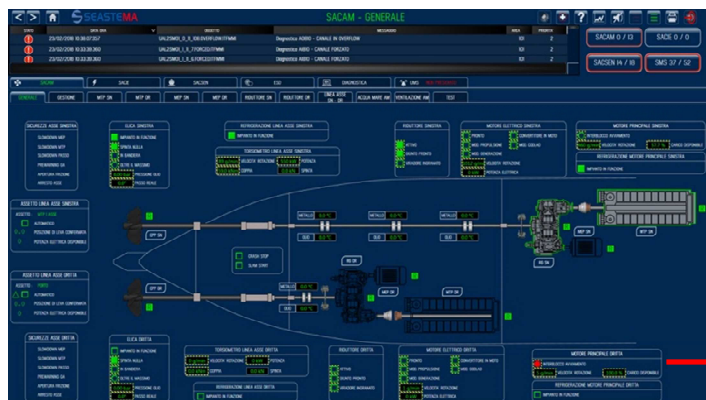
- ☐ Il monitoraggio real-time da remoto richiede una comunicazione robusta a banda larga in download
- ☐ Le tecnologie *troposcatter* sono mature in ambito terrestre ma richiedono ulteriore sviluppo per il navale
- ☐ Inaffidabilità dei link satellitari commerciali per il telecomando remoto

- Possibile utilizzo delle comunicazioni 4G/5G in ambito costiero
- ☐ Il range LOS delle comunicazioni 4G/5G può essere esteso fino a 100 MN utilizzando droni 'tethered' (passivi/attivi) come bridge

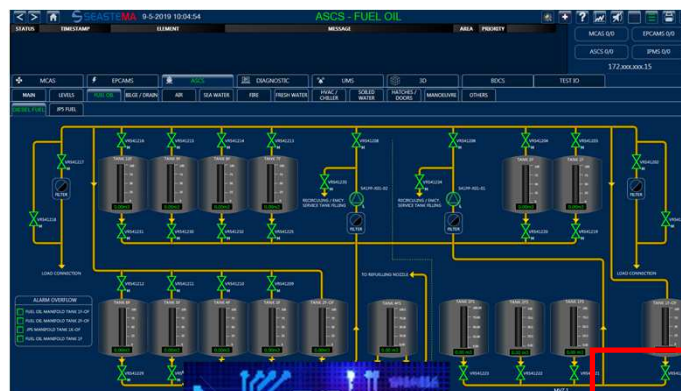


Gestione auto-remota dei Sistemi di Piattaforma

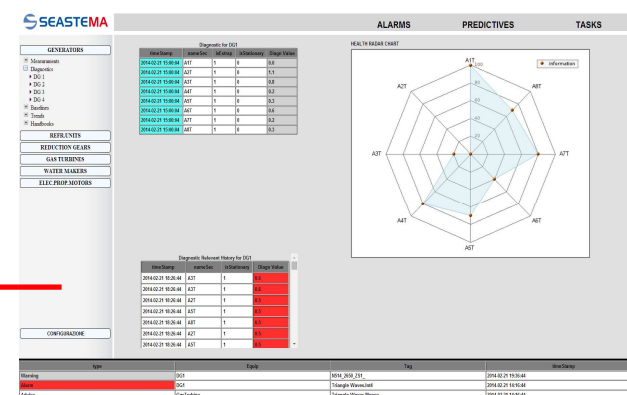
Propulsione



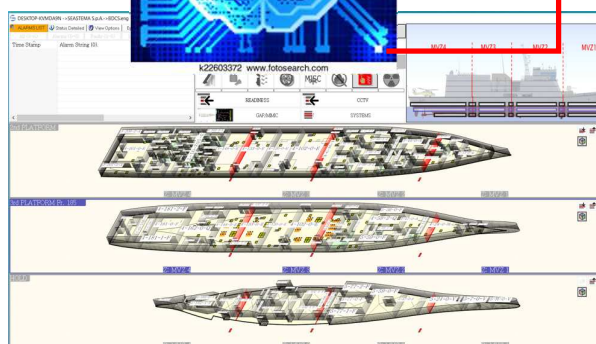
Ausiliari



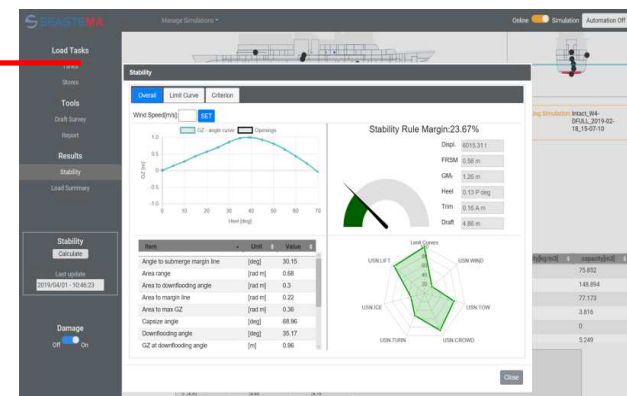
Monitoraggio su condizione



Chief Engineer Virtuale



Sicurezza

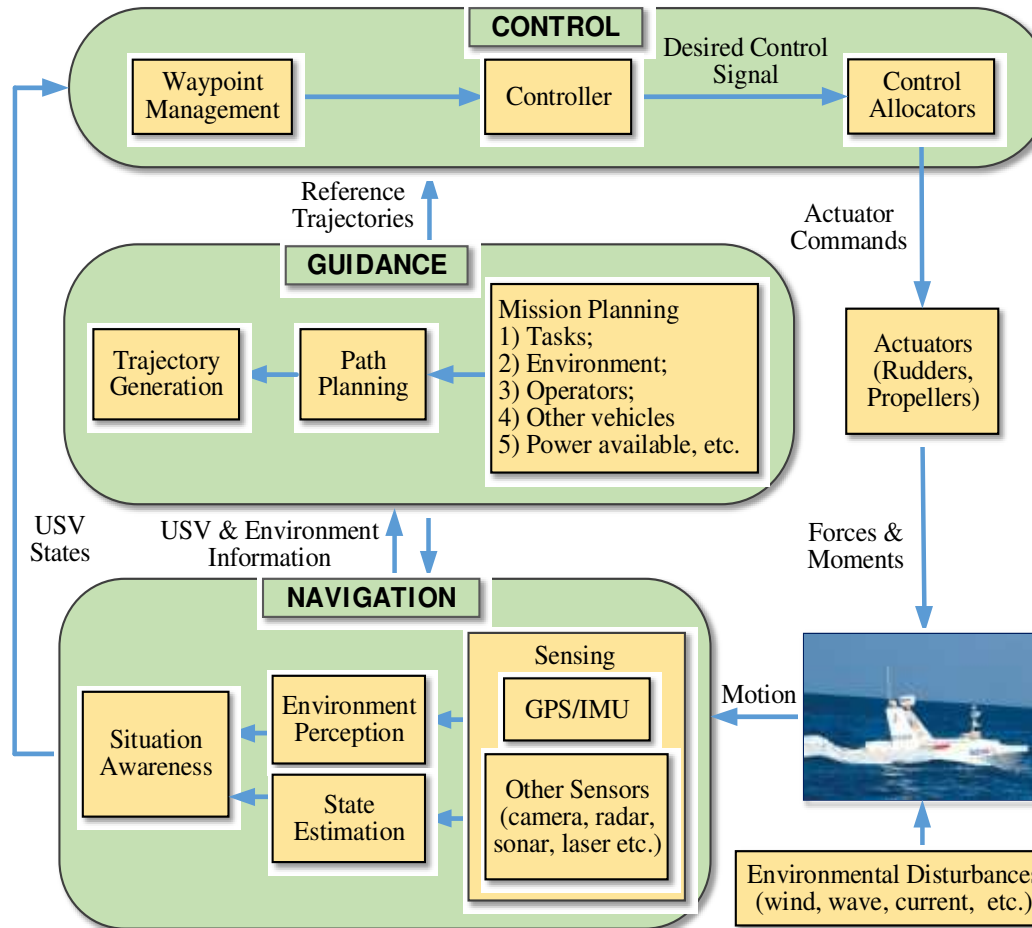


Stabilità & Falla

Generazione elettrica

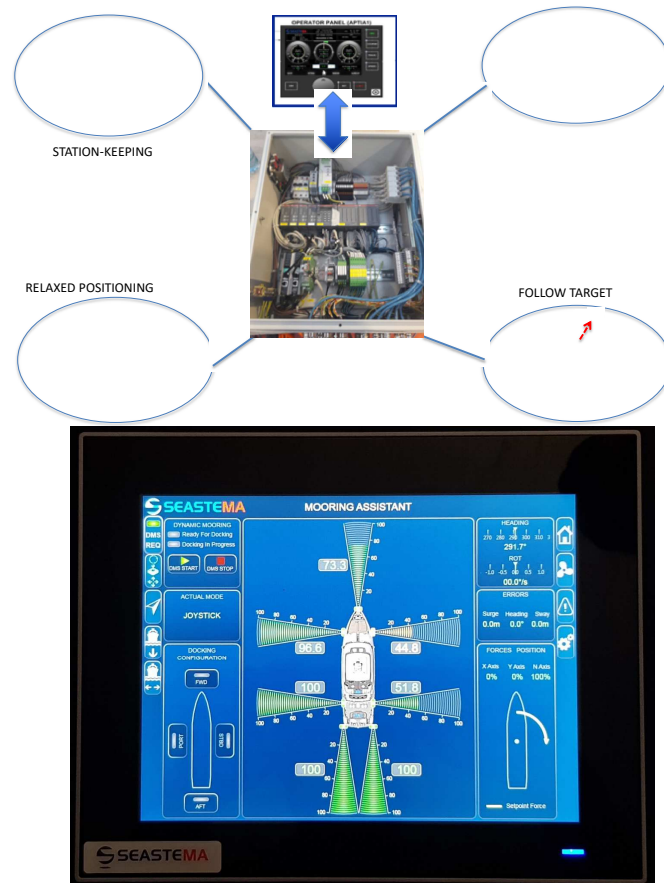


Gestione auto-remota dei Sistemi di Navigazione

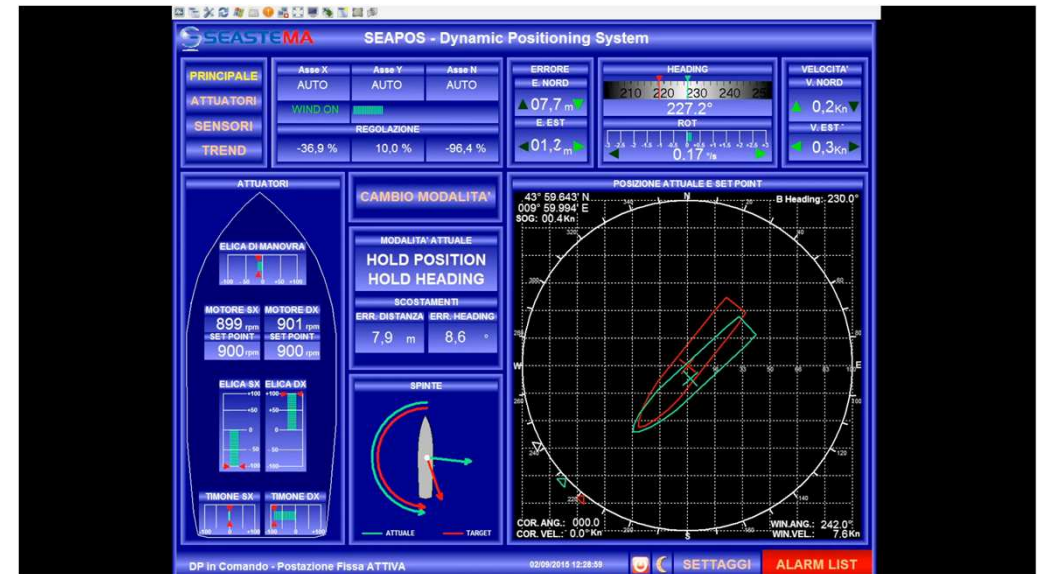


Gestione auto-remota dei Sistemi di Navigazione: tecnologie abilitanti CONTROL

Autopilota Evoluto



Posizionamento Dinamico

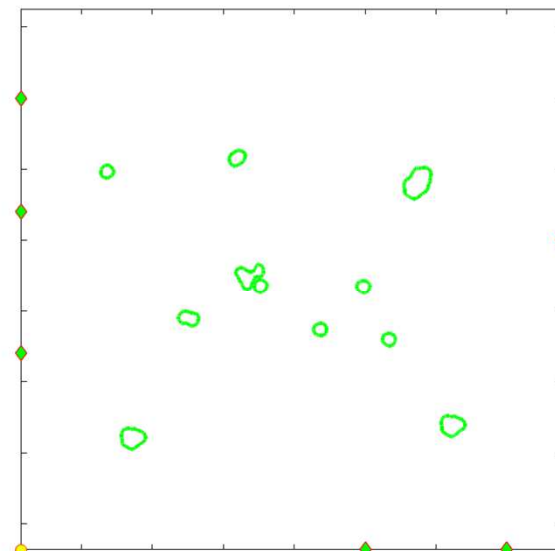
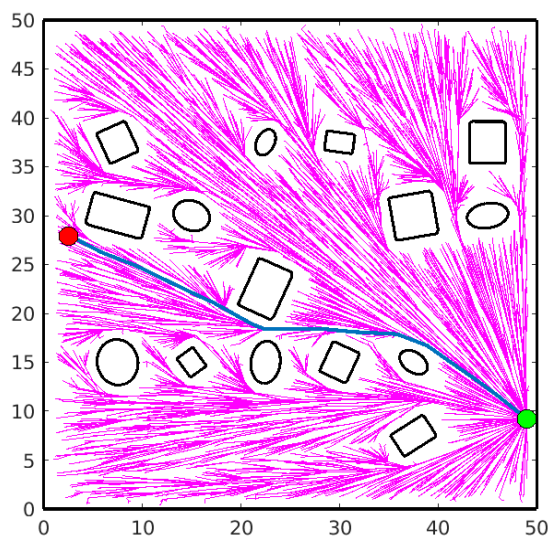


Docking System

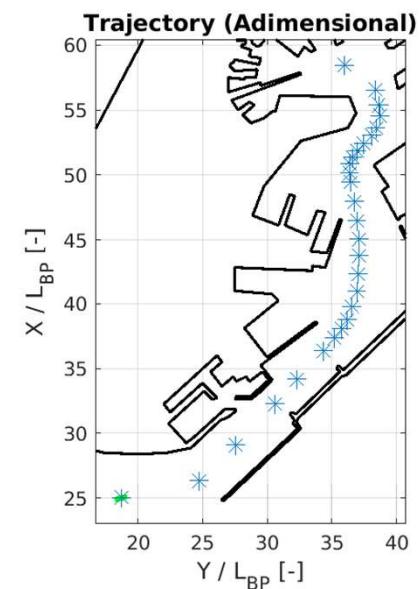


Gestione auto-remota dei Sistemi di Navigazione: tecnologie abilitanti GUIDANCE

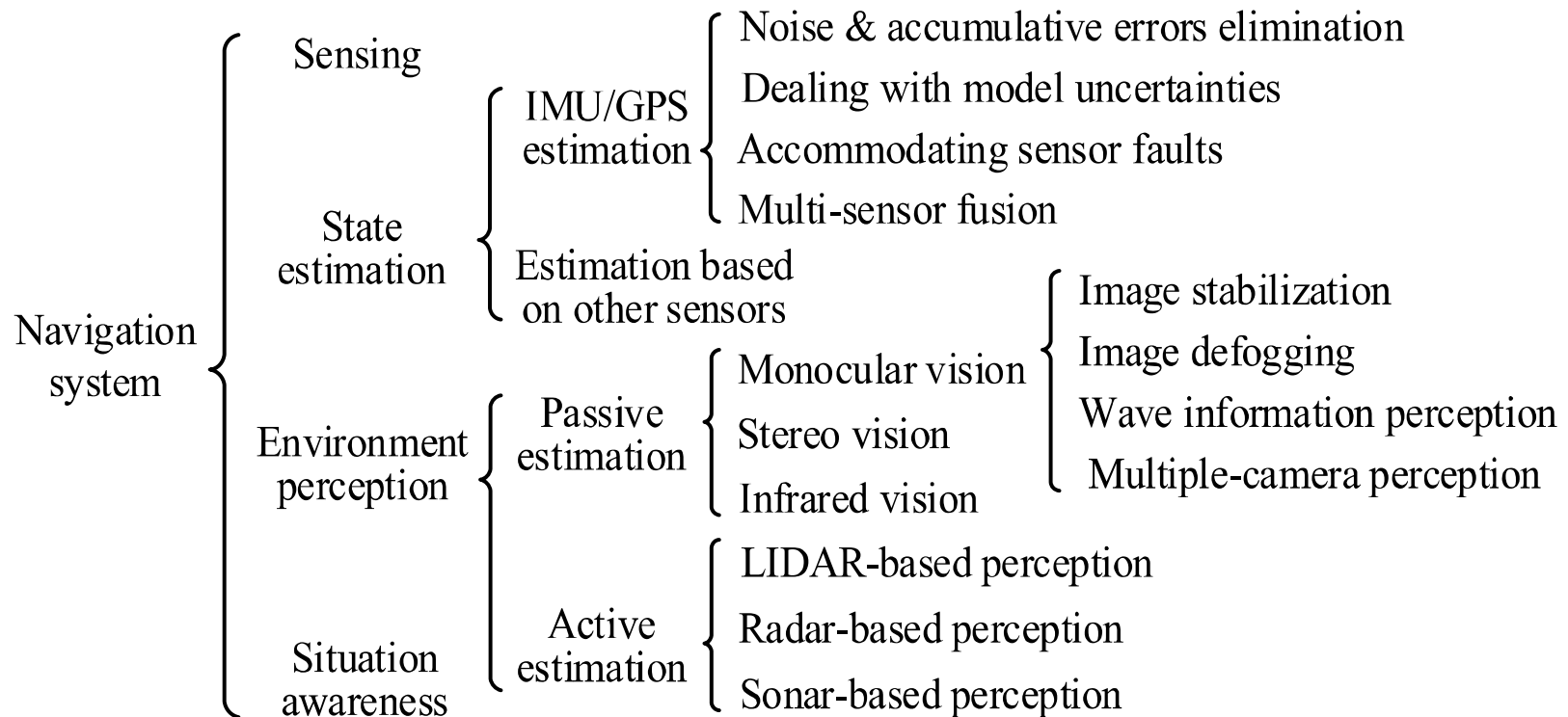
Collision Avoidance Maneuvers at close range



Pilotaggio automatico tramite PIM track

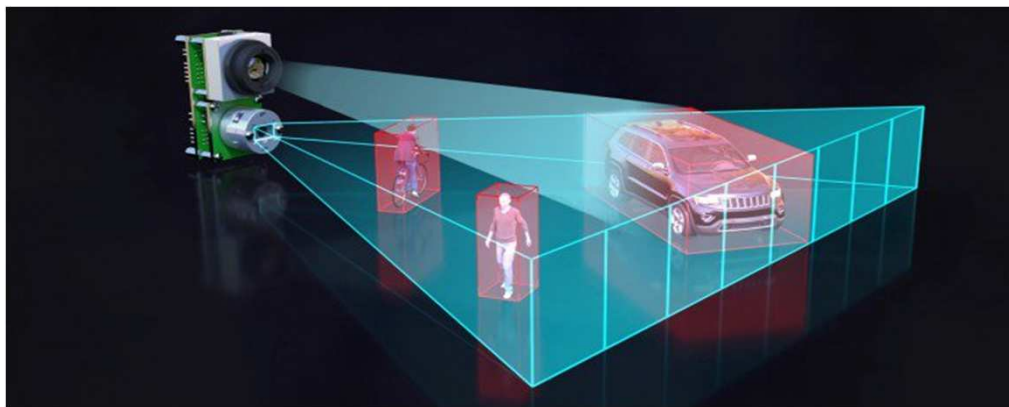


Gestione auto-remota dei Sistemi di Navigazione: tecnologie abilitanti NAVIGATION



Gestione auto-remota dei Sistemi di Navigazione: Situation Awareness

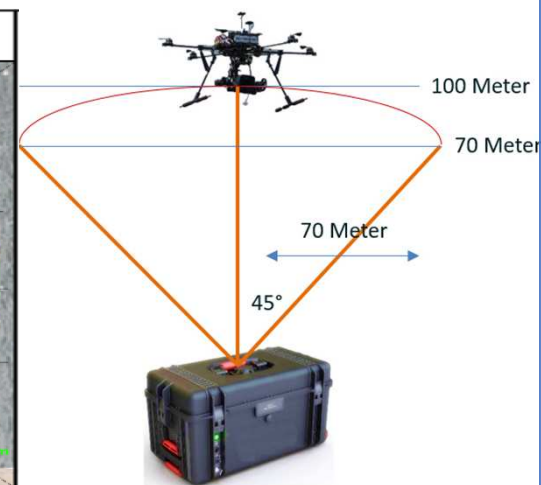
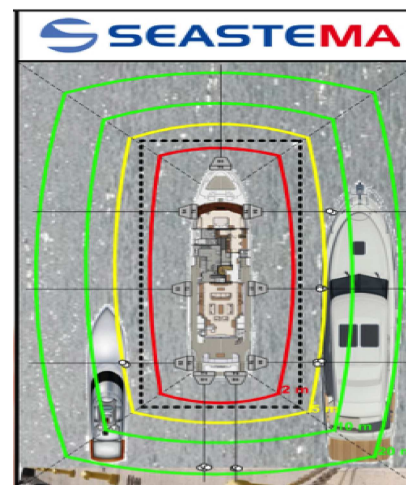
Sensori di prossimità LIDAR di derivazione automobilistica



Sensori di prossimità Radar per DP

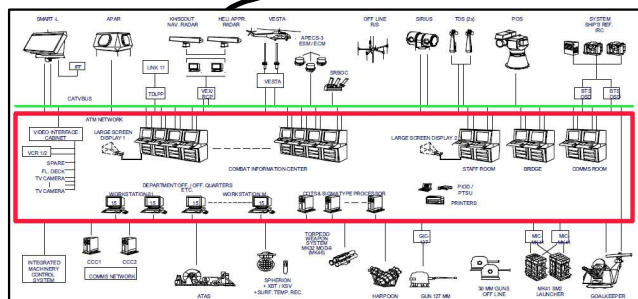


Riproduzione
'bird-view'
dell'ambiente
circostante e
identificazione
ostacoli tramite
UAV 'tethered'



Gestione auto-remota dei Sistemi d'Arma

❑ AUTONOMOUS THREAT EVALUATION WEAPON ALLOCATION AND SENSOR ASSIGNMENT (ATEWASA)



- ❑ sistemi CIWS (Close-In-Weapon-Systems) eseguono già automaticamente le funzione di search, detecting, tracking, threat evaluation, firing e kill assessments degli obiettivi identificati anche se prevedono sempre un override manuale.
- ❑ in un Sistema di Combattimento più sofisticato occorre invece gestire il problema dell'assegnamento dei Sistemi d'Arma e dei Sensori in funzione del target identificato.
- ❑ la rapidità di risposta richiesta nelle reali situazioni d'ingaggio comporta comunque che anche nelle attuali navi unmanned la gestione del Sistema di Combattimento sia molt automatizzata.

Esperienze di SEASTEMA sui MASS: il progetto H2020 “E-NAVIGOMED”

- ❑ Prototipo operativo di un MASS per applicazioni short-sea shipping (*small costal passenger ferry, abt 50 pax*)
- ❑ Idee chiave

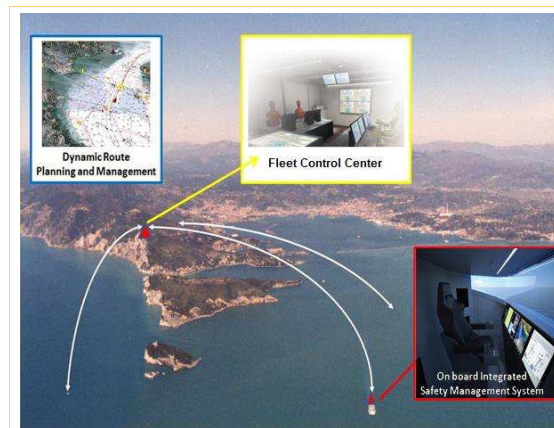
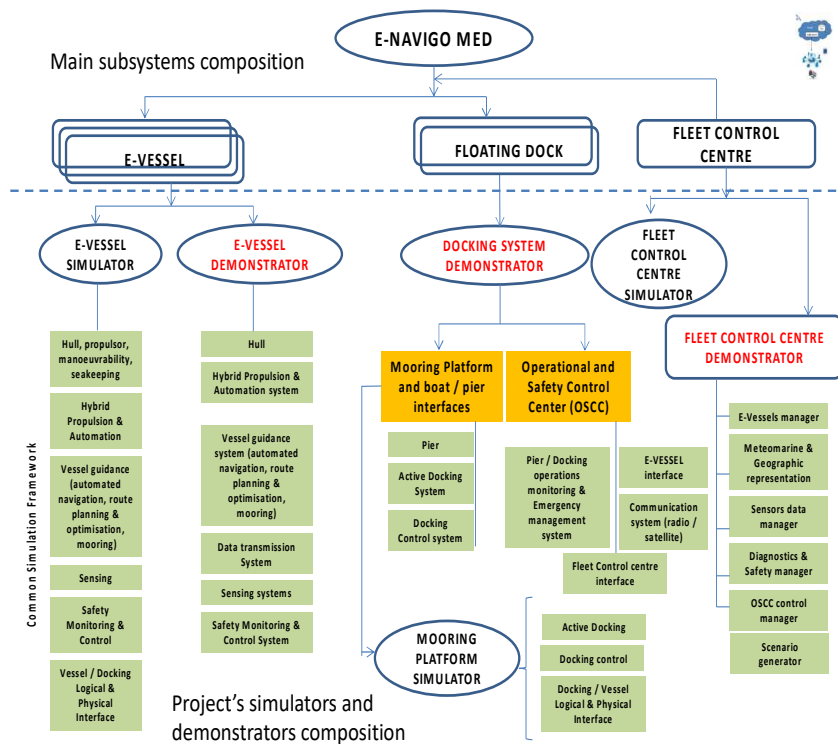


Figure 1. E-NAVIGO MED automated navigation based concept approach and architecture

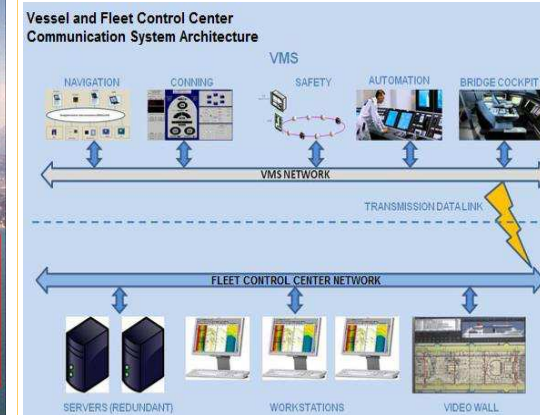


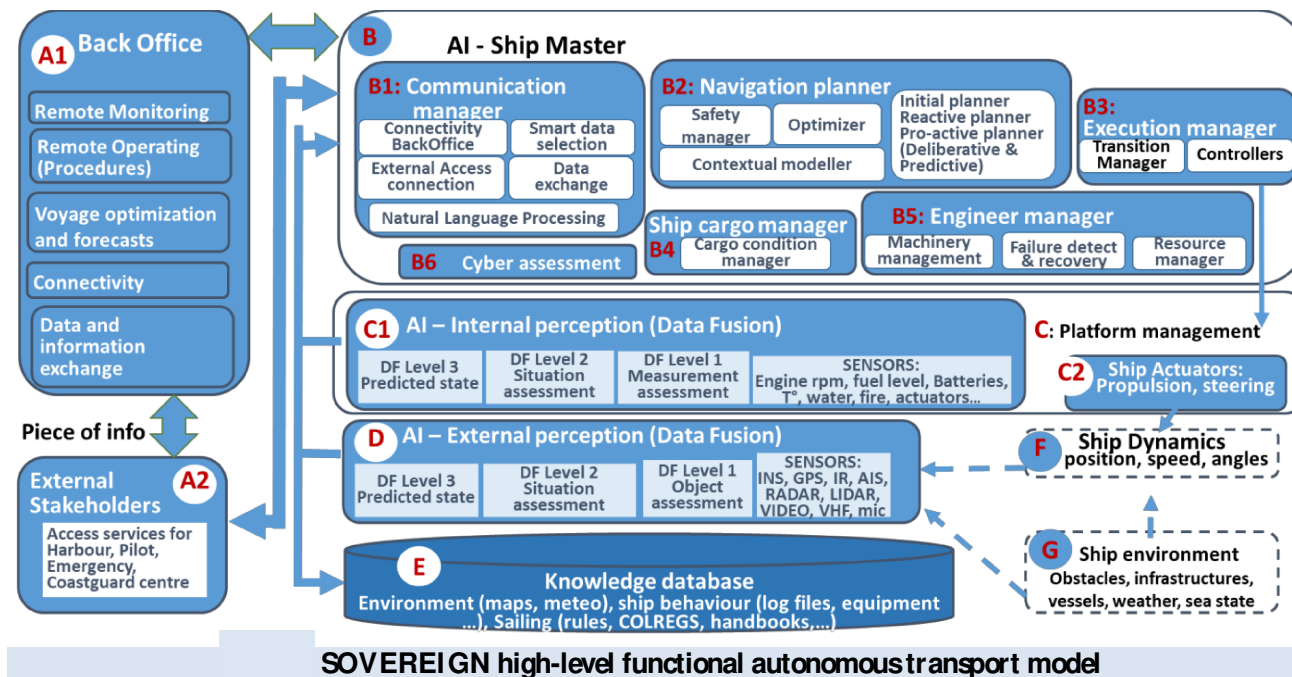
Figure 2. E-NAVIGO MED modular vessels profiles



Figure 3. E-NAVIGO MED floating dock infrastructure

Esperienze di SEASTEMA sui MASS: il progetto H2020 “SOVEREIGN”

- ❑ Prototipo operativo di un MASS per applicazioni short-sea shipping (*90m autonomous cargo ship*)
- ❑ Idee chiave
 1. A whole transport system approach
 2. Autonomous capabilities matching environmental difficulty and transport mission complexity
 3. Navigational safety analysis and validation by full bridge simulation
 4. A Back Office Support System (BOSS)



Conclusioni

❑ **Stato dell'arte e trend tecnologici del controllo auto-remoto delle navi**

- Gli attuali USV operativi prevedono una parziale autonomia con un centro di controllo remoto per il monitoraggio continuo della Situation Awareness e la gestione degli eventuali Sistemi d'Arma e delle emergenze.
- Gli attuali dimostratori tecnologici MASS ospitano tuttora un'equipaggio a bordo e prevedono un centro di controllo remoto con una parziale autonomia limitata essenzialmente alle funzioni di navigazione.
- Benefici di un technology transfer dalle tecnologie NASS o in generale NAVAL alle applicazioni MASS.

❑ **Le funzioni chiave e le tecnologie abilitanti del controllo auto-remoto**

- Centro di Controllo Remoto di terra: Virtual & Augmented Reality
- Comunicazioni dirette terra-bordo
- Controllo autonomo dei Sistemi di Piattaforma
- Sistemi di Navigazione Autonoma & Collision Avoidance
- Situation Awareness System & Collision Detection System