

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

Allegati al Verbale n. 3 del 27/04/2017

n.30 allegati suddivisi e numerati per ogni rispettivo punto del seguente Ordine del Giorno:

1. Approvazione verbali
2. Comunicazioni del presidente
3. Convenzioni, contratti e progetti di ricerca
4. Richiesta assegni di ricerca e borse di studio e di ricerca finanziati dal D.I.
5. Approvazione relazioni annuali assegnisti di ricerca
6. Richiesta di contratti di lavoro autonomo
7. Autorizzazioni di spesa
8. Ratifica decreti
9. Ratifica designazione coordinatore del corso di dottorato in Ingegneria Industriale e dell'Informazione e discussione sul nuovo collegio dei docenti
10. Varie ed eventuali

Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia, Ricercatori Universitari e Rappresentanti degli Studenti

11. Approvazione relazione tecnico-scientifica ricercatori a tempo determinato
12. Regolamenti didattici e programmazione didattica a.a. 2017/2018
13. Varie ed eventuali

Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia, Ricercatori Universitari a tempo indeterminato

14. Verifica periodica dell'attività didattica e scientifica dei ricercatori universitari – adempimenti previsti dall'art. 33 del D.P.R. 382/1980
15. Proroga di un contratto di ricercatore a tempo determinato ai sensi dell'art.24-comma 3 – lettera a) della Legge 30.12.2010 n.240 e dell'art.2 lettera a) del "Regolamento per l'assunzione dei ricercatori con contratto di lavoro subordinato a tempo determinato ai sensi della Legge 30.12.2010 n.240".
16. Varie ed eventuali

Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia

17. Relazioni triennali professori di II fascia
18. Varie ed eventuali

Riservato ai Professori di Prima Fascia

19. Varie ed eventuali





Allegato N. 1 al punto
dell'ordine del giorno N. 3

Li, 14/02/2017

Ai Sigg.:

- AZIONISTI
 - COMPONENTI IL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE
 - COMPONENTI IL COLLEGIO SINDACALE
- LORO SEDI

CONVOCAZIONE ASSEMBLEA STRAORDINARIA

Si invita la S.V. Ill.ma a partecipare alla riunione dell'Assemblea Straordinaria che si terrà presso l'Hotel Federico II, in Jesi (AN), Via Ancona n. 100, per il giorno 6 Marzo 2017 alle ore 17,00 in prima convocazione ed, occorrendo, in seconda convocazione per il giorno

7 Marzo 2017

stesso luogo ed ora, per discutere e deliberare sul seguente

ORDINE DEL GIORNO

- 1) Proposta di fusione per incorporazione della società "EUROPEAN QUALITY INSTITUTE S.R.L." con Socio unico con sede a Fabriano (AN), nella società " MECCANO S.P.A." con sede a Fabriano (AN); delibere inerenti e conseguenti e conferimento dei poteri per l'esecuzione;
- 2) Proposta di modifica degli articoli 27, 28 e 33 dello statuto della società per il loro adeguamento alle vigenti disposizioni legislative.

Possono intervenire all'Assemblea gli Azionisti che **abbiano depositato le azioni** a sensi di legge e di statuto presso la sede sociale o presso i seguenti Istituti di Credito incaricati:

- Ubi- Banca Popolare di Ancona S.p.A.
- Veneto Banca S.c.p.A.
- Banca delle Marche S.p.A.
- Banca Nazionale del Lavoro S.p.A.


Il Presidente
(Ing. Gerardo Pieralisi)



<p>STATUTO DELLA SOCIETA' "MECCANO S.P.A."</p> <p>TITOLO I</p> <p>Disposizioni Generali</p> <p>ART. 1 - Denominazione</p> <p>E' costituita tra imprese Industriali, Istituti di Credito, Enti Pubblici e società finanziarie di gestione e controllo di imprese industriali, una società consortile per azioni denominata "Centro per la creazione di servizi ed attività rivolte allo sviluppo delle piccole e medie imprese meccaniche marchigiane" abbreviato in "MECCANO S.P.A."</p> <p>ART. 2 - Sede</p> <p>La società ha sede nel Comune di Fabriano (AN) all'indirizzo risultante dalla apposita iscrizione eseguita presso il registro delle imprese ai sensi dell'art. 111-ter disp. att. del codice civile; l'Organo Amministrativo può istituire, modificare o sopprimere, in Italia e all'estero, filiali, succursali, agenzie o unità locali comunque denominate, ovvero trasferire la sede sociale nell'ambito del Comune sopra indicato.</p> <p>La decisione di trasferire la sede sociale nel territorio nazionale e quella di istituire, modificare o sopprimere sedi secondarie compete all'assemblea straordinaria dei soci.</p> <p>ART. 3 - Durata</p>	<p>STATUTO DELLA SOCIETA' "MECCANO S.P.A."</p> <p>TITOLO I</p> <p>Disposizioni Generali</p> <p>ART. 1 - Denominazione</p> <p>E' costituita tra imprese Industriali, Istituti di Credito, Enti Pubblici e società finanziarie di gestione e controllo di imprese industriali, una società consortile per azioni denominata "Centro per la creazione di servizi ed attività rivolte allo sviluppo delle piccole e medie imprese meccaniche marchigiane" abbreviato in "MECCANO S.P.A."</p> <p>ART. 2 - Sede</p> <p>La società ha sede nel Comune di Fabriano (AN) all'indirizzo risultante dalla apposita iscrizione eseguita presso il registro delle imprese ai sensi dell'art. 111-ter disp. att. del codice civile; l'Organo Amministrativo può istituire, modificare o sopprimere, in Italia e all'estero, filiali, succursali, agenzie o unità locali comunque denominate, ovvero trasferire la sede sociale nell'ambito del Comune sopra indicato.</p> <p>La decisione di trasferire la sede sociale nel territorio nazionale e quella di istituire, modificare o sopprimere sedi secondarie compete all'assemblea straordinaria dei soci.</p> <p>ART. 3 - Durata</p>
---	---

<p>La società ha durata fino al 31 dicembre 2050 e può essere sciolta anticipatamente o prorogata con deliberazione dell'assemblea straordinaria dei soci.</p>	<p>La società ha durata fino al 31 dicembre 2050 e può essere sciolta anticipatamente o prorogata con deliberazione dell'assemblea straordinaria dei soci.</p>
<p>ART. 4 - Scopo</p>	<p>ART. 4 - Scopo</p>
<p>La società non ha scopi di lucro; gli utili eventualmente conseguiti non possono essere distribuiti ai soci sotto alcuna forma; oltre i limiti della riserva legale essi andranno a costituire una riserva statutaria.</p>	<p>La società non ha scopi di lucro; gli utili eventualmente conseguiti non possono essere distribuiti ai soci sotto alcuna forma; oltre i limiti della riserva legale essi andranno a costituire una riserva statutaria.</p>
<p>La società intende allargare la compagine sociale alle imprese meccaniche marchigiane.</p>	<p>La società intende allargare la compagine sociale alle imprese meccaniche marchigiane.</p>
<p>ART. 5 - Oggetto</p>	<p>ART. 5 - Oggetto</p>
<p>La società ha per oggetto:</p>	<p>La società ha per oggetto:</p>
<p>a) promuovere il trasferimento delle tecnologie verso le imprese associate e verso terzi;</p>	<p>a) promuovere il trasferimento delle tecnologie verso le imprese associate e verso terzi;</p>
<p>b) svolgere attività di ricerca e sviluppo;</p>	<p>b) svolgere attività di ricerca e sviluppo;</p>
<p>c) promuovere attività di formazione tecnica e manageriale;</p>	<p>c) promuovere attività di formazione tecnica e manageriale;</p>
<p>d) svolgere tutte quelle attività ritenute utili allo sviluppo tecnologico, organizzativo e gestionale delle imprese associate e di terzi;</p>	<p>d) svolgere tutte quelle attività ritenute utili allo sviluppo tecnologico, organizzativo e gestionale delle imprese associate e di terzi;</p>
<p>e) promuovere e sviluppare l'internazionalizzazione tecnologica;</p>	<p>e) promuovere e sviluppare l'internazionalizzazione tecnologica;</p>
<p>f) il monitoraggio, l'esecuzione di indagini su strutture e materiali in situ ed in laboratorio ivi comprese le prove geotecniche e le prove per il collaudo di qualunque manufatto e prodotto da</p>	<p>f) il monitoraggio, l'esecuzione di indagini su strutture e materiali in situ ed in laboratorio ivi comprese le prove geotecniche e le prove per il collaudo di qualunque manufatto e prodotto da</p>

<p>costruzione.</p> <p>La Società può inoltre svolgere senza che le stesse rivestano carattere di prevalenza, il compimento di operazioni finanziarie dirette ad assumere partecipazioni, non ai fini del collocamento, ed interessenze in altre Società, Istituti, Ditte, Associazioni ed Organizzazioni anche consortili, le cui finalità siano connesse con gli scopi sociali previsti nel presente statuto. La Società potrà altresì compiere tutte le operazioni che l'Organo Amministrativo riterrà necessarie od utili per il</p>	<p>costruzione;</p> <p>g) la valutazione della conformità per prodotti, processi, persone e sistemi come Organismo di certificazione/Organismo Notificato;</p> <p>h) l'esecuzione di prove su beni di ogni genere;</p> <p>i) la calibrazione e la manutenzione di strumenti e sistemi di misura;</p> <p>l) i controlli relativi alla qualità di impianti, apparati e componenti con particolare riguardo alle analisi, prove e misure sulle caratteristiche elettriche, elettroniche, elettroacustiche, energetiche, meccaniche, di rumore e di vibrazione;</p> <p>m) la gestione in proprio o per conto terzi di laboratori di misura;</p> <p>n) l'elaborazione di schemi di certificazione volontaria.</p> <p>La Società può inoltre svolgere senza che le stesse rivestano carattere di prevalenza, il compimento di operazioni finanziarie dirette ad assumere partecipazioni, non ai fini del collocamento, ed interessenze in altre Società, Istituti, Ditte, Associazioni ed Organizzazioni anche consortili, le cui finalità siano connesse con gli scopi sociali previsti nel presente statuto. La Società potrà altresì compiere tutte le operazioni che l'Organo Amministrativo riterrà necessarie od utili per il</p>
--	---

<p>raggiungimento degli scopi sociali.</p> <p>E' espressamente esclusa dall'attività sociale la raccolta del risparmio tra il pubblico e l'acquisto e la vendita mediante offerta al pubblico di strumenti finanziari, nonché l'esercizio nei confronti del pubblico delle attività di assunzione di partecipazioni, di concessione di finanziamenti sotto qualsiasi forma, di prestazione di servizi di pagamento e di intermediazione in cambi e ogni altra attività o servizio finanziari riservati.</p>	<p>raggiungimento degli scopi sociali.</p> <p>E' espressamente esclusa dall'attività sociale la raccolta del risparmio tra il pubblico e l'acquisto e la vendita mediante offerta al pubblico di strumenti finanziari, nonché l'esercizio nei confronti del pubblico delle attività di assunzione di partecipazioni, di concessione di finanziamenti sotto qualsiasi forma, di prestazione di servizi di pagamento e di intermediazione in cambi e ogni altra attività o servizio finanziari riservati.</p>
<p>TITOLO II</p>	<p><u>TITOLO II</u></p>
<p>Capitale Sociale, Opzione, Trasferimento delle azioni, Gradimento e Requisiti</p>	<p>Capitale Sociale, Opzione, Trasferimento delle azioni, Gradimento e Requisiti</p>
<p>ART. 6 - Capitale Sociale</p>	<p>ART. 6 - Capitale Sociale</p>
<p>Il capitale sociale è di euro 798.660,00 (settecentonovantottomilaseicentossanta e zero centesimi) diviso in 3.000 (tremila) azioni ordinarie del valore nominale di euro 266,22 (duecentosessantasei e ventidue centesimi) ciascuna.</p>	<p>Il capitale sociale è di euro 798.660,00 (settecentonovantottomilaseicentossanta e zero centesimi) diviso in 3.000 (tremila) azioni ordinarie del valore nominale di euro 266,22 (duecentosessantasei e ventidue centesimi) ciascuna.</p>
<p>Le azioni sono rappresentate da titoli azionari.</p>	<p>Le azioni sono rappresentate da titoli azionari.</p>
<p>Il capitale sociale potrà essere aumentato, una o più volte, anche mediante emissione di particolari categorie di azioni, per deliberazione dell'Assemblea straordinaria. E' ammessa la possibilità che vengano effettuati conferimenti diversi dal denaro.</p>	<p>Il capitale sociale potrà essere aumentato, una o più volte, anche mediante emissione di particolari categorie di azioni, per deliberazione dell'Assemblea straordinaria. E' ammessa la possibilità che vengano effettuati conferimenti diversi dal denaro.</p>

<p>ART. 7 - Diritto di opzione</p> <p>Agli azionisti spetterà il diritto di opzione ai sensi dell'art. 2441 C.C. sulle azioni di nuova emissione, da esercitarsi nei modi ed entro i termini che verranno fissati dall'Assemblea o, per delega della stessa, dal Consiglio di Amministrazione.</p>	<p>ART. 7 - Diritto di opzione</p> <p>Agli azionisti spetterà il diritto di opzione ai sensi dell'art. 2441 C.C. sulle azioni di nuova emissione, da esercitarsi nei modi ed entro i termini che verranno fissati dall'Assemblea o, per delega della stessa, dal Consiglio di Amministrazione.</p>
<p>ART. 8 - Vincolo sulle azioni</p> <p>Le azioni sono nominative, attribuiscono uguali diritti e sono indivisibili. Esse sono assoggettabili a vincoli reali nelle forme di legge, previo consenso del Consiglio di Amministrazione.</p>	<p>ART. 8 - Vincolo sulle azioni</p> <p>Le azioni sono nominative, attribuiscono uguali diritti e sono indivisibili. Esse sono assoggettabili a vincoli reali nelle forme di legge, previo consenso del Consiglio di Amministrazione.</p>
<p>Nei confronti della società il trasferimento delle azioni sarà efficace soltanto se ne sarà richiesta la trascrizione sul libro dei soci.</p>	<p>Nei confronti della società il trasferimento delle azioni sarà efficace soltanto se ne sarà richiesta la trascrizione sul libro dei soci.</p>
<p>ART. 9 - Trasferimento delle azioni – Gradimento</p> <p>Le azioni sono liberamente trasferibili per atto tra vivi e per successione a causa di morte, fatto salvo quanto previsto dal presente articolo e dai successivi articoli 10 ed 11.</p>	<p>ART. 9 - Trasferimento delle azioni – Gradimento</p> <p>Le azioni sono liberamente trasferibili per atto tra vivi e per successione a causa di morte, fatto salvo quanto previsto dal presente articolo e dai successivi articoli 10 ed 11.</p>
<p>Qualsiasi negozio traslativo per atto tra vivi, a titolo oneroso o gratuito, che abbia per oggetto l'alienazione a soggetti estranei alla compagine sociale della piena proprietà o della nuda proprietà o dell'usufrutto di azioni e di diritti di opzione e di prelazione di cui all'articolo 2441, commi 1 e 3, del codice civile, è subordinato al gradimento motivato espresso dal Consiglio di Amministrazione della</p>	<p>Qualsiasi negozio traslativo per atto tra vivi, a titolo oneroso o gratuito, che abbia per oggetto l'alienazione a soggetti estranei alla compagine sociale della piena proprietà o della nuda proprietà o dell'usufrutto di azioni e di diritti di opzione e di prelazione di cui all'articolo 2441, commi 1 e 3, del codice civile, è subordinato al gradimento motivato espresso dal Consiglio di Amministrazione della</p>

<p>Società.</p> <p>In deroga a quanto sopra, il trasferimento per atto tra vivi a favore di Enti Pubblici o a partecipazione pubblica non è subordinato al gradimento espresso dal Consiglio di Amministrazione della Società.</p> <p>Il trasferimento che intervenga in violazione della clausola di gradimento di cui al presente articolo si considera inefficace nei confronti della società e dei soci cosicchè la Società non può iscrivere l'avente causa nel libro dei soci e questi non può esercitare alcun diritto connesso alla titolarità dei diritti e delle azioni acquisiti in violazione della suddetta clausola di gradimento.</p> <p>Qualora il trasferimento non avvenga entro sei mesi dalla data in cui è stata manifestata l'intenzione di vendere, la procedura per il rilascio del gradimento da parte dell'Organo Amministrativo deve essere integralmente ripetuta.</p> <p>ART. 10 - Requisiti</p> <p>I requisiti che dovranno possedere i nuovi soci privati che intendono entrare a far parte della società consortile, e quindi i criteri su cui si fonderà il gradimento del Consiglio di Amministrazione, sono i seguenti:</p> <p>a) esercitino direttamente o tramite proprie controllate o collegate attività industriali nel settore meccanico o attività comunque collegate o correlate</p>	<p>Società.</p> <p>In deroga a quanto sopra, il trasferimento per atto tra vivi a favore di Enti Pubblici o a partecipazione pubblica non è subordinato al gradimento espresso dal Consiglio di Amministrazione della Società.</p> <p>Il trasferimento che intervenga in violazione della clausola di gradimento di cui al presente articolo si considera inefficace nei confronti della società e dei soci cosicchè la Società non può iscrivere l'avente causa nel libro dei soci e questi non può esercitare alcun diritto connesso alla titolarità dei diritti e delle azioni acquisiti in violazione della suddetta clausola di gradimento.</p> <p>Qualora il trasferimento non avvenga entro sei mesi dalla data in cui è stata manifestata l'intenzione di vendere, la procedura per il rilascio del gradimento da parte dell'Organo Amministrativo deve essere integralmente ripetuta.</p> <p>ART. 10 - Requisiti</p> <p>I requisiti che dovranno possedere i nuovi soci privati che intendono entrare a far parte della società consortile, e quindi i criteri su cui si fonderà il gradimento del Consiglio di Amministrazione, sono i seguenti:</p> <p>a) esercitino direttamente o tramite proprie controllate o collegate attività industriali nel settore meccanico o attività comunque collegate o correlate</p>
---	---

<p>a) a quelle della società;</p> <p>b) sottoscrivano ed accettino tutti i vincoli, adempimenti, doveri e modalità contemplati nel presente statuto e sue eventuali modificazioni;</p> <p>c) siano in possesso dei requisiti di onorabilità previsti dall'art. 1 del D.M. n. 517 del 30/12/1998;</p> <p>d) non esercitino, per conto proprio o di terzi, un'attività concorrente rispetto a quella esercitata dalla Società o dalle sue società od imprese controllate o collegate;</p> <p>e) non siano portatori, per conto proprio o di terzi, di interessi anche soltanto potenzialmente in conflitto con quelli della Società o delle sue società od imprese controllate o collegate;</p> <p>f) non abbiano in corso o stiano per intraprendere, per conto proprio o di terzi, controversie con la Società o con le sue società od imprese controllate o collegate;</p> <p>g) non siano stati sottoposti a fallimento o a liquidazione coatta amministrativa o a procedure equiparate o non siano stati comunque dichiarati insolventi in sede giudiziale.</p> <p>ART. 11 - Successione mortis causa</p> <p>Il trasferimento mortis causa a favore di soggetti diversi dal coniuge o dai parenti in linea retta del socio, è subordinato al gradimento motivato espresso dal Consiglio di Amministrazione della</p>	<p>a) a quelle della società;</p> <p>b) sottoscrivano ed accettino tutti i vincoli, adempimenti, doveri e modalità contemplati nel presente statuto e sue eventuali modificazioni;</p> <p>c) siano in possesso dei requisiti di onorabilità previsti dall'art. 1 del D.M. n. 517 del 30/12/1998;</p> <p>d) non esercitino, per conto proprio o di terzi, un'attività concorrente rispetto a quella esercitata dalla Società o dalle sue società od imprese controllate o collegate;</p> <p>e) non siano portatori, per conto proprio o di terzi, di interessi anche soltanto potenzialmente in conflitto con quelli della Società o delle sue società od imprese controllate o collegate;</p> <p>f) non abbiano in corso o stiano per intraprendere, per conto proprio o di terzi, controversie con la Società o con le sue società od imprese controllate o collegate;</p> <p>g) non siano stati sottoposti a fallimento o a liquidazione coatta amministrativa o a procedure equiparate o non siano stati comunque dichiarati insolventi in sede giudiziale.</p> <p>ART. 11 - Successione mortis causa</p> <p>Il trasferimento mortis causa a favore di soggetti diversi dal coniuge o dai parenti in linea retta del socio, è subordinato al gradimento motivato espresso dal Consiglio di Amministrazione della</p>
---	---

<p>Società da esprimersi con riferimento ai criteri sopra indicati.</p> <p>In tal caso, gli eredi o i legatari del socio defunto devono comunicare, con lettera raccomandata con avviso di ricevimento inviata alla Società, l'apertura della successione entro 60 giorni dalla morte del de cuius, con l'indicazione degli eredi e/o dei legatari e la descrizione delle azioni cadute in successione.</p> <p>Se il gradimento viene negato e l'Organo Amministrativo non indica entro 30 giorni un terzo acquirente gradito alla società, si fa luogo alla liquidazione agli eredi o ai legatari delle azioni o dei diritti del defunto; la somma spettante agli eredi o ai legatari per la vendita al terzo acquirente o a titolo di liquidazione viene determinata dall'Organo amministrativo in base al valore delle azioni alla data del decesso del socio, determinato ai sensi dell'art. 2437-ter, secondo comma, del codice civile.</p>	<p>Società da esprimersi con riferimento ai criteri sopra indicati.</p> <p>In tal caso, gli eredi o i legatari del socio defunto devono comunicare, con lettera raccomandata con avviso di ricevimento inviata alla Società, l'apertura della successione entro 60 giorni dalla morte del de cuius, con l'indicazione degli eredi e/o dei legatari e la descrizione delle azioni cadute in successione.</p> <p>Se il gradimento viene negato e l'Organo Amministrativo non indica entro 30 giorni un terzo acquirente gradito alla società, si fa luogo alla liquidazione agli eredi o ai legatari delle azioni o dei diritti del defunto; la somma spettante agli eredi o ai legatari per la vendita al terzo acquirente o a titolo di liquidazione viene determinata dall'Organo amministrativo in base al valore delle azioni alla data del decesso del socio, determinato ai sensi dell'art. 2437-ter, secondo comma, del codice civile.</p>
<p>ART. 12 - Finanziamenti e Contribuzioni</p> <p>I finanziamenti con diritto a restituzione della somma versata possono essere effettuati a favore della società esclusivamente dai soci, anche non in proporzione alle rispettive quote di partecipazione al capitale sociale, che risultano iscritti nel libro soci da almeno 3 (tre) mesi e che detengano una</p>	<p>ART. 12 - Finanziamenti e Contribuzioni</p> <p>I finanziamenti con diritto a restituzione della somma versata possono essere effettuati a favore della società esclusivamente dai soci, anche non in proporzione alle rispettive quote di partecipazione al capitale sociale, che risultano iscritti nel libro soci da almeno 3 (tre) mesi e che detengano una</p>

<p>partecipazione al capitale pari almeno al 2 (due) per cento dell'ammontare del capitale nominale quale risulta dall'ultimo bilancio approvato (o comunque nei limiti e con le modalità che siano imposti dalla normativa tempo per tempo in vigore).</p> <p>Salvo diversa determinazione, i versamenti effettuati dai soci a favore della società devono considerarsi infruttiferi.</p> <p style="text-align: center;">TITOLO III</p> <p style="text-align: center;">Organi Sociali</p> <p>Assemblea dei Soci</p> <p>ART. 13 - Luogo di convocazione</p> <p>Le Assemblee dei soci, sia ordinarie che straordinarie, sono convocate presso la sede sociale o altrove, purché nel territorio della Repubblica Italiana.</p> <p>ART. 14 - Convocazione</p> <p>L'assemblea è convocata ogniqualvolta l'organo amministrativo lo ritenga necessario od opportuno o dal Collegio Sindacale nei casi previsti dalla Legge oppure quando all'organo amministrativo ne sia fatta richiesta dai soci che rappresentino almeno il 10 (dieci) per cento del capitale sociale e nella domanda sono indicati gli argomenti da trattare.</p> <p>L'assemblea è convocata mediante avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica almeno 15 (quindici) giorni prima di</p>	<p>partecipazione al capitale pari almeno al 2 (due) per cento dell'ammontare del capitale nominale quale risulta dall'ultimo bilancio approvato (o comunque nei limiti e con le modalità che siano imposti dalla normativa tempo per tempo in vigore).</p> <p>Salvo diversa determinazione, i versamenti effettuati dai soci a favore della società devono considerarsi infruttiferi.</p> <p style="text-align: center;">TITOLO III</p> <p style="text-align: center;">Organi Sociali</p> <p>Assemblea dei Soci</p> <p>ART. 13 - Luogo di convocazione</p> <p>Le Assemblee dei soci, sia ordinarie che straordinarie, sono convocate presso la sede sociale o altrove, purché nel territorio della Repubblica Italiana.</p> <p>ART. 14 - Convocazione</p> <p>L'assemblea è convocata ogniqualvolta l'organo amministrativo lo ritenga necessario od opportuno o dal Collegio Sindacale nei casi previsti dalla Legge oppure quando all'organo amministrativo ne sia fatta richiesta dai soci che rappresentino almeno il 10 (dieci) per cento del capitale sociale e nella domanda sono indicati gli argomenti da trattare.</p> <p>L'assemblea è convocata mediante avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica almeno 15 (quindici) giorni prima di</p>
---	---

<p>quello fissato per l'assemblea.</p> <p>In deroga al comma precedente e nel caso ricorrano le condizioni indicate all'articolo 2366 terzo comma del Codice Civile, è consentita la convocazione mediante avviso comunicato ai soci, con mezzi che garantiscano la prova dell'avvenuto ricevimento, almeno 15 (quindici) giorni prima del giorno fissato per l'assemblea. L'avviso può essere redatto su qualsiasi supporto (cartaceo o magnetico) e può essere spedito con qualsiasi sistema di comunicazione (compresi il telefax e la posta elettronica).</p> <p>In mancanza delle formalità di convocazione, l'assemblea si reputa regolarmente costituita quando è rappresentato l'intero capitale sociale e partecipa la maggioranza dei componenti degli organi amministrativi e di controllo.</p> <p>Nell'avviso di convocazione debbono essere indicati, dall'Organo Amministrativo, il giorno, l'ora ed il luogo dell'adunanza e l'elenco delle materie da trattare; esso potrà indicare anche la seconda convocazione, qualora nella prima adunanza l'assemblea non risulti legalmente costituita.</p> <p>ART. 15 - Deliberazioni dell'assemblea - Presidenza</p> <p>L'Assemblea ordinaria si riunisce per deliberare</p>	<p>quello fissato per l'assemblea.</p> <p>In deroga al comma precedente e nei caso ricorrano le condizioni indicate all'articolo 2366 terzo comma del Codice Civile, è consentita la convocazione mediante avviso comunicato ai soci, con mezzi che garantiscano la prova dell'avvenuto ricevimento, almeno 15 (quindici) giorni prima del giorno fissato per l'assemblea. L'avviso può essere redatto su qualsiasi supporto (cartaceo o magnetico) e può essere spedito con qualsiasi sistema di comunicazione (compresi il telefax e la posta elettronica).</p> <p>In mancanza delle formalità di convocazione, l'assemblea si reputa regolarmente costituita quando è rappresentato l'intero capitale sociale e partecipa la maggioranza dei componenti degli organi amministrativi e di controllo.</p> <p>Nell'avviso di convocazione debbono essere indicati, dall'Organo Amministrativo, il giorno, l'ora ed il luogo dell'adunanza e l'elenco delle materie da trattare; esso potrà indicare anche la seconda convocazione, qualora nella prima adunanza l'assemblea non risulti legalmente costituita.</p> <p>ART. 15 - Deliberazioni dell'assemblea - Presidenza</p> <p>L'Assemblea ordinaria si riunisce per deliberare</p>
---	---

<p>sugli oggetti di cui all'art. 2364 C.C. nei modi e nei termini di legge. L'Assemblea ordinaria deve essere convocata almeno una volta all'anno entro centoventi giorni dalla chiusura dell'esercizio sociale e qualora lo richiedano particolari esigenze relative alla struttura ed all'oggetto della società e nel caso la società sia tenuta alla redazione del bilancio consolidato potrà essere convocata entro centottanta giorni dalla chiusura dell'esercizio sociale.</p> <p>L'Assemblea ordinaria, al pari dell'Assemblea straordinaria, è presieduta dal Presidente del Consiglio di amministrazione e in caso di sua assenza o impedimento dal Vice presidente più anziano di età; in caso di assenza o impedimento di questo dall'altro Vice Presidente.</p> <p>In caso di assenza o impedimento del Presidente e dei due Vice Presidenti, l'assemblea designa, a maggioranza semplice del capitale presente, uno qualsiasi degli intervenuti.</p> <p>Il Presidente dell'assemblea è assistito da un segretario anche non socio designato dall'assemblea a maggioranza semplice del capitale presente.</p> <p>Ove prescritto dalla legge e pure in ogni caso l'organo amministrativo lo ritenga opportuno, le funzioni di segretario sono attribuite ad un notaio designato dall'organo amministrativo medesimo.</p>	<p>sugli oggetti di cui all'art. 2364 C.C. nei modi e nei termini di legge. L'Assemblea ordinaria deve essere convocata almeno una volta all'anno entro centoventi giorni dalla chiusura dell'esercizio sociale e qualora lo richiedano particolari esigenze relative alla struttura ed all'oggetto della società e nel caso la società sia tenuta alla redazione del bilancio consolidato potrà essere convocata entro centottanta giorni dalla chiusura dell'esercizio sociale.</p> <p>L'Assemblea ordinaria, al pari dell'Assemblea straordinaria, è presieduta dal Presidente del Consiglio di amministrazione e in caso di sua assenza o impedimento dal Vice presidente più anziano di età; in caso di assenza o impedimento di questo dall'altro Vice Presidente.</p> <p>In caso di assenza o impedimento del Presidente e dei due Vice Presidenti, l'assemblea designa, a maggioranza semplice del capitale presente, uno qualsiasi degli intervenuti.</p> <p>Il Presidente dell'assemblea è assistito da un segretario anche non socio designato dall'assemblea a maggioranza semplice del capitale presente.</p> <p>Ove prescritto dalla legge e pure in ogni caso l'organo amministrativo lo ritenga opportuno, le funzioni di segretario sono attribuite ad un notaio designato dall'organo amministrativo medesimo.</p>
--	--

<p>Il Presidente dell'assemblea verifica la regolarità della costituzione dell'assemblea, accerta l'identità e la legittimazione dei presenti, regola il suo svolgimento, stabilisce le modalità di votazione che, in ogni caso, non possono essere a scrutinio segreto e accerta i risultati delle votazioni; di tutto quanto precede viene dato conto nel verbale dell'adunanza.</p> <p>ART. 16 - Intervento in assemblea</p> <p>Hanno diritto di intervenire all'Assemblea gli azionisti che hanno il diritto di voto e che abbiano depositato le azioni o la relativa certificazione presso la sede sociale o le Banche indicate nell'avviso di convocazione almeno 2 (due) giorni prima della data fissata per l'assemblea.</p> <p>Non è consentito il ritiro delle azioni già depositate prima che l'assemblea abbia avuto luogo.</p> <p>Gli azionisti aventi il diritto di intervenire in Assemblea, che non intervengano in persona dei loro legali rappresentanti, possono farsi rappresentare mediante delega scritta da altra persona, anche non azionista, purché non Amministratore, Sindaco o dipendente della società o di società controllata, con le modalità previste dall'art. 2372 C.C..</p> <p>L'assemblea può svolgersi anche con gli intervenuti dislocati in più luoghi, contigui o distanti, collegati</p>	<p>Il Presidente dell'assemblea verifica la regolarità della costituzione dell'assemblea, accerta l'identità e la legittimazione dei presenti, regola il suo svolgimento, stabilisce le modalità di votazione che, in ogni caso, non possono essere a scrutinio segreto e accerta i risultati delle votazioni; di tutto quanto precede viene dato conto nel verbale dell'adunanza.</p> <p>ART. 16 - Intervento in assemblea</p> <p>Hanno diritto di intervenire all'Assemblea gli azionisti che hanno il diritto di voto e che abbiano depositato le azioni o la relativa certificazione presso la sede sociale o le Banche indicate nell'avviso di convocazione almeno 2 (due) giorni prima della data fissata per l'assemblea.</p> <p>Non è consentito il ritiro delle azioni già depositate prima che l'assemblea abbia avuto luogo.</p> <p>Gli azionisti aventi il diritto di intervenire in Assemblea, che non intervengano in persona dei loro legali rappresentanti, possono farsi rappresentare mediante delega scritta da altra persona, anche non azionista, purché non Amministratore, Sindaco o dipendente della società o di società controllata, con le modalità previste dall'art. 2372 C.C..</p> <p>L'assemblea può svolgersi anche con gli intervenuti dislocati in più luoghi, contigui o distanti, collegati</p>
---	---

<p>con sistemi audio e/o video, a condizione che siano rispettati il metodo collegiale e i principi di buona fede e di parità di trattamento dei soci. In tal caso, è necessario che:</p> <p>a) sia consentito al presidente dell'assemblea, anche a mezzo del proprio ufficio di presidenza, di accertare inequivocabilmente l'identità e la legittimazione degli intervenuti, regolare lo svolgimento dell'adunanza, constatare e proclamare i risultati della votazione;</p> <p>b) sia consentito al soggetto verbalizzante di percepire adeguatamente gli eventi assembleari oggetto di verbalizzazione;</p> <p>c) sia consentito agli intervenuti di partecipare in tempo reale alla discussione e alla votazione simultanea sugli argomenti all'ordine del giorno;</p> <p>d) ove non si tratti di assemblea totalitaria, vengano indicati nell'avviso di convocazione i luoghi audio/video collegati o le modalità di collegamento da qualsiasi luogo, dovendosi ritenere svolta la riunione nel luogo ove siano presenti il presidente e il soggetto verbalizzante.</p> <p>ART. 17 - Quorum</p> <p>Per la validità della costituzione dell'Assemblea, sia ordinaria che straordinaria e per la validità delle relative deliberazioni si osservano le disposizioni di legge previste dall'art. 2368 e seguenti C.C..</p>	<p>con sistemi audio e/o video, a condizione che siano rispettati il metodo collegiale e i principi di buona fede e di parità di trattamento dei soci. In tal caso, è necessario che:</p> <p>a) sia consentito al presidente dell'assemblea, anche a mezzo del proprio ufficio di presidenza, di accertare inequivocabilmente l'identità e la legittimazione degli intervenuti, regolare lo svolgimento dell'adunanza, constatare e proclamare i risultati della votazione;</p> <p>b) sia consentito al soggetto verbalizzante di percepire adeguatamente gli eventi assembleari oggetto di verbalizzazione;</p> <p>c) sia consentito agli intervenuti di partecipare in tempo reale alla discussione e alla votazione simultanea sugli argomenti all'ordine del giorno;</p> <p>d) ove non si tratti di assemblea totalitaria, vengano indicati nell'avviso di convocazione i luoghi audio/video collegati o le modalità di collegamento da qualsiasi luogo, dovendosi ritenere svolta la riunione nel luogo ove siano presenti il presidente e il soggetto verbalizzante.</p> <p>ART. 17 - Quorum</p> <p>Per la validità della costituzione dell'Assemblea, sia ordinaria che straordinaria e per la validità delle relative deliberazioni si osservano le disposizioni di legge previste dall'art. 2368 e seguenti C.C..</p>
--	--

<p>Consiglio di Amministrazione</p> <p>ART. 18 - Amministrazione della società</p> <p>La società è amministrata da un Consiglio di Amministrazione composto da un numero minimo di sette membri a un numero massimo di diciannove membri, nominati dall'Assemblea, anche tra non soci, previa determinazione del loro numero.</p> <p>Nella nomina degli amministratori ogni azione dà diritto ad esprimere il voto per la nomina di uno o più consiglieri.</p> <p>Risulteranno eletti coloro che avranno ottenuto il maggior numero di voti, in caso di parità il più anziano di età.</p> <p>I membri del Consiglio di Amministrazione, che rivestano cariche amministrative o direttive presso le imprese e gli enti soci, si ritengono nominati alla carica di amministratore in tale loro funzione.</p> <p>Il venir meno, pertanto, per qualsiasi causa del rapporto con l'impresa o l'ente di appartenenza comporta decadenza automatica dell'Amministratore, per la cui sostituzione si provvede a norma dell'art. 2386 C.C..</p> <p>Non costituisce, tuttavia, causa di decadenza dell'Amministratore che riveste una carica in seno alla società, il venir meno dei suoi rapporti con l'ente di appartenenza, qualora quest'ultimo esprima</p>	<p>Consiglio di Amministrazione</p> <p>ART. 18 - Amministrazione della società</p> <p>La società è amministrata da un Consiglio di Amministrazione composto da un numero minimo di sette membri a un numero massimo di diciannove membri, nominati dall'Assemblea, anche tra non soci, previa determinazione del loro numero.</p> <p>Nella nomina degli amministratori ogni azione dà diritto ad esprimere il voto per la nomina di uno o più consiglieri.</p> <p>Risulteranno eletti coloro che avranno ottenuto il maggior numero di voti, in caso di parità il più anziano di età.</p> <p>I membri del Consiglio di Amministrazione, che rivestano cariche amministrative o direttive presso le imprese e gli enti soci, si ritengono nominati alla carica di amministratore in tale loro funzione.</p> <p>Il venir meno, pertanto, per qualsiasi causa del rapporto con l'impresa o l'ente di appartenenza comporta decadenza automatica dell'Amministratore, per la cui sostituzione si provvede a norma dell'art. 2386 C.C..</p> <p>Non costituisce, tuttavia, causa di decadenza dell'Amministratore che riveste una carica in seno alla società, il venir meno dei suoi rapporti con l'ente di appartenenza, qualora quest'ultimo esprima</p>
---	---

<p>il suo assenso a tale riguardo.</p> <p>ART. 19 - Durata</p> <p>Gli amministratori durano in carica per tre esercizi o per il minor periodo che sia fissato dall'assemblea all'atto della nomina con scadenza in coincidenza dell'assemblea convocata per l'approvazione del bilancio relativo all'ultimo esercizio della loro carica. I componenti del Consiglio di Amministrazione possono essere rieletti e revocati ai sensi dell'articolo 2383 del Codice Civile.</p> <p>Agli Amministratori ed ai Membri del Comitato Esecutivo, se nominato, in aggiunta al rimborso delle spese sostenute per l'espletamento dell'incarico, spetta un compenso, nonché un gettone di presenza per la partecipazione alle riunioni degli organi sociali, determinati annualmente dall'Assemblea dei soci. La remunerazione degli Amministratori investiti di particolari cariche previste dallo statuto è stabilita dal Consiglio di Amministrazione, sentito il parere del Collegio Sindacale.</p> <p>ART. 20 - Nomina Presidente - Vice Presidenti - Segretario</p> <p>Nella sua prima seduta, convocata dall'Amministratore più anziano di età, il Consiglio nomina fra i propri membri un Presidente e due Vice-Presidenti, se non sono stati nominati</p>	<p>il suo assenso a tale riguardo.</p> <p>ART. 19 - Durata</p> <p>Gli amministratori durano in carica per tre esercizi o per il minor periodo che sia fissato dall'assemblea all'atto della nomina con scadenza in coincidenza dell'assemblea convocata per l'approvazione del bilancio relativo all'ultimo esercizio della loro carica. I componenti del Consiglio di Amministrazione possono essere rieletti e revocati ai sensi dell'articolo 2383 del Codice Civile.</p> <p>Agli Amministratori ed ai Membri del Comitato Esecutivo, se nominato, in aggiunta al rimborso delle spese sostenute per l'espletamento dell'incarico, spetta un compenso, nonché un gettone di presenza per la partecipazione alle riunioni degli organi sociali, determinati annualmente dall'Assemblea dei soci. La remunerazione degli Amministratori investiti di particolari cariche previste dallo statuto è stabilita dal Consiglio di Amministrazione, sentito il parere del Collegio Sindacale.</p> <p>ART. 20 - Nomina Presidente - Vice Presidenti - Segretario</p> <p>Nella sua prima seduta, convocata dall'Amministratore più anziano di età, il Consiglio nomina fra i propri membri un Presidente e due Vice-Presidenti, se non sono stati nominati</p>
---	---

<p>dall'Assemblea, e un Segretario; a quest'ultimo ufficio può anche essere chiamata la persona preposta alla direzione generale della società.</p> <p>ART. 21 - Convocazione del Consiglio</p> <p>Il Consiglio è convocato dal Presidente, o da chi lo sostituisce, ogni qualvolta sia ritenuto necessario dallo stesso o ne sia fatta richiesta scritta da almeno un terzo degli Amministratori o dal Collegio Sindacale.</p> <p>Il Consiglio viene convocato dal presidente con avviso da spedirsi almeno 5 (cinque) giorni prima dell'adunanza a ciascun componente del consiglio di amministrazione, nonché ai sindaci effettivi e, nei casi di urgenza almeno 24 (ventiquattro) ore prima. L'avviso può essere redatto su qualsiasi supporto (cartaceo o magnetico) e può essere spedito con qualsiasi sistema di comunicazione (compresi il telefax e la posta elettronica).</p> <p>Il Consiglio di Amministrazione viene convocato presso la sede della società; può essere convocato anche in altra località da indicarsi nell'avviso di convocazione, ma sempre nel territorio nazionale.</p> <p>ART. 22 - Adunanze e deliberazioni del Consiglio di Amministrazione</p> <p>Le riunioni del Consiglio sono presiedute dal Presidente del consiglio di amministrazione; in caso di sua assenza o impedimento dal Vice presidente</p>	<p>dall'Assemblea, e un Segretario; a quest'ultimo ufficio può anche essere chiamata la persona preposta alla direzione generale della società.</p> <p>ART. 21 - Convocazione del Consiglio</p> <p>Il Consiglio è convocato dal Presidente, o da chi lo sostituisce, ogni qualvolta sia ritenuto necessario dallo stesso o ne sia fatta richiesta scritta da almeno un terzo degli Amministratori o dal Collegio Sindacale.</p> <p>Il Consiglio viene convocato dal presidente con avviso da spedirsi almeno 5 (cinque) giorni prima dell'adunanza a ciascun componente del consiglio di amministrazione, nonché ai sindaci effettivi e, nei casi di urgenza almeno 24 (ventiquattro) ore prima. L'avviso può essere redatto su qualsiasi supporto (cartaceo o magnetico) e può essere spedito con qualsiasi sistema di comunicazione (compresi il telefax e la posta elettronica).</p> <p>Il Consiglio di Amministrazione viene convocato presso la sede della società; può essere convocato anche in altra località da indicarsi nell'avviso di convocazione, ma sempre nel territorio nazionale.</p> <p>ART. 22 - Adunanze e deliberazioni del Consiglio di Amministrazione</p> <p>Le riunioni del Consiglio sono presiedute dal Presidente del consiglio di amministrazione; in caso di sua assenza o impedimento dal Vice presidente</p>
---	---

<p>più anziano di età ed in caso di assenza o impedimento di questo dall'altro Vice Presidente.</p> <p>In caso di assenza od impedimento del Presidente e dei due Vice Presidenti, il Consiglio di amministrazione è presieduto dal Consigliere più anziano di età.</p> <p>Per la validità delle riunioni è necessaria la presenza della maggioranza degli Amministratori in carica.</p> <p>Le deliberazioni del consiglio sono prese col voto favorevole della maggioranza assoluta dei membri presenti; il consigliere astenuto si considera presente alla votazione.</p> <p>A parità di voti, prevale il voto di chi presiede.</p> <p>Il consiglio di amministrazione è comunque validamente costituito e atto a deliberare qualora, anche in assenza delle suddette formalità, siano presenti tutti i membri del consiglio stesso e tutti i componenti del collegio sindacale, fermo restando il diritto di ciascuno degli intervenuti di opporsi alla discussione degli argomenti sui quali non si ritenga sufficientemente informato.</p> <p>Le adunanze del consiglio di amministrazione possono svolgersi anche con gli intervenuti dislocati in più luoghi, contigui o distanti, collegati con sistemi audio e/o video, a condizione che siano rispettati il metodo collegiale e i principi di buona</p>	<p>più anziano di età ed in caso di assenza o impedimento di questo dall'altro Vice Presidente.</p> <p>In caso di assenza od impedimento del Presidente e dei due Vice Presidenti, il Consiglio di amministrazione è presieduto dal Consigliere più anziano di età.</p> <p>Per la validità delle riunioni è necessaria la presenza della maggioranza degli Amministratori in carica.</p> <p>Le deliberazioni del consiglio sono prese col voto favorevole della maggioranza assoluta dei membri presenti; il consigliere astenuto si considera presente alla votazione.</p> <p>A parità di voti, prevale il voto di chi presiede.</p> <p>Il consiglio di amministrazione è comunque validamente costituito e atto a deliberare qualora, anche in assenza delle suddette formalità, siano presenti tutti i membri del consiglio stesso e tutti i componenti del collegio sindacale, fermo restando il diritto di ciascuno degli intervenuti di opporsi alla discussione degli argomenti sui quali non si ritenga sufficientemente informato.</p> <p>Le adunanze del consiglio di amministrazione possono svolgersi anche con gli intervenuti dislocati in più luoghi, contigui o distanti, collegati con sistemi audio e/o video, a condizione che siano rispettati il metodo collegiale e i principi di buona</p>
---	---

<p>fede e di parità di trattamento dei consiglieri. In tal caso, è necessario che:</p> <p>a) sia consentito al presidente di accertare inequivocabilmente l'identità e la legittimazione degli intervenuti, regolare lo svolgimento dell'adunanza, constatare e proclamare i risultati della votazione;</p> <p>b) sia consentito al soggetto verbalizzante di percepire adeguatamente gli eventi oggetto di verbalizzazione;</p> <p>c) sia consentito agli intervenuti di scambiarsi documentazione e comunque di partecipare in tempo reale alla discussione e alla votazione simultanea sugli argomenti all'ordine del giorno;</p> <p>d) a meno che si tratti di adunanza totalitaria, vengano indicati nell'avviso di convocazione i luoghi audio/videocollegati o le modalità di collegamento da qualsiasi luogo, dovendosi ritenere svolta la riunione nel luogo ove siano presenti il presidente e il soggetto verbalizzante.</p> <p>Le modalità di espressione del voto, fermo restando che deve in ogni caso trattarsi di una modalità che consenta l'individuazione di coloro che esprimano voti contrari oppure che si astengano, sono decise dal presidente.</p> <p>Il voto non può essere dato per rappresentanza né per corrispondenza.</p>	<p>fede e di parità di trattamento dei consiglieri. In tal caso, è necessario che:</p> <p>a) sia consentito al presidente di accertare inequivocabilmente l'identità e la legittimazione degli intervenuti, regolare lo svolgimento dell'adunanza, constatare e proclamare i risultati della votazione;</p> <p>b) sia consentito al soggetto verbalizzante di percepire adeguatamente gli eventi oggetto di verbalizzazione;</p> <p>c) sia consentito agli intervenuti di scambiarsi documentazione e comunque di partecipare in tempo reale alla discussione e alla votazione simultanea sugli argomenti all'ordine del giorno;</p> <p>d) a meno che si tratti di adunanza totalitaria, vengano indicati nell'avviso di convocazione i luoghi audio/videocollegati o le modalità di collegamento da qualsiasi luogo, dovendosi ritenere svolta la riunione nel luogo ove siano presenti il presidente e il soggetto verbalizzante.</p> <p>Le modalità di espressione del voto, fermo restando che deve in ogni caso trattarsi di una modalità che consenta l'individuazione di coloro che esprimano voti contrari oppure che si astengano, sono decise dal presidente.</p> <p>Il voto non può essere dato per rappresentanza né per corrispondenza.</p>
--	--

<p>Il verbale delle adunanze e delle deliberazioni del consiglio di amministrazione deve essere tempestivamente redatto ed è sottoscritto dal presidente e dal segretario, nominato dal presidente, che potrà essere anche un estraneo.</p> <p>Il verbale deve indicare:</p> <p>a) la data dell'adunanza;</p> <p>b) anche in allegato, l'identità dei partecipanti;</p> <p>c) su richiesta dei membri dell'organo amministrativo, le loro dichiarazioni pertinenti all'ordine del giorno;</p> <p>d) le modalità e il risultato delle votazioni;</p> <p>e) deve consentire, anche per allegato, l'identificazione dei favorevoli, degli astenuti o dei dissenzienti.</p> <p>Ove prescritto dalla legge e pure in ogni caso l'organo amministrativo lo ritenga opportuno, le funzioni di segretario sono attribuite a un notaio designato dall'organo amministrativo medesimo.</p> <p>ART. 23 - Poteri del Consiglio di Amministrazione</p> <p>Il Consiglio di Amministrazione è investito di tutti i poteri per l'ordinaria e la straordinaria amministrazione della società nell'ambito delle leggi e del presente statuto; esso ha la facoltà di compiere tutti gli atti che ritenga opportuni per l'attuazione ed il raggiungimento dell'oggetto sociale, salve le specifiche autorizzazioni richieste</p>	<p>Il verbale delle adunanze e delle deliberazioni del consiglio di amministrazione deve essere tempestivamente redatto ed è sottoscritto dal presidente e dal segretario, nominato dal presidente, che potrà essere anche un estraneo.</p> <p>Il verbale deve indicare:</p> <p>a) la data dell'adunanza;</p> <p>b) anche in allegato, l'identità dei partecipanti;</p> <p>c) su richiesta dei membri dell'organo amministrativo, le loro dichiarazioni pertinenti all'ordine del giorno;</p> <p>d) le modalità e il risultato delle votazioni;</p> <p>e) deve consentire, anche per allegato, l'identificazione dei favorevoli, degli astenuti o dei dissenzienti.</p> <p>Ove prescritto dalla legge e pure in ogni caso l'organo amministrativo lo ritenga opportuno, le funzioni di segretario sono attribuite a un notaio designato dall'organo amministrativo medesimo.</p> <p>ART. 23 - Poteri del Consiglio di Amministrazione</p> <p>Il Consiglio di Amministrazione è investito di tutti i poteri per l'ordinaria e la straordinaria amministrazione della società nell'ambito delle leggi e del presente statuto; esso ha la facoltà di compiere tutti gli atti che ritenga opportuni per l'attuazione ed il raggiungimento dell'oggetto sociale, salve le specifiche autorizzazioni richieste</p>
--	--

<p>dalla legge o dallo Statuto.</p> <p>L'Organo Amministrativo è autorizzato a nominare procuratori speciali, institori, direttori, agenti e rappresentanti, determinandone i poteri e le attribuzioni, compreso l'uso della firma sociale, nonché i compensi nei limiti e nelle forme che esso giudicherà opportuni.</p> <p>ART. 24 - Amministratori delegati, Comitato Esecutivo</p> <p>Il Consiglio può delegare proprie attribuzioni a uno o più Amministratori delegati e/o a un Comitato Esecutivo composto, oltre che dal Presidente e dai due Vice-Presidenti, che ne fanno parte di diritto, da un numero di consiglieri non superiore a quattro, determinando i limiti della delega ai sensi dell'art. 2381 C.C. e fissandone i poteri.</p> <p>Per la validità delle deliberazioni del Comitato Esecutivo è necessaria la presenza della maggioranza dei suoi componenti in carica ed il voto favorevole della maggioranza dei presenti.</p> <p>Tutte le norme relative alla convocazione e alla disciplina delle riunioni del Comitato saranno stabilite con apposita deliberazione dal Consiglio.</p> <p>Il Consiglio può inoltre istituire comitati tecnici aventi definite funzioni consultive e dovrà nominare uno o più direttori, anche generali, aventi esperienza e comprovate capacità professionali,</p>	<p>dalla legge o dallo Statuto.</p> <p>L'Organo Amministrativo è autorizzato a nominare procuratori speciali, institori, direttori, agenti e rappresentanti, determinandone i poteri e le attribuzioni, compreso l'uso della firma sociale, nonché i compensi nei limiti e nelle forme che esso giudicherà opportuni.</p> <p>ART. 24 - Amministratori delegati, Comitato Esecutivo</p> <p>Il Consiglio può delegare proprie attribuzioni a uno o più Amministratori delegati e/o a un Comitato Esecutivo composto, oltre che dal Presidente e dai due Vice-Presidenti, che ne fanno parte di diritto, da un numero di consiglieri non superiore a quattro, determinando i limiti della delega ai sensi dell'art. 2381 C.C. e fissandone i poteri.</p> <p>Per la validità delle deliberazioni del Comitato Esecutivo è necessaria la presenza della maggioranza dei suoi componenti in carica ed il voto favorevole della maggioranza dei presenti.</p> <p>Tutte le norme relative alla convocazione e alla disciplina delle riunioni del Comitato saranno stabilite con apposita deliberazione dal Consiglio.</p> <p>Il Consiglio può inoltre istituire comitati tecnici aventi definite funzioni consultive e dovrà nominare uno o più direttori, anche generali, aventi esperienza e comprovate capacità professionali,</p>
---	---

<p>fissandone funzioni e poteri. I direttori potranno assistere, ove convocati, alle riunioni del Consiglio e del Comitato Esecutivo.</p>	<p>fissandone funzioni e poteri. I direttori potranno assistere, ove convocati, alle riunioni del Consiglio e del Comitato Esecutivo.</p>
<p>La società può inoltre avvalersi dell'apporto di Enti, Istituti, strutture tecniche esistenti nella Regione e di studi professionali.</p>	<p>La società può inoltre avvalersi dell'apporto di Enti, Istituti, strutture tecniche esistenti nella Regione e di studi professionali.</p>
<p>ART. 25 - Presidente</p>	<p>ART. 25 - Presidente</p>
<p>Il Presidente del Consiglio di Amministrazione è il legale rappresentante della società. Egli sorveglia l'andamento della stessa; convoca e presiede l'Assemblea dei soci, il Consiglio di Amministrazione e il Comitato Esecutivo; fa al Comitato e al Consiglio tutte le proposte che ritiene utili alla società e al buon andamento dell'amministrazione, sulle quali sia di competenza del Consiglio o del Comitato Esecutivo deliberare.</p>	<p>Il Presidente del Consiglio di Amministrazione è il legale rappresentante della società. Egli sorveglia l'andamento della stessa; convoca e presiede l'Assemblea dei soci, il Consiglio di Amministrazione e il Comitato Esecutivo; fa al Comitato e al Consiglio tutte le proposte che ritiene utili alla società e al buon andamento dell'amministrazione, sulle quali sia di competenza del Consiglio o del Comitato Esecutivo deliberare.</p>
<p>Ha facoltà di nominare e revocare mandatarî e procuratori per singoli atti o per serie di atti; può adottare, in caso d'urgenza, tutti i provvedimenti di carattere cautelare e conservativo che si rendessero necessari per la tutela dell'interesse della società, ha altresì la facoltà di promuovere istanze giudiziarie od amministrative per ogni grado di giurisdizione ed anche per giudizi di revocazione o Cassazione e di nominare all'uopo avvocati e/o procuratori alle liti, dandone comunicazione agli organi collegiali competenti se possibile in via preventiva o</p>	<p>Ha facoltà di nominare e revocare mandatarî e procuratori per singoli atti o per serie di atti; può adottare, in caso d'urgenza, tutti i provvedimenti di carattere cautelare e conservativo che si rendessero necessari per la tutela dell'interesse della società, ha altresì la facoltà di promuovere istanze giudiziarie od amministrative per ogni grado di giurisdizione ed anche per giudizi di revocazione o Cassazione e di nominare all'uopo avvocati e/o procuratori alle liti, dandone comunicazione agli organi collegiali competenti se possibile in via preventiva o</p>

<p>comunque nella prima riunione successiva.</p> <p>ART. 26 - Vice Presidenti</p> <p>Il Presidente, in caso di assenza o di impedimento, è sostituito dal Vice-Presidente più anziano di età e in caso di assenza o impedimento di questo, dall'altro Vice Presidente.</p> <p>Di fronte ai soci ed ai terzi la firma di chi sostituisce il Presidente fa fede dell'assenza o dell'impedimento di questi e della legittimità della sostituzione.</p> <p>ART. 27 - Collegio Sindacale</p> <p>Il Collegio Sindacale si compone di tre Sindaci effettivi. Devono inoltre essere nominati due sindaci supplenti. E' nominato ed opera a norma degli artt. 2397 e segg. del Codice Civile e delle leggi speciali.</p> <p>E' ammessa la possibilità che le riunioni del Collegio Sindacale si tengano per audiovideoconferenza ovvero per teleconferenza, a condizione che tutti i partecipanti possano essere identificati da ciascuno di essi e sia loro consentito di seguire la discussione, di intervenire in tempo reale alla trattazione degli argomenti affrontati e di visionare, ricevere o trasmettere documentazione e che di tutto quanto sopra venga dato atto nel relativo verbale.</p> <p>Verificandosi tali presupposti, la riunione si</p>	<p>comunque nella prima riunione successiva.</p> <p>ART. 26 - Vice Presidenti</p> <p>Il Presidente, in caso di assenza o di impedimento, è sostituito dal Vice-Presidente più anziano di età e in caso di assenza o impedimento di questo, dall'altro Vice Presidente.</p> <p>Di fronte ai soci ed ai terzi la firma di chi sostituisce il Presidente fa fede dell'assenza o dell'impedimento di questi e della legittimità della sostituzione.</p> <p>ART. 27 - Collegio Sindacale</p> <p>Il Collegio Sindacale si compone di tre Sindaci effettivi. Devono inoltre essere nominati due sindaci supplenti. E' nominato ed opera a norma degli artt. 2397 e segg. del Codice Civile e delle leggi speciali.</p> <p>E' ammessa la possibilità che le riunioni del Collegio Sindacale si tengano per audiovideoconferenza ovvero per teleconferenza, a condizione che tutti i partecipanti possano essere identificati da ciascuno di essi e sia loro consentito di seguire la discussione, di intervenire in tempo reale alla trattazione degli argomenti affrontati e di visionare, ricevere o trasmettere documentazione e che di tutto quanto sopra venga dato atto nel relativo verbale.</p> <p>Verificandosi tali presupposti, la riunione si</p>
---	---

<p>considera tenuta nel luogo di convocazione del Collegio, ove deve essere presente almeno un Sindaco.</p>	<p>considera tenuta nel luogo di convocazione del Collegio, ove deve essere presente almeno un Sindaco.</p>
<p>Ai Sindaci, in aggiunta al rimborso delle spese sostenute per l'espletamento dell'incarico, spetta un compenso annuale ed un gettone di presenza per la partecipazione alle riunioni degli organi sociali determinati dall'Assemblea all'atto della nomina degli stessi, per l'intero periodo di durata del loro ufficio sulla base della tariffa professionale dei Dottori Commercialisti o se nel frattempo emanata di quella dei Revisori contabili.</p>	<p>Ai Sindaci, in aggiunta al rimborso delle spese sostenute per l'espletamento dell'incarico, spetta un compenso annuale ed un gettone di presenza per la partecipazione alle riunioni degli organi sociali determinati dall'Assemblea all'atto della nomina degli stessi, per l'intero periodo di durata del loro ufficio sulla base della tariffa professionale dei Dottori Commercialisti o se nel frattempo emanata di quella dei Revisori contabili.</p>
<p>ART. 28 - Controlli</p>	<p>ART. 28 - Controlli Revisione legale dei conti</p>
<p>Il controllo contabile è esercitato, a scelta dell'Assemblea Ordinaria dei soci, da un revisore contabile o da una società di revisione ovvero, ricorrendo le condizioni di cui all'art. 2409-bis, terzo comma, del codice civile, dal collegio sindacale.</p>	<p>La revisione legale dei conti è esercitata, a scelta dell'Assemblea Ordinaria dei soci, da un revisore legale dei conti o da una società di revisione legale iscritti nell'apposito registro ovvero, ricorrendo le condizioni di cui all'art. 2409-bis, terzo secondo comma, del codice civile, dal collegio sindacale.</p>
	<p>Il conferimento e la revoca dell'incarico al revisore o alla società di revisione e la determinazione del relativo compenso sono di competenza dell'Assemblea dei Soci.</p>
	<p>La durata dell'incarico, i diritti, i compiti, le prerogative e la responsabilità del revisore o della società di revisione sono regolati dalle disposizioni normative vigenti.</p>

<p>L'incarico ha la durata di tre esercizi, con scadenza alla data dell'Assemblea convocata per l'approvazione del bilancio relativo al terzo esercizio dell'incarico. Per i primi tre esercizi a decorrere da quello in corso alla data di approvazione del presente Statuto, il controllo contabile è affidato alla società di revisione già incaricata della certificazione del bilancio della società.</p>	<p>L'incarico ha la durata di tre esercizi, con scadenza alla data dell'Assemblea convocata per l'approvazione del bilancio relativo al terzo esercizio dell'incarico. Per i primi tre esercizi a decorrere da quello in corso alla data di approvazione del presente Statuto, il controllo contabile è affidato alla società di revisione già incaricata della certificazione del bilancio della società.</p>
<p style="text-align: center;">TITOLO IV Obbligazioni</p>	<p style="text-align: center;">TITOLO IV Obbligazioni</p>
<p>ART. 29 - Obbligazioni</p> <p>L'emissione di obbligazioni, ai sensi degli articoli 2410 e ss. del Codice Civile, è deliberata dall'assemblea straordinaria.</p>	<p>ART. 29 - Obbligazioni</p> <p>L'emissione di obbligazioni, ai sensi degli articoli 2410 e ss. del Codice Civile, è deliberata dall'assemblea straordinaria.</p>
<p style="text-align: center;">TITOLO V Patrimoni destinati ad uno specifico affare</p>	<p style="text-align: center;">TITOLO V Patrimoni destinati ad uno specifico affare</p>
<p>ART. 30 - Patrimoni destinati ad uno specifico affare</p> <p>L'assemblea straordinaria può deliberare la costituzione di patrimoni destinati a uno specifico affare ai sensi dell'articolo 2447 bis del codice civile.</p>	<p>ART. 30 - Patrimoni destinati ad uno specifico affare</p> <p>L'assemblea straordinaria può deliberare la costituzione di patrimoni destinati a uno specifico affare ai sensi dell'articolo 2447 bis del codice civile.</p>
<p style="text-align: center;">TITOLO VI Esercizio Sociale e Bilancio</p>	<p style="text-align: center;">TITOLO VI Esercizio Sociale e Bilancio</p>
<p>ART. 31 - Esercizio Sociale</p> <p>L'esercizio sociale si chiude al 31 (trentuno)</p>	<p>ART. 31 - Esercizio Sociale</p> <p>L'esercizio sociale si chiude al 31 (trentuno)</p>

<p>dicembre di ogni anno.</p> <p>Al termine di ciascun esercizio sociale, l'Organo Amministrativo provvederà alla redazione del bilancio annuale e della Relazione sulla Gestione, se non esonerato a redigerla dalle norme di legge, da presentare, per l'approvazione, all'assemblea ordinaria dei soci nei termini di cui al precedente art. 15.</p>	<p>dicembre di ogni anno.</p> <p>Al termine di ciascun esercizio sociale, l'Organo Amministrativo provvederà alla redazione del bilancio annuale e della Relazione sulla Gestione, se non esonerato a redigerla dalle norme di legge, da presentare, per l'approvazione, all'assemblea ordinaria dei soci nei termini di cui al precedente art. 15.</p>
<p style="text-align: center;">TITOLO VII</p> <p style="text-align: center;">Scioglimento e Liquidazione</p> <p>ART. 32 - Liquidazione</p> <p>Nel caso di scioglimento della società per qualsiasi ragione, l'Assemblea procederà, a norma di legge, alla nomina di uno o più liquidatori, determinandone i poteri.</p> <p>Eventuali residui, dopo il rimborso del Capitale Sociale eseguito con smobilizzo delle azioni entro il termine massimo di dieci anni e tenendo conto della svalutazione monetaria sulla base dei dati Istat, saranno devoluti alla Regione Marche per proseguire il potenziamento e lo sviluppo del settore meccanico.</p>	<p style="text-align: center;">TITOLO VII</p> <p style="text-align: center;">Scioglimento e Liquidazione</p> <p>ART. 32 - Liquidazione</p> <p>Nel caso di scioglimento della società per qualsiasi ragione, l'Assemblea procederà, a norma di legge, alla nomina di uno o più liquidatori, determinandone i poteri.</p> <p>Eventuali residui, dopo il rimborso del Capitale Sociale eseguito con smobilizzo delle azioni entro il termine massimo di dieci anni e tenendo conto della svalutazione monetaria sulla base dei dati Istat, saranno devoluti alla Regione Marche per proseguire il potenziamento e lo sviluppo del settore meccanico.</p>
<p style="text-align: center;">TITOLO VIII</p> <p style="text-align: center;">Clausola Compromissoria e Foro Competente</p> <p>ART. 33 - Clausola compromissoria</p> <p>Tutte le controversie insorte tra la Società ed i soci, ovvero tra i soci o tra gli eredi del socio defunto e</p>	<p style="text-align: center;">TITOLO VIII</p> <p style="text-align: center;">Clausola Compromissoria e Foro Competente</p> <p>ART. 33 - Clausola compromissoria</p> <p>Tutte le controversie insorte tra la Società ed i soci, ovvero tra i soci o tra gli eredi del socio defunto e</p>

<p>gli altri soci e/o la Società, che hanno per oggetto diritti disponibili relativi al rapporto sociale e/o impugnazioni di delibere assembleari, nonché quelle promosse da amministratori, liquidatori e sindaci ovvero nei loro confronti, con la sola eccezione di quelle nelle quali la legge prevede l'intervento obbligatorio del pubblico ministero, sono deferite alla decisione di un Collegio arbitrale composto da tre membri, nominati dal Comitato tecnico della Camera Arbitrale "Leone Levi" della Camera di Commercio di Ancona in conformità del suo Regolamento generale.</p> <p>Il procedimento arbitrale si instaura e si svolge secondo il Regolamento di procedura della predetta Camera arbitrale che i soggetti interessati dichiarano di conoscere ed accettare e il Collegio arbitrale decide in via rituale secondo diritto, nel rispetto delle norme inderogabili del codice di procedura civile (artt. 816 e ss.) e delle disposizioni degli artt. 34, 35 e 36 del decreto legislativo 17 gennaio 2003 n. 5; la decisione è espressa in un lodo idoneo ad acquistare efficacia esecutiva ai sensi dell'art. 825, commi 2 e 3 c.p.c..</p> <p>ART. 34 - Foro competente</p> <p>Per qualunque controversia sorga in dipendenza di affari sociali e della interpretazione o esecuzione del presente statuto e che non sia sottoponibile ad</p>	<p>gli altri soci e/o la Società, che hanno per oggetto diritti disponibili relativi al rapporto sociale e/o impugnazioni di delibere assembleari, nonché quelle promosse da amministratori, liquidatori e sindaci ovvero nei loro confronti, con la sola eccezione di quelle nelle quali la legge prevede l'intervento obbligatorio del pubblico ministero, sono deferite alla decisione di un Collegio arbitrale composto da tre membri, nominati dal Comitato tecnico della Camera Arbitrale "Leone Levi" della Camera di Commercio di Ancona in conformità del suo Regolamento generale.</p> <p>Il procedimento arbitrale si instaura e si svolge secondo il Regolamento di procedura della predetta Camera arbitrale che i soggetti interessati dichiarano di conoscere ed accettare e il Collegio arbitrale decide in via rituale secondo diritto, nel rispetto delle norme inderogabili del codice di procedura civile (artt. 816 e ss.) e delle disposizioni degli artt. 34, 35 e 36 del decreto legislativo 17 gennaio 2003 n. 5; la decisione è espressa in un lodo idoneo ad acquistare efficacia esecutiva ai sensi dell'art. 825, commi 2 e 3 c.p.c..</p> <p>ART. 34 - Foro competente</p> <p>Per qualunque controversia sorga in dipendenza di affari sociali e della interpretazione o esecuzione del presente statuto e che non sia sottoponibile ad</p>
--	---

arbitrato è competente il foro del luogo ove la società ha la propria sede legale.

TITOLO IX

Disposizioni generali

ART. 35 - Rinvio

Per tutto quanto non espressamente previsto dal presente Statuto, valgono le disposizioni di Legge in materia.

arbitrato è competente il foro del luogo ove la società ha la propria sede legale.

TITOLO IX

Disposizioni generali

ART. 35 - Rinvio

Per tutto quanto non espressamente previsto dal presente Statuto, valgono le disposizioni di Legge in materia.

Report Assegno di Ricerca 1/11/2015 – 31/10/2016

Bellocchio Enrico *Bellocchio Enrico*

Visione artificiale e apprendimento dinamico per applicazioni domotiche, secondo anno

Con La presente si vuole fornire un resoconto delle attività svolte nell'ambito del secondo anno di assegno di ricerca per il progetto di ricerca **"Visione artificiale e apprendimento dinamico per applicazioni domotiche"**.

Il lavoro di questo anno ha portato al completamento delle attività in carico all'Università di Perugia nell'ambito del progetto S.E.A.L..

Una parte importante del mio lavoro è stato lo sviluppo di due prototipi di Smart-Camera, prototipi che sono stati installate nei due siti di Malo e Schio.

La Smart-Camera è composta da due componenti principali:

Una telecamera industriale Martrix Vision Blue-Fox3 e dalla scheda di sviluppo embedded Nvidia Jetson TK1.

La Smart-Camera possiede un sistema operativo Linux ed è in grado di supportare lo sviluppo di algoritmi di Machine Learning basati su reti neurali convoluzionali (CNN), grazie alla presenza di una GPU che ne rende particolarmente efficiente l'esecuzione.

Proprio grazie questo è stata utilizzata un'architettura CNN di People Detection e ne è stata sviluppata una nuova appositamente progettata per il People Re-identification, come moduli di un futuro sistema di apprendimento delle abitudini di utilizzo degli spazi pubblici.

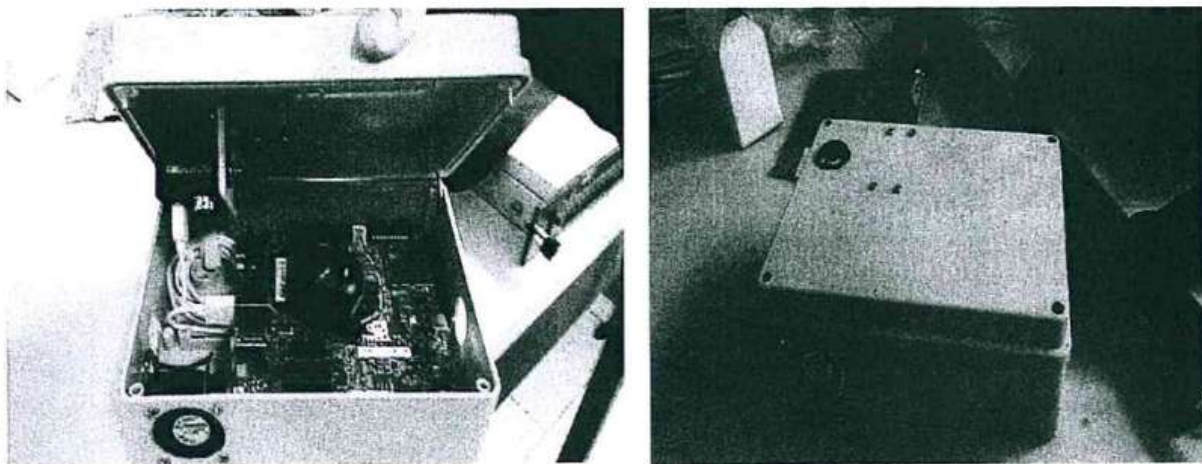


Figura 1.a e 1.b: Interno ed esterno della Smart-Camera.

Altra importante attività ha riguardato lo sviluppo ed il test dell'infrastruttura di comunicazione ed integrazione dei dispositivi domotici presenti nel sistema

M

S.E.A.L.

L'utilizzo del Framework Software per la Robotica ROS (Robot Operating System) ha permesso lo sviluppo di uno standard di comunicazione che è stato in grado di integrare dispositivi eterogenei realizzati da vendor diversi. In particolare si è utilizzato il meccanismo di comunicazione sincrono dei **Topic** per lo scambio di messaggi e di misure dei sensori e di altri dispositivi (utilizzando una struttura dei messaggi che permettesse di astrarre dal dispositivo fisico interessato), ed il sistema di comunicazione asincrono dei **Service** per la generazione di comandi da impartire ai vari attuatori (anche qui definendo delle strutture di messaggio astratte).

Si sono quindi realizzati i moduli per i sottosistemi dei vari vendor in grado di effettuare la traduzione tra lo standard di comunicazione ROS e lo standard specifico del singolo costruttore.

Abbiamo inoltre realizzato il Database Manager in grado di tener traccia dei dispositivi attivi sul sistema e di registrare tutti i messaggi in transito sul sistema.

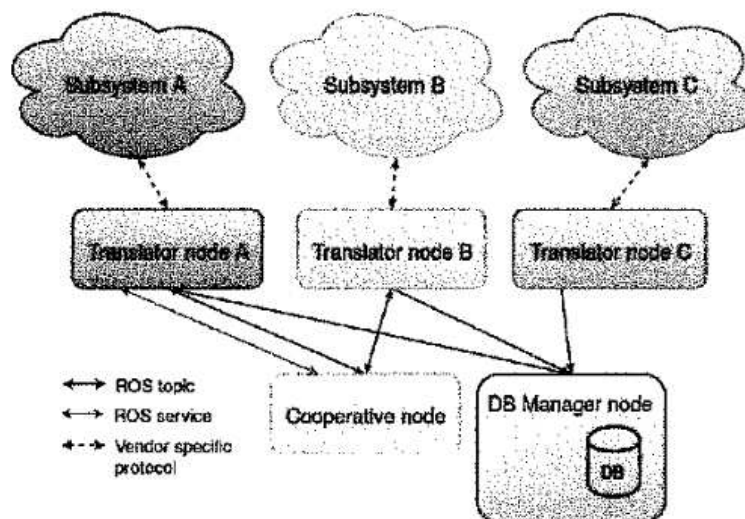


Figura 2: Architettura del sistema S.E.A.L.

Abbiamo quindi realizzato diversi servizi cooperativi, in grado di combinare letture e comandi di dispositivi diversi per erogare servizi altrimenti non realizzabili con l'utilizzo isolato del singolo sottosistema.

Abbiamo infine realizzato una semplice interfaccia grafica in grado di comunicare con il database per effettuare il monitoraggio dello stato del sistema e per la costruzione degli storici delle letture dei vari sensori.

Alla fase realizzativa è seguita un'intensa campagna sperimentale, in cui i dispositivi ed i servizi realizzati sono stati installati e testati nelle due sedi di Malo e Schio. I sistemi installati sono stati testati anche da remoto, grazie ad una connessione ssh attivata verso i server centrali ROS presenti nelle due sedi, che hanno permesso il proseguimento dei test anche dall'Università di

Perugia.

Tutto il lavoro svolto per il progetto SEAL è stato raccolto e descritto all'interno di un articolo scientifico presentato alla conferenza internazionale "IEEE International Smart Cities Conference", che si è svolta a Trento a Settembre del 2016.

Parallelamente all'attività svolta per il progetto SEAL, la mia attività di ricerca ha portato alla pubblicazione dei seguenti articoli scientifici:

Atti di Conferenza

1) Bellocchio E. , Costante G. , Cascianelli S. , Valigi P. , Ciarfuglia T. A. (2016). **SmartSEAL: A ROS based Home Automation Framework for Heterogeneous Devices Interconnection in Smart Buildings.** In *Proceedings of the IEEE Second International Smart Cities Conference.* IEEE Computer Society Press.

2) Cascianelli S. , Costante G. , Bellocchio E. , Valigi P. , Fravolini M. L. , Ciarfuglia T. A. (2016). **A Robust Semi-Semantic Approach For Visual Localization In Urban Environment.** In *Proceedings of the IEEE Second International Smart Cities Conference.* IEEE Computer Society Press.

3) S. Salvatori, M. Orlandi, E. Bellocchio, F. Cianetti, P. Valigi . **Sviluppo di metodologie di modellazione e procedure di verifica sperimentale di UAV .** In *AIAS – associazione italiana per l'analisi delle sollecitazioni 45° convegno nazionale , 7-10 Settembre 2016 – Università degli Studi di Trieste.*

Articoli a rivista:

1) Cascianelli S. , Costante G. , Bellocchio E. , Valigi P. , Fravolini M. L. , Ciarfuglia T. A. (2017). **Robust Visual Semi-Semantic Loop Closure Detection by a Covisibility Graph and CNN Features.** *Robotics and Autonomous Systems.*



**Development of technologies for knowledge transfer and
adaptation among intelligent systems for home
automation applications**

**Sviluppo di tecnologie per il trasferimento e
l'adattamento di conoscenza tra sistemi intelligenti per
applicazioni domotiche**

Relazione Assegno di Ricerca

December, 2015 - December, 2016

Gabriele Costante

Dipartimento di Ingegneria
Università degli studi di Perugia



Chapter 1

Introduction

This document contains the report of my research activities in the last year (2015/2016). In the first part I will introduce and describe a novel system architecture designed for domotic application. This architecture was developed in the context of the Safe and Energy-aware Assisted Living (SEAL) project. SEAL is a research project aimed at developing Home Automation (HA) solutions for building energy management, user customization and improved safety of its inhabitants. One of the main problems of HA systems is the wide range of communication standards that commercial devices use. Usually this forces the designer to choose devices from a few brands, limiting the scope of the system and its capabilities. In this context, SmartSEAL is a framework that aims to integrate heterogeneous devices, such as sensors and actuators from different vendors, providing networking features, protocols and interfaces that are easy to implement and dynamically configurable. The core of our system is a Robotics middle-ware called Robot Operating System (ROS). We adapted the ROS features to the HA problem, designing the network and protocol architectures for this particular needs. These software infrastructure allows for complex HA functions that could be realized only leveraging the services provided by different devices. The system has been tested in our laboratory and installed in two real environments, Palazzo Fogazzaro in Schio and "Le Case" childhood school in Malo. Since one of the aim of the SEAL project is the personalization of the building environment according to the user needs, and the learning of their patterns of behaviour, we also introduced a Machine Learning based people re-identification module implemented with Convolutional Neural Networks (CNNs). The description of the adaptation module complements the description of the SmartSEAL system and helps in understanding how to develop complex HA services through it.

In the second part of this document, the work about monocular depth estimation will be described. Modern autonomous mobile systems require a strong understanding of the surroundings to safely operate in cluttered and dynamic environments. Monocular depth estimation offers a geometry-independent paradigm to detect free, navigable space with minimum payload and power consumption, which represent highly desirable features, especially for Micro Aerial Vehicles (MAV). In order to guarantee robust operation in real world scenarios, the estimator is required to be easily adaptable to different environments. Most of the existent depth estimators do not address this issue, benchmarking their performance on the same scenario they trained on, after specific fine-tuning. Generalization can be achieved by training on several heterogeneous datasets, but their collection and labelling is costly. Following the previous considerations, a Deep Neural Network for scene depth estimation has been proposed. It is trained on easily generated synthetic datasets and designed to allow real time operation on embedded hardware. The results described in chapter 3 show how this approach is able to generalize well across different scenarios.



Chapter 2

S.E.A.L.: Safe and Energy-Aware Assisted Living

2.1 Introduction

With many countries aiming to considerably reduce their annual carbon emissions by 2050 [1], energy conservation has become an issue of national importance. Buildings have great impact on human life and global sustainability. They consume a large amount of energy to provide a comfortable, healthy, safe and productive environment for human beings. At the same time, according to [2], Home Automation market was valued at around USD 5.0 billion in 2014 and is expected to reach USD 21.0 billion in 2020, growing at a CAGR (Compounded Average Growth Rate) of around 25% between 2015 and 2020. For these reasons improving building operational performance is of significant importance for energy saving in the construction sector, and Home Automation systems can play a key role for decreasing energy consumption while maintaining, or improving, comfort.

Nowadays there is no common standard for HA devices interoperability. This pose an obstacle for the efficient use of every device in an automated home when the devices are produced by different vendors. Some examples of current HA protocols are ZigBee, Z-Wave and KNX [3]. The lack of a common standard poses a serious limit to actual smart building integration. To solve this problem we propose the use of a middle-ware called ROS Robot Operating System that allows the abstraction and the communication of heterogeneous devices. A central server runs the core system, while every device, from single sensors to vendor specific controllers, is a node of the network and is able to communicate with other nodes through a standard TCP/IP network. The communication protocol uses a topic publisher/subscriber architecture that allows for full decentralization of devices, if needed. A standard set of topics and commands have been designed to create the common language for each device to talk to others. On this communication infrastructure more complex services that can act independently may be added. Once the system is set-up, environmental data can be collected and routed with speed and ease. This allows, for example, the collection of temperature, humidity and air-quality profiles over time, build prediction models and adopt strategies according to user habits in the use of the building, thus improving comfort and safety. In particular, as the SEAL project requires HA system adaptation to different users, the use of Machine Learning techniques to model users behaviours and habits is essential. We developed a ROS-compatible smart-camera and a state-of-the art People Detection system in order to provide person specific services. In this work we describe both the architecture of the ROS-based HA architecture and protocols, and the HW-SW design of the people detection system.

2.2 Related Works

Smart buildings appliances fall under the broader category of the Internet of Things (IoT) [4]. In [5] a survey about HA systems, illustrating advantages and disadvantages, is given. It illustrates four main barriers that prevent a wider adoption of these systems: high cost of ownership, inflexibility, poor manageability, and difficulty in achieving security.

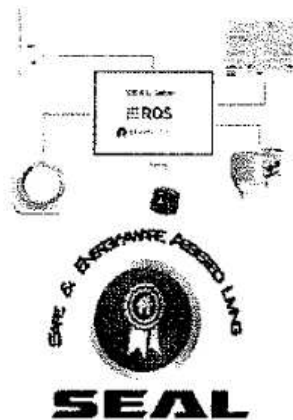


Figure 2.1: Overview of SEAL architecture (top) and SEAL project logo (bottom)

In literature there are many examples of automation systems installed in smart buildings. In [6] an agent based smart-home called MAVHome is presented. Combining various technologies, such as Artificial Intelligence, Mobile Computing, Robotics and Multimedia Computing, the system is able to perceive home rooms status and act on the environments using actuators. The project combines a wide range of Machine Learning approaches to predict mobility patterns and ambient usage of the inhabitants, with the focus on maximizing the comfort and minimizing the operational costs. In [7] a set of "tape on and forget" sensors that can be installed in home environments is proposed. These devices are then used for Activity Recognition. In [8] a smart building called SMLsystem is described. SMLsystem is a solar-powered house that integrates a whole range of different devices and technologies, such as solar light irradiance sensor, CO₂ and humidity sensors, in order to improve energy consumption. This experimental set-up is used to implement an On-line Learning algorithm, based on a Neural Network architecture, for the production of short-term forecast of indoor temperatures. The work proposed in [9] uses Data Mining approaches to analyze samples collected by a Building Automation System (BAS) present in a commercial building in Hong Kong. Sensors samples, such as indoor and outdoor temperatures, CO₂ concentration and power consumption measurements, were collected for a period of six months. This dataset was then refined with data-mining techniques, that includes clustering approaches and association rules extracted from data. These rules are then used to improve building operational performance. In [10] electric energy consumption samples from three kind of buildings situated at the University of León were collected. In particular from the School and Administrative buildings, from the Research buildings, and from the Special Purpose buildings. These samples were then filtered with a dimensionality reduction algorithm to obtain electricity consumption profiles.

However, the approach proposed in previous works have been developed for a specific set of devices and had a fixed set of services focused on a specific task. In contrast, our SmartSEAL system provides an efficient way to add novel heterogeneous devices (*i.e.*, developed by different vendors) and services on the fly, without requiring a complete system re-design. Our work proposes the use of Robotics technologies to create an adaptive environment that easily integrates different kinds of software and hardware agents. In addition we show the future perspectives of the system, that will feature the use of Machine Learning techniques for user personalization, energy consumption forecasting and energy management optimization, describing the people re-identification module that has been already developed for this project.

2.3 Contribution and Outline

The SmartSEAL system aims to interconnect heterogeneous devices and software entities in order to provide complex cooperative services that would not be available in other ways. Devices are connected across a LAN network, and ROS framework is used as an integration layer. To the best of our knowledge, our work is the first example of HA system developed using ROS framework. To summarize, the main contributions of this work are:

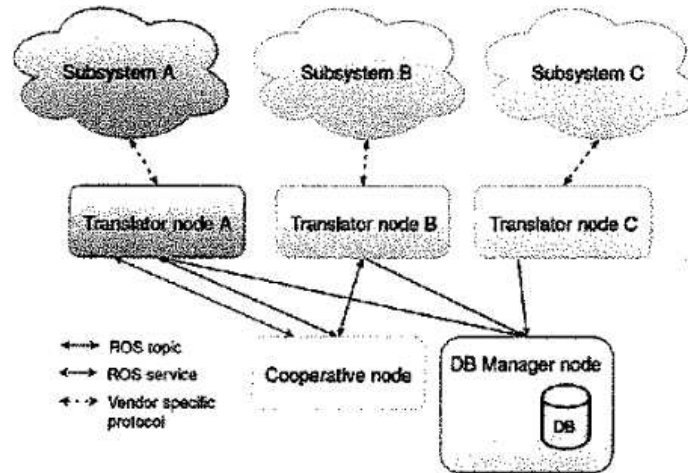


Figure 2.2: Seal architecture overview.

- The implementation of a messaging protocol and an abstraction layer for typical sensors and actuators used in HA appliances.
- The deployment and test of the proposed system on two real world buildings in collaboration with local governments.
- The initial design and implementation of a user habits learning module, based on state-of-the-art Machine Learning people identification algorithm.
- The design of custom embedded hardware needed to run the people identification algorithm.

The outline of the paper is the following: In Section 2.4 we give an overview of the ROS middle-ware, while in Section 2.5 we describe in details our messaging protocol architecture and the actual deployment and functionalities of the system in the two test sites. We also provide a discussion of the network performance. In Section 2.6 we present the initial design of the CNN-based habits learning module, describing current functionalities and future development. In Section 2.7 we draw the conclusions.

2.4 ROS Outline

In this section we discuss the system architecture. As mentioned, we base our system on the ROS middle-ware [11]. ROS defines a computational environment and network functionalities for software agents, called nodes. These nodes are software processes that range from lower-level hardware drivers to sophisticated algorithms. The nodes work together in a producer-consumer fashion: the output of a node is written in a named topic that is broadcast over the network, while other nodes can subscribe it if they need this information. The node network and communication is managed by a "master node", called *roscore*, that provides naming and registration services to the rest of the nodes in the ROS environment. Thanks to *roscore*, the ROS network structure can change during execution, since nodes can be added or removed from the network at run time. As mentioned before, ROS network is based on TCP/IP protocol stack, so it can be either hosted in a local machine, or over a network such as a LAN or a VPN. ROS provides two main mechanism of communication between nodes:

- **Topic:** is the synchronous communication mechanism. This type of communication follow a publisher/subscriber mechanism. A node sends a message by publishing it on a topic, and a node receives message by subscribing it. Each Topic is defined by a simple text file, called *message file*, that describes the format and data structure of the message. In these terms a topic can be considered a one-way communication channel and its name identifies the meaning and the content of the message. There could also be multiple publisher and subscriber nodes for each topic.

- **Service:** is the asynchronous communication mechanism, it uses a client/server communication paradigm. The server node offers a service with a descriptive name and a client needs to send a request message to the server node whenever it wants the service to be provided.

Roscore acts like a DNS server, tracking publishers and subscribers to topics and services, and enabling ROS nodes to locate each other. Once nodes have located they can communicate peer-to-peer. It is possible to use, for the topics and services, standard messages structures provided by ROS libraries, as well as customized structures.

2.5 SmartSEAL Messaging Architecture

2.5.1 Architecture Overview

In the SmartSEAL system we have a network of devices of different kind and vendors, mainly sensors and actuators, connected through Ethernet LAN or WiFi to a central host machine. This machine is called **SmartSEAL controller** and it is the machine who communicates with the rest of the SEAL network.

In the SmartSEAL system, buildings are divided in conceptual zones. A zone represents a common environment for a group of devices, such as a room, a garden or a courtyard. Every device can be assigned to one or more zones. Sets of devices from the same vendor can be grouped into subsystems, if needed. Within each subsystem, devices communicate with each other through the vendor-specific low-level protocols and policies. The connection to the ROS network is provided by a device capable of acting as a translator to the ROS specific protocol stack. This device is called **concentrator** and could either be a dedicated embedded system, or a software node running on a machine of the ROS network.

Following these definitions, the concentrator node uses the ROS communication features in the following way:

- **Topics:** are used for sending sensors measurements.
- **Services:** are used for actuators commands.

Each Topic message definition provides both sensor type, in order to bring measurement information, such as sample value, measurement unit, resolution and accuracy, and device placement information, e.g. device and zone id. Also service definition is customized and depends on command type, e.g. integer or binary command.

Sensors in the system can be divided in two main categories: sensors that give analog measurement and devices that give digital ones. Hence, we have defined two basic structures containing informations about measurement: **AnalogMeasurement** and **DigitalMeasurement**. **AnalogMeasurement** contains information about resolution, accuracy, minimal and maximal range, and measurement unit and value. **DigitalMeasurement** contains similar informations: accuracy, minimal and maximal range, step size and value. We have also defined an header part with informations about devices, i.e., device id, zone id and additional support information. Basic structures and header part are composed obtaining complex message definitions, used for ROS topics:

- **AnalogDevice** and **DigitalDevice**, used for sensors that stream analog or digital measurements.
- **BinaryFlagDevice**, used for sensors with boolean measurements.
- **IntegralMeasurementDevice**, used for devices with integral measurement, such as energy consumption sensors.
- **CameraState**, specifically designed for describing state of robotic cameras.

Actuators command structure has two fields, one for the service request and one for the response. We have defined ROS service structures according to the command type:

- **SetInteger**, used for command containing integer values.
- **SetFloat**, used for commands that involves analog values.

- **SetBool**, used for boolean commands.
- **MoveCamera**, specific for moving robotic cameras.
- **GetStatus**, this command type is implemented by every device and is used for polling last sensors measures. Measure will be send in sensor topic.

In the following, we show some examples of ROS topic message and ROS service command definitions used in SmartSEAL system:

Listing 2.1: AnalogMeasurement message definition

```
string measurement_unit
float accuracy
float resolution
float range_min
float range_max
float value
```

Listing 2.2: AnalogDevice topic definition

```
Header header
int id_device
AnalogMeasurement measurement
string info
int[] zone
```

Listing 2.3: SetInteger service definition

```
int id_device
int value

bool done
int error_code
```

For the SmartSEAL system we defined four types of agents:

- **Roscore**: it runs in the SmartSEAL controller and manages the ROS network.
- **Translator nodes**: acts as translator between ROS protocol and one of the vendor-specific protocols, thus providing subsystem topics and services to the ROS network. It runs either on a dedicated embedded system or on the SmartSEAL controller, depending on the specific implementation chosen by each vendor.
- **Cooperative nodes**: use actuators and sensors of different vendors to provide complex functions. Cooperative nodes run mainly on the SmartSEAL controller.
- **Database Manager node**: it is a special node used to log sensor data and states. This node subscribes every sensor topic, collecting measures over time. The Database Manager runs on the SmartSEAL controller.

Cooperative nodes provide complex HA functionalities to specific zones, such as specific heating and lighting condition according to the current user. Since they can be started at runtime, Cooperative nodes are developed to be self-configurable. In order to do this two special topics were defined: **Command Discovery Request (CDRq)** and **Command Discovery Response (CDRp)**. Using this two topics a Cooperative node is able to scan the network, checking for devices able to publish the topics it requires to provide a specific service or feature in a specific zone. For example, a gate control node could ask for the topic provided by a camera that is able to see the gate, and the topic related to the gate status. The combination of the two topics, CDRq and CDRp, allow for the handshaking between the devices providing the information and the Cooperative node that uses this information to implement a complex service.



Figure 2.3: Palazzo Fogazzaro in Schio (left) and "Case" childhood school in Malo (right).

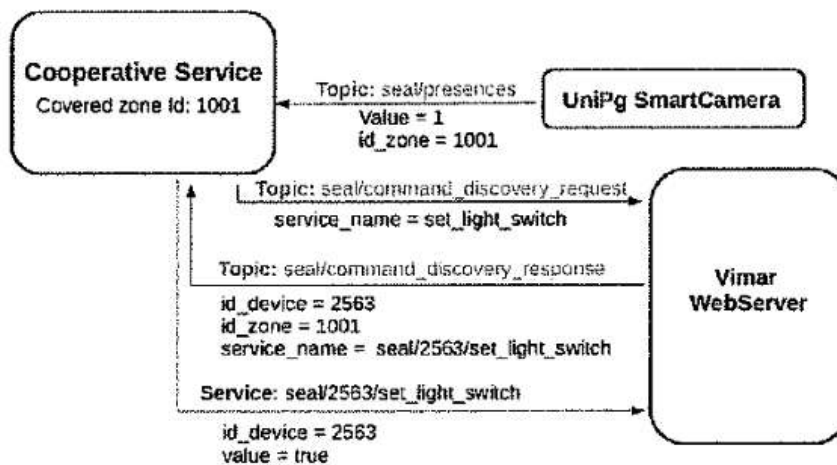


Figure 2.4: Cooperative node execution.

2.5.2 System Deployment

To test the SmartSEAL framework we conducted extensive tests in three real environments, that represents different use-cases. The first test site is a student facility located in a wing of the Fogazzaro Palace, in the city of Schio, that is commonly used as a study room by students of any grade. The second test building is a kindergarten located in the city of Malo. The last test site is the robotics lab in the Department of Engineering of the University of Perugia. These three sites have very different pattern of use, for example the kindergarten has a very stable pattern, with defined schedules, while the lab has a schedule that depends mostly on the personal schedule and habits of the lab staff, and is very changeable. Figure 2.5 shows the system deployment pattern, in the first two of these buildings a Videotec robotic camera is installed, together with a smart boiler with energy consumption monitoring system (built by Tecnowatt), automated gate actuators (built by BFT), smart sensors kits (built by Ecam Ricert) and smart light and heating plant (built by Vimar). In addition to this commercial equipment, we installed one of the smart-cameras described in Section 2.6 in each site, together with a computer running the SmartSEAL controller.

Videotec, Tecnowatt and Vimar Translators nodes run on the same machine running the SmartSEAL controller and talk directly with their respective subsystems. BFT subsystem is quite similar, and the HA central device is a dedicated embedded system called Magistro. Ecam Ricert HA central device is represented by a normal computer that runs ROS and its own Translator node. Finally, our smart camera is equipped with an on-board Linux operating system and with ROS, so it also runs its own Translator node.

Figure 2.4 shows how cooperative service node configuration phase works. Cooperative node interacts with environment lights according to zone id and presence messages value. Presence message indicates person presence in the specified zone. When the execution starts the node does not know which devices are present in the system, it only know the zone id where the functionality have to be provided.

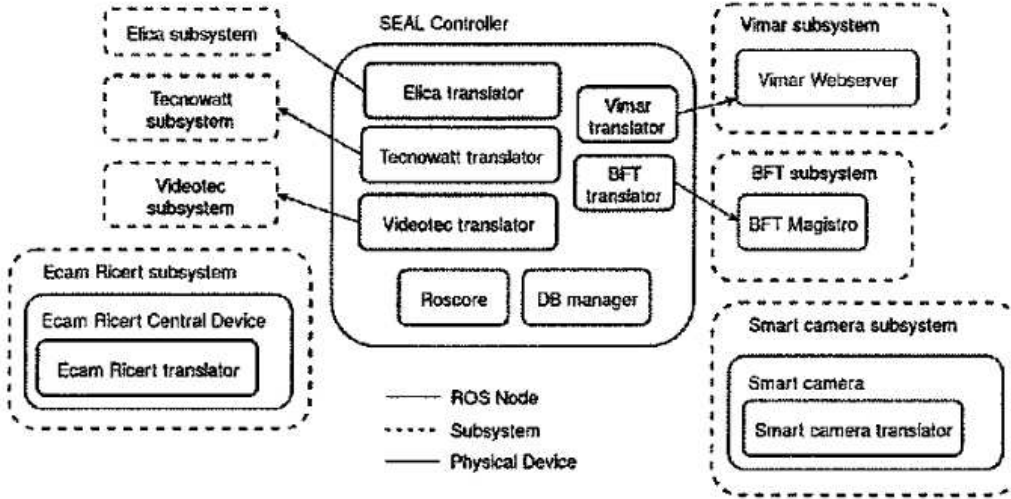


Figure 2.5: Deployment scheme.

Ping type	Average Latency
ICMP Ping	1.13 ms
ROS Ping (XML-RPC)	8.04 ms

Table 2.1: Ping Performance

The node subscribe the presence topic and command discovery response topic. In this scenario, people detector node in execution in the smart camera publishes presence messages. Cooperative node filters sensor messages according to zone id. To know which light devices are present, cooperative node publish a command discovery request message containing the command type. Every device present on the SEAL network that can accept this command type will reply, publishing a message on command discovery, containing device information such as deployment zone id and device id. Cooperative node filters command discovery response and now can contacts interested zone devices. It is important to notice that this flow of operation is independent of devices vendor.

2.5.3 Network Performance

In this section, we discuss the network performance. Tests are performed on a point-to-point ad-hoc Ethernet network with two hosts. Table 2.1 shows the latency comparison of the ICMP and ROS ping packets. We want to measure the overhead due to the headers of the packet introduced by the ROS middleware, so we sent the simple ICMP ping packet over the network and we compared the latency with the ROS ping packet, which uses the XML-RPC protocol. In particular, the ROS ping routine consists of a XML coded request sent using the HTTP protocol. Despite of the overhead of 6.91ms, this experiment proves that the ROS framework does not compromise network functionalities.

Table 2.2 gives an overview of the bandwidth and the latency for different topic message definitions. Messages on topics are published with a rate of 10 Hz. Latency time is quite similar for the various message definitions with an average value of 21ms, mainly depending of the network throughput.

2.6 Behaviour Learning with Convolutional Neural Network

The second aim of the SmartSEAL system is to provide the foundation for a self-configuring environment that is able to learn the behaviours of specific individuals that, over the time, regularly uses the buildings equipped with the system. This Section describes the module that provides the camera-based



Topic type	Bandwidth (10Hz)	Average Latency
AnalogDevice	600.00 Byte/s	0.021 s
DigitalDevice	560.00 Byte/s	0.020 s
BinaryFlagDevice	370.00 Byte/s	0.019 s
IntegralMeas.Device	720.00 Byte/s	0.023 s
CameraState	1.10 KByte/s	0.026 s
CDRq	200.00 Byte/s	0.018 s
CDRp	320.00 Byte/s	0.020 s

Table 2.2: Topics Performance

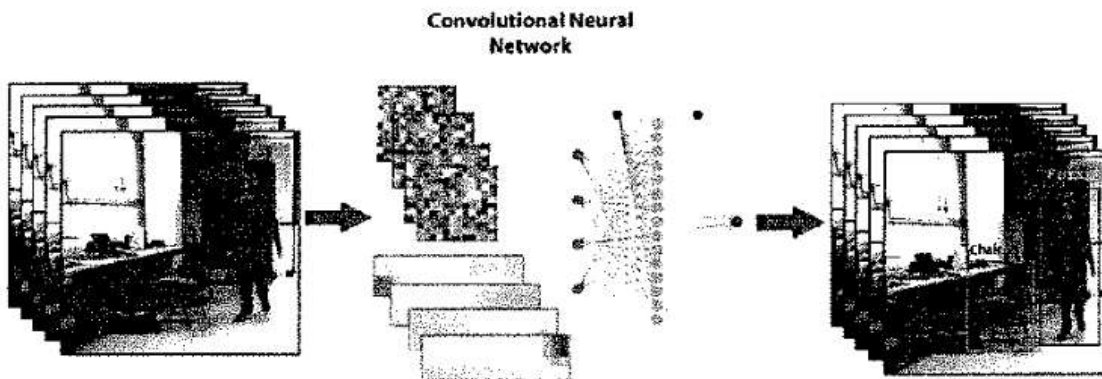


Figure 2.6: Overview of detection system based on Convolutional Neural Network.

people re-identification feature that is instrumental for the future development of the behaviour learning feature.

In recent years the Deep Networks has become the tool of choice for many computer vision tasks [12, 13]. Also the core of our re-identification system is a Convolutional Neural Network (CNN), trained to recognize people and other common object present in the building environment. In addition, to run such algorithm a good amount of processing power is required. For this reason we developed a custom smart camera based on a CUDA capable device. The smart camera is showed in figure 2.7 and is composed by two main part:

- **Nvidia Jetson TK1:** is an embedded prototyping system equipped with Nvidia Kepler GPU and Quad-Core ARM Cortex-A15 CPU, it runs Ubuntu Linux operating system and developing tools include Cuda libraries for GPU optimization, optimized OpenCV libraries and Deep learning frameworks, such as Caffe [14] and Darknet. It also has got a ethernet interface and it supports ROS middle-ware.
- **Matrix Vision BlueFox3 BF3-1012bc Camera:** is an reliable industrial camera, with an USB3 connection, it can support maximum resolution of 1280x960 pixels and a maximum framerate of 40 frames per second.

The main people detecting algorithm is an implementation of the state-of-the-art YOLO object detector [12]. A CNN is composed by a large set of sequential layers that take images from camera video stream and are trained to automatically extract the best set of features for optimal people and object detection, as shown in Figure 2.6. Convolutional layers are composed of large sets of filters that perform sequential convolution operations on blocks of input data:

$$h_c = W_c * x_c + b_c \quad (2.1)$$

where h_c and x_c are respectively the output and the input matrices, while W_c and b_c are the weights and the biases matrices. The weights of these convolutional layer are learned according to the task at

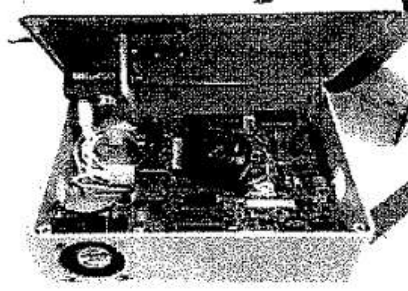


Figure 2.7: Smart camera internal view.

hand, through a backpropagation algorithm [15]. In between convolutional layers, often other kind of layers are inserted to reduce the data to prevent overfitting. The maxpool layer is one example of such layers. It performs a down-sampling operation on the input data, simplifying successive computations. Down-sampling is performed extracting the maximum neuron activation $x_{(i,j)}$:

$$x_{(i,j)} = \max_{(p,q) \in \Omega_{(i,j)}} x_{(p,q)} \quad (2.2)$$

where $\Omega_{(i,j)}$ is the sliding pooling region and $x_{(p,q)}$ is the neuron activation value. The convolutional and maxpooling layers are trained in order to learn the best filter weights for the detection task, and to complete the algorithm pipeline a fully connected neural network is placed at the end of the cascaded filters. This layer is a standard NN that performs the actual detection task using the feature computed by the CNN layers. In detail, YOLO CNN architecture is composed by twelve layers, where the first 8 layers are 4 of convolutional layers paired with a maxpool layer each. The final four layers are composed by two convolutional layer followed by two fully connected layer. Fully connected layer conduces a matrix multiplication of the input:

$$h_{fc} = W_{fc}x_{fc} + b_{fc} \quad (2.3)$$

where h_{fc} and x_{fc} are respectively the output and the input parameter, and W_{fc} and b_{fc} are weights and biases.

The YOLO NN is trained to detect twenty classes of objects, including person, chairs, cats, planes, and others.

In a SmartSEAL system the YOLO detector can be considered as a sophisticated sensor that can detect people presence with good precision, and this information can be used for various HA functionalities, such as temperature and CO2 level forecasting, interaction with lights, windows and radiators, and more. At the current stage of development of the project, the YOLO detector is used to automatically actuate lights and temperature control. The behaviour learning features are under development in these days and will be described in future works.

2.7 Conclusions and Future Works

In this paper we presented the SmartSEAL Home Automation framework. We discussed the system messaging protocol, the network architecture and the deployment on actual buildings in the cities of Schio and Malo. We demonstrated through experiment that the system allows for the seamless communication of devices from different vendors in order to provide new and complex services. We gave examples of these services, focusing in particular on the complex CNN-based people detection module that will soon develop in the habits learning module. This module will provide the customization and adaptability required for better energy management and improved user experience.

Chapter 3

Learning-Based Monocular Depth Estimation

3.1 Introduction

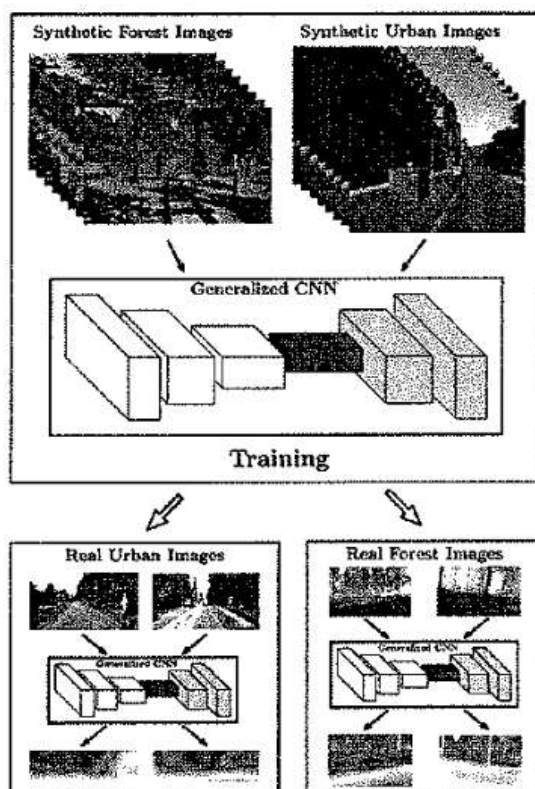


Figure 3.1: Overview of the proposed domain independent approach for monocular depth estimation based on CNN. The proposed architectures are able to generalize across different scenarios without requiring any domain specific finetuning procedures.

As autonomous vehicles become more common in many different applications, the requirements for safe and optimal operation of such systems become more challenging. In particular, the ability to detect and avoid still or mobile obstacles is crucial for field operations of the vast majority of ground and low altitude flight vehicles. Depth information can be used to detect proximity to a dangerous obstacle and, in

general, to get a 3D space understanding of the surroundings, in order to apply reactive or planned control strategies [16]. LIDAR and sonar sensors can provide sparse depth maps, but their installation may be costly, especially when the vehicle is sensitive to weight, space and power constraints, as in the case of MAVs.

Vision-based systems, both mono and stereo, can be used to provide dense depth maps and are more suitable for deploying on small vehicles. Stereo vision systems are limited in detection range and accuracy by camera set-up and baselines [17], [18]. To address long range obstacle detection, these systems usually exploit geometrical constraints on camera motion, such as planarity, in order to refine disparity information ([19], [20]). However, these constraints usually hold for ground, automotive applications and in general are not applicable to MAVs. Differently from stereo systems, monocular systems do not make specific assumptions on camera motion or set-up. Several monocular depth estimation methods have been proposed in recent years, mostly exploiting machine learning paradigms ([21], [22], [23], [24], [25]). The advantages of such systems are that they are able to learn scale without the use of external metric information, such as IMUs measurements, and are not subject to any geometrical constraint. On the downside, these systems rely on the quality and variety of the training set and ground truth provided, and often are not able to adapt to unseen environments.

The challenge of domain independence is one of the main obstacles to extensive use of learned monocular systems in place of stereo geometrical ones. The question of how does these systems perform in uncontrolled, previously unseen scenarios can be addressed by learning features that are more invariant to environment changes and also by using different network architectures that are able to learn more general models from the training samples they have. Unfortunately, there are only a few labelled depth datasets with the required ground truth density, and the cost and time required to create new ones is high. In our previous work [26] we showed how using a Convolutional Neural Network fed with RGB and Optical Flow images, and trained on easily generated and densely-labelled synthetic dataset, lead to promising results on the KITTI dataset.

In this work, by using a deeper architecture and an extended synthetic dataset, we show a strong domain-adaptation capability from synthetic data to real unseen sequences. Having embedded robotics application in mind, we reduce the computational complexity of the network by removing the network dependence on optical flow, even if this feature often acts as a environment-invariant feature. To balance this loss of information, we exploit the input stream sequentiality by using Long Short Term Memory(LSTM) layers, a specific form of Recurrent Neural Networks(RNNs). Our experiments show that this solution significantly outperforms previous results. We validate our model on both the KITTI dataset, where we obtain comparable performance to state-of-the-art, but specifically tuned, methods, and on images captured in a challenging scenario of dense woods, to depict a possible MAV operating environment. We show how the model is capable to return reliable estimation even on video streams with vibration and motion blur, making our depth estimator suitable for tasks as obstacle avoidance and motion planning.

3.2 Related Work

Traditional vision-based depth estimation is based on stereo vision [27]. Their main limitations lie on the lack of robustness on long range measurements and pixel matching errors. This aspect is even more critical in MAV applications where maneuvers are on 6DOF and the lack of platform space makes it difficult to mount a stereo rig with a proper baseline. Finally, weight and power consumption minimization is highly desirable. For these reasons, monocular vision is becoming more and more important when it comes to MAV applications. In this work, we focus on dense monocular depth estimation. Geometric methods based on triangulation of temporally consecutive frames have limitations during high-speed motion, as pixel matching would become extremely challenging, and require a robust and precise frame-to-frame odometry estimator to run in parallel [28]. To overcome these challenges, learning-based methods became very popular in the last years. The main challenge for the development of this techniques is the lack of labelled data. Saxena et al. [29] first propose a MRF to predict depth from a monocular, horizontally-aligned image, which then later evolved into the Make3D project [24]. This method tends to suffer in uncontrolled settings, especially when the horizontal alignment condition does not hold. Eigen et al. [21] exploit for the first time in their work the emergence of Deep Learning solutions for this kind of problems, training a multi scale convolutional neural network (CNN) to estimate a coarser resolution ($1/4$ of the input image) of the scene depth map with a inference time of about 10ms. Liu et al. [22] combine a

CNN with a Conditional Random Field to improve smoothness. Roy et al. [23] recently proposed a novel depth estimation method based on Neural Regression Forest. These latter two methods, though they reported slightly improved performances on several benchmarks with respect to Eigen et al.'s work, cannot guarantee real-time performance on embedded hardware, as they report a single image inference time of ~ 1 s on a GTX780 and a Tesla k80 respectively, a way more powerful hardware than the ones generally embedded on MAVs. Our system's inference time is less than 30ms on comparable hardware (Tesla k40) and less than 0.4s on embedded hardware (Jetson TK1), making real-time application feasible. For these reasons, we choose Eigen et al. method as a reference to the SotA during our experiments. It is important to notice that in this work our aim is to obtain a generalized model that provides reliable depth estimates across different scenarios without any specific finetuning. For this reason, we focus on how architectural choices and synthetic datasets generation influence generalization. Our previous work propose a baseline solution to the problem, suggesting a Fully Convolutional Network (FCN) fed with both the current frame and the optical flow between current and previous frame [26]. Optical flow acts as a good environment-invariant feature and we show how it effectively helps generalization. Major drawback of this proposal lies on the requirement of a optical flow module to run in parallel, limiting effective inference time. In this work only the current frame is fed into the network: by using a deeper architecture and a wise mix of different synthetic datasets we report a significant performance gain in a simpler and more efficient fashion. Recently, Garg et al. [25] propose an unsupervised approach for monocular depth estimation with CNNs. Their work offers a very interesting solution to labelled data scarcity, as it requires only a set of unlabelled stereo images with known parameters at training time. Making training data generation easier is certainly important for model generalization, as it simplifies collection of variegated datasets. Our work tackles the same issue by exploiting easily generable labelled synthetic data. Synthetic training sets are virtually able to depict any kind of scenario, light condition and setting without any limitation imposed by real world data collection gears. Their work does not fully exploit this possibility, as they only trained their model on the KITTI dataset. At the time of writing, authors did not yet make their trained model publicly available to perform an effective comparison.

Contribution and Overview

To summarize, we propose a FCN-based OD algorithm that is suitable for fast obstacle detection on an unconstrained 6DOF vehicle. Our system trade some accuracy in depth estimation to gain detection speed and robustness to image noise, such as strong changes in brightness, contrast, and blur. The main features of the proposed method are:

- We use monocular camera images to make the method applicable to small vehicles.
- We use a machine learning approach, based on DNN, to overcome the geometrical estimation limits of stereo and laser based systems and to remove any geometrical assumption on obstacle shape and orientation.
- We show the successful use of synthetic images with perfect long range ground truth to train the learning algorithm, thus overcoming one of the main limits of learned techniques.
- We show the robustness of the algorithm to image noise performing experiments on modified versions of the test datasets, with high contrast, brightness and blur changes.
- We show that our method runs at about 300Hz on dedicated hardware, and is capable of more than 80Hz operation on embedded hardware.

In the following Sections we describe the implementation details and the experimental set-up that support these claims.

3.3 Network Overview

3.3.1 Fully Convolutional Network

We propose as baseline method a fully convolutional architecture, structured in an encoder-decoder fashion, as depicted in Figure 3.2. This is a very popular architectural choice for several pixel-wise prediction

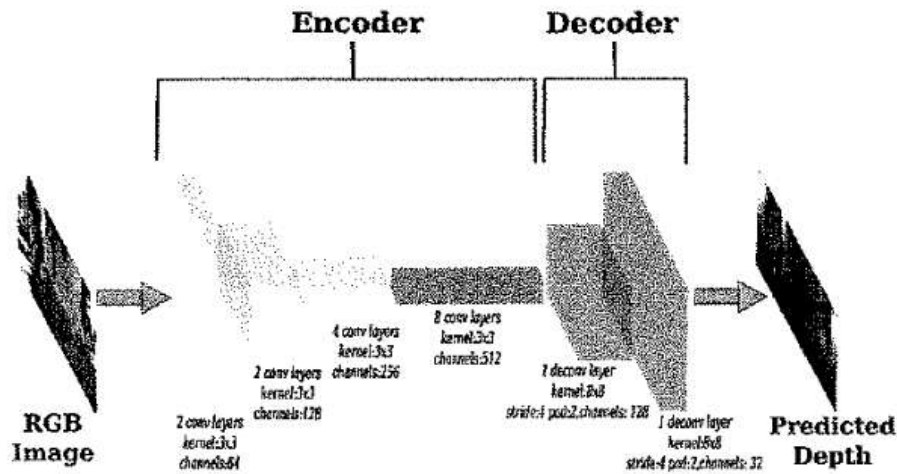


Figure 3.2: FCN high-level architecture. Each block represent a set of layers with the depicted specifications. For the encoder section, pooling is applied between each block. Blue boxes: Unchanged VGG layers. Red boxes: Finetuned VGG layers. Green Boxes: Deconvolutional Layers.

tasks, as optical flow estimation [30] or semantic segmentation [31]. In our proposed network, encoder section corresponds to the popular VGG network [32], pruned of its fully connected layers.

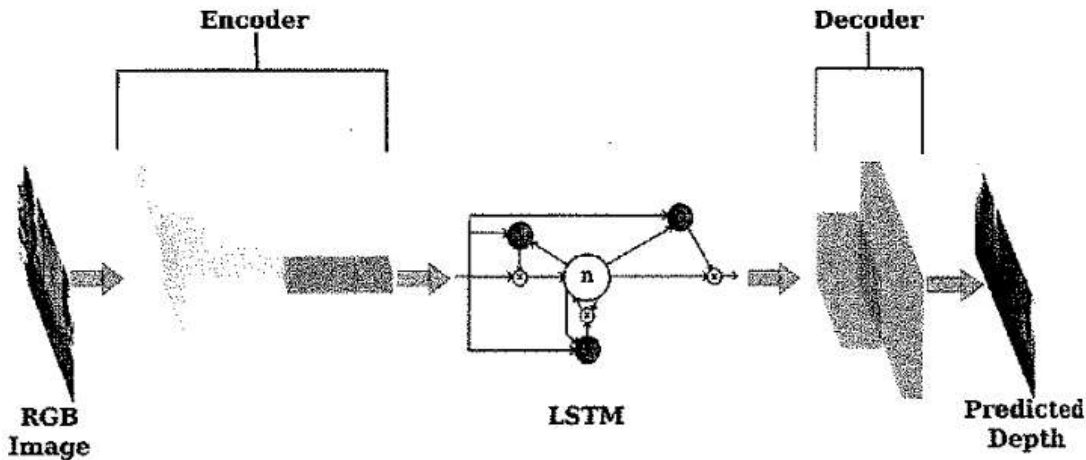


Figure 3.3: In our LSTM network, we plug in two LSTM layers with 180 neurons between the encoder and the decoder section of the network.

We initialize the encoder weights with the VGG pre-trained model for image classification. Models trained on huge image classification datasets, as [33], have been proven to act as a great generic-purpose feature extractor [34]: low-level features are extracted by convolutional layers closer to the input layer of the net, while layers closer to the output of the net extract high-level, more task-dependant descriptors. During training, out of the 16 convolutional layers of the VGG nets, the weights of the first 8 layers are kept fixed; remaining layers are finetuned. The decoder section of the network is composed by 2 deconvolutional layers and a final convolutional layer which outputs the predicted depth at original input resolution. These layers are trained from scratch, using random weight initialization.

3.3.2 Adding LSTM layers into the picture

Any monocular, single image depth estimation method suffers from the infeasibility of correctly estimating the global scale of the scene. Learning-based methods will try to infer global scale from the learned proportions between depicted objects in the training dataset. This paradigm will inevitably fail when previously unseen different scenarios are evaluated or when the acquisition sensor's focal length is modified. Anyway, we can try to correct estimations by exploiting the sequentiality of the image stream captured by a vision module mounted on a deployed robot. Recurrent neural networks (RNN) are typically used in tasks where long-term temporal dependencies between inputs matter when it comes to perform some kind of estimation: text/speech analysis, action recognition in a video stream, people re-identification [35],[36],[37]. Their output is a function of both the current input fed into the network and the past output, so that memory is carried forward through time as the sequence progresses:

$$y_t = f(Wx_t + Uy_{t-1}) \quad (3.1)$$

where W represents the weight matrix (as in common feedforward networks) and U is called *transition matrix*. Long Short Term Memory networks (LSTM) are a special kind of recurrent neural network introduced by Hochreiter & Schmidhuber in 1997 to overcome some of the RNN main issues, as vanishing gradients during training, which made them very challenging to use in practical applications [38]. Memory in LSTMs is maintained as a gated cell where information can be read, written or deleted. During training, the cell learns autonomously how to treat incoming and stored information. We plug in two LSTM layers between the encoder and decoder section of the previously introduced FCN network, in a similar fashion of [35]. Our idea is to refine features extracted by the encoder according to the information stored in the LSTM cells, so that the decoder section can return a more coherent depth estimation. The proposed LSTM network is depicted in Image 3.3. Dropout is applied before, after and in the middle of the two LSTM layers to improve regularization during training.

3.3.3 Training the networks

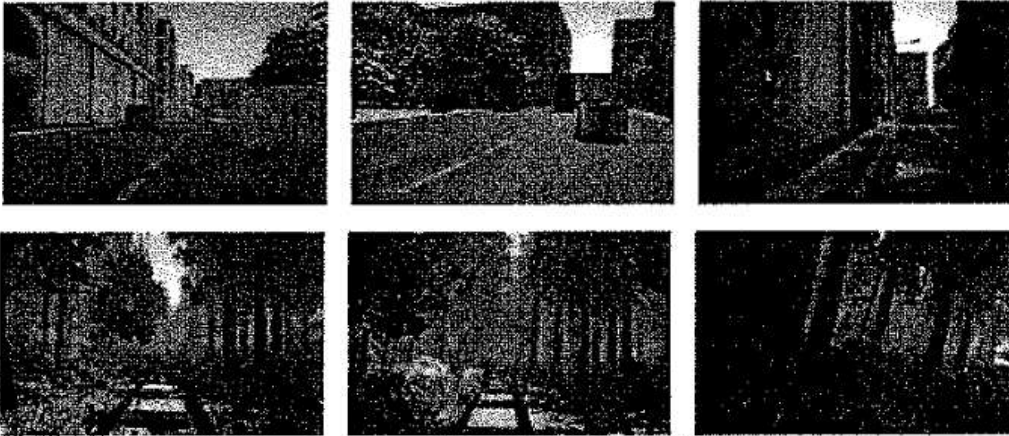


Figure 3.4: Some images from UVD and FVD dataset used for training the models.

We develop two synthetic datasets for learning depth estimation: the *Urban Virtual Dataset (UVD)* and the *Forest Virtual Dataset (FVD)*, making out a total of more than 80k images (Figure 3.4). We create the scenarios with Unreal Engine, and extract unnoisy ground truth depth maps using its tools. To reduce network's output space dimensionality and ease training we clip the depth maximum range to 40m, although it is theoretically possible to measure depth up to an unlimited range. Different light conditions, motion blur, fog, image noise and camera focal lengths can be easily simulated or modified, offering us a great sandbox to cheaply generate highly informative datasets and high precision ground truths. The camera moves at speeds up to about 15m/s with six degrees of freedom inside the built scenarios, collecting frames and corresponding depth maps at a resolution of 256x160 pixels and a framerate of 10Hz. Using these datasets, we trained the following networks:

- **UVD_FC**N: Fully convolutional network trained on the Urban Virtual Dataset.
- **FVD_FC**N: Fully convolutional network trained on the Forest Virtual Dataset.
- **FVD_LSTM**: LSTM network trained on the Forest Virtual Dataset.
- **MIX_FC**N: Fully convolutional network trained on both Urban and Forest Virtual Datasets.
- **MIX_LSTM**: LSTM network trained on both Urban and Forest Virtual Datasets.

Networks have been implemented using the Caffe framework and trained using an Adam solver with a learning rate of $l = 10^{-4}$ until convergence. FCN networks required about 24 hrs for training, while LSTM networks took about 48 hrs on a Tesla K40 GPU.

3.4 Experiments

	OPTFLOW_FCN [26]	UVD_FCN	FVD_FCN	MIX_FCN	Eigen et al. [21]	
thr. $\delta < 1.25$	0.421	0.414	0.160	0.512	0.498	Higher is better
thr. $\delta < 1.25^2$	0.679	0.695	0.351	0.786	0.850	
thr. $\delta < 1.25^3$	0.813	0.849	0.531	0.911	0.957	
RMSE	6.863	8.108	9.519	5.654	5.699	Lower is better
Log RMSE	0.504	0.470	0.877	0.366	0.316	
Scale Inv. MSE	0.205	0.181	0.315	0.107	0.051	
Abs.Rel.Diff.	--	0.393	0.494	0.312	0.322	

Table 3.1: Results on KITTI dataset.

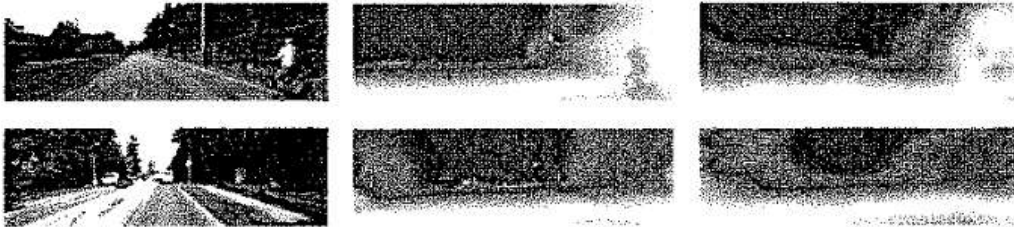


Figure 3.5: Qualitative results on the KITTI dataset. On the first column RGB input images are depicted. The second and the third columns show the dense ground truths and network predictions, respectively. Maximum depth range has been trimmed to 40 meters.

We test generalization capability of our proposed networks on KITTI dataset [39] and on real world dense wood collected in the surroundings of Zurich, Switzerland.

We measure our performances with the following metrics:

- Threshold error: % of y_i s.t. $\max(\frac{y_i}{y_i^*}, \frac{y_i^*}{y_i}) = \delta < thr$
- Absolute relative difference: $\frac{1}{T} \sum_{Y \in T} \frac{|y - y^*|}{y^*}$
- Log RMSE: $\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{Y \in T} \|\log y_i - \log y_i^*\|^2}$
- Linear RMSE: $\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{Y \in T} \|y_i - y_i^*\|^2}$
- Scale-invariant Log MSE (as introduced by [21]): $\frac{1}{n} \sum_i d_i^2 - \frac{1}{n^2} (\sum_i d_i)^2$, with $d_i = \log y_i - \log y_i^*$

We test on the same benchmark also our previous method proposed in [26], later referred as OPT_FLOW_FCN.

3.4.1 KITTI dataset

We evaluate our networks on 697 images selected from the dataset, as other existent depth estimation methods have done. We do not perform any kind of finetuning or retraining on the target dataset. As reference, we compare with the method proposed by Eigen et. al [21]. Their network was specifically trained on the KITTI dataset, so comparison is not fully fair; our objective is how much close our performance can get relying solely on synthetic data.

We resize the input images from their original resolution of 1224x386 pixel to a resolution of 256x78 pixels for computational efficiency and feed them into our networks. From the provided sparse ground truth, captured by a rotating LIDAR scanner with a maximum range of about 80 meters, we generate a dense depth map utilising the colourization routine proposed in [40]. As LIDAR cannot provide depth information for the upper section of the image space, we perform evaluation only on the bottom section of the image space. We finally compute the performance metrics with respect of the windowed dense ground truth. We discard all the predictions which corresponding ground truth measurement is beyond 40 meters, to be compliant with our network's maximum detection range.

As for Eigen's method, we compare their publicly available depth predictions on the KITTI test set with the same dense ground truth we generated, employing the same benchmark used for our networks. Due to the different aspect ratio of the KITTI dataset images with respect to our virtual dataset images, we tested only the FCN architectures on KITTI, as LSTM networks would require a specific retraining to be adapted on KITTI image pixel resolution. Also, the frames from the test set are not always sequential, so it would not be fully possible to verify LSTM goodness on this test set.

On Table 3.1 we report results for our FCN networks, the baseline method [26] and Eigen et al.'s work.

	OPTFLOW_FCN [26]	FVD_FCN	MIX_FCN	FVD_LSTM	MIX_LSTM	
thr. $\delta < 1.25$	0.096	0.106	0.149	0.126	0.336	Higher is better
thr. $\delta < 1.25^2$	0.202	0.231	0.316	0.269	0.561	
thr. $\delta < 1.25^3$	0.295	0.380	0.520	0.439	0.707	
RMSE	10.642	9.986	9.292	9.126	9.746	Lower is better
Log RMSE	1.133	1.007	0.856	0.908	0.768	
Scale Inv. MSE	0.646	0.527	0.402	0.523	0.439	
Abs.Rel.Diff.	2.127	1.797	1.378	1.427	1.272	

Table 3.2: Results on Zurich Forest dataset.

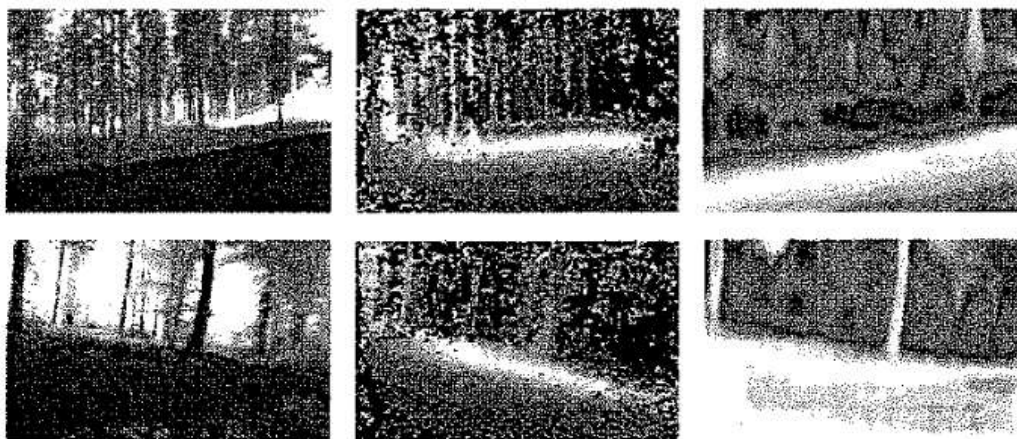


Figure 3.6: Qualitative results on the Zurich Forest dataset. On the first column RGB input images are depicted. The second and the third columns show the dense ground truths and network predictions, respectively. Maximum depth range has been trimmed to 40 meters. Black pixels in the ground truth depict missed pixel matching during ground truth generation.

This benchmark naturally favours networks trained on urban scenery datasets, as UVD_FCEN. On the other hand, a forest scenario dataset as FVD does not suit well for this benchmark, as FVD_FCEN performance clearly depicts. Anyway, mixing together FVD and UVD to form a heterogeneous training set allows MIX_FCEN to improve significantly its prediction quality over UVD_FCEN. With respect to Eigen’s work, our best network obtains quite comparable performance on all metrics, recording slightly worse performance on threshold errors, Log RMSE and Scale Inv. MSE metrics but even some improvement on Linear RMSE and Absolute Relative Difference metrics. This is a very important result, especially considering how Eigen’s work has been specifically trained on the target dataset. Heterogeneous synthetic training sets helps the networks to learn a nicely generalizable model, without needing to resort on finetuning or collection of costly labelled real world datasets.

3.4.2 Zurich Forest Dataset

We gathered a new dataset in order to test the generalization of our networks on a real-world forest environment. The three sequences in the dataset consist of camera images captured while moving through a forested area at a walking pace of around 1 m/s. Each sequence lasted approximately 60 seconds and covered approximately 50 m of distance. These sequences include a variety of forest densities, tree sizes, and realistic lighting conditions.

The original images in this dataset were captured with a pair of time-synchronized MatrixVision mvBlueFOX-MLC200w monochrome cameras with 752×480 resolution in stereo configuration with a baseline of 20 cm. Both cameras were recorded at 50 Hz, resulting in sequences with approximately 3000 stereo pairs each. Stereo matching was performed on these image pairs using OpenCV’s Semi-global Block Matching algorithm to generate ground truth depth for validation of the monocular depth produced by our networks [41].

We tested our architectures on the three sequences, for a total of 9846 images. We resize the images on a resolution of 256×160 pixels before feeding them into our networks. We report results for our baseline method OPTFLOW_FCEN and all the networks trained on FVD and MIX dataset. We report results on Table 3.2.

In this very challenging experiment, the LSTM architecture outperforms in almost all metrics the FCN architecture on both training datasets. In particular, we observe significant improvements on global scale-dependant metrics like threshold errors, LogRMSE and the Absolute Relative Difference. This confirms our intuition: LSTM layers helps to improve global scale estimation by using past information to refine current estimations. This comes at a very low computational additional cost, as depicted on Table 3.3.

	FPS (K40)	FPS (TK1)
FCN nets	58.8	2.7
LSTM nets	35.3	2.4

Table 3.3: FPS (frame per second) for FCN and LSTM networks on 256×160 pixel inputs. Tested hardware: Tesla K40 and Jetson TK1 (for MAV onboard deploying)

3.5 Conclusion and Future Work

We proposed a novel, Deep Learning based, monocular depth estimation method, aimed to Micro Aerial Vehicles tasks, as autonomous obstacle avoidance and motion planning. We demonstrate how, using solely synthetic datasets, we can train a nicely generalizable model capable of robust performance in real world scenario, obtaining comparable results with the SoTA on the KITTI dataset without any finetuning. We also tested our algorithm in a challenging scenario of dense woods in the surroundings of Zurich, showing how estimated depth has a sufficient quality to allow autonomous MAV flying with a simple control module. Future works will explore the possibility of integrating information coming from different sensors and/or modules (eg. IMU, semantic segmentation) to gain a better understanding of the surroundings and implement an effective reactive control for obstacle avoidance over it.

Publications

1. **Gabriele Costante**, Michele Mancini, Paolo Valigi and Thomas A. Ciarfuglia *Exploring Representation Learning with CNNs for Frame to Frame Ego-Motion Estimation* 2016 IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), vol. 1, n. 1, pp. 18-25, best vision paper award finalist during the International Conference on Robotics and Automation (ICRA).
2. Silvia Cascianelli, **Gabriele Costante**, Enrico Bellocchio, Paolo Valigi, Mario L Fravolini, Thomas A Ciarfuglia *Robust Visual Semi-Semantic Loop Closure Detection by a Covisibility Graph and CNN Features* 2015 Robotics and Autonomous Systems, under review
3. Enrico Bellocchio, **Gabriele Costante**, Paolo Valigi, Thomas A Ciarfuglia, *SmartSEAL: A ROS based home automation framework for heterogeneous devices interconnection in smart buildings* 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), 2016
4. Silvia Cascianelli, **Gabriele Costante**, Enrico Bellocchio, Paolo Valigi, Mario L Fravolini, Thomas A Ciarfuglia, *A robust semi-semantic approach for visual localization in urban environment* 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), 2016
5. **Gabriele Costante**, Thomas A Ciarfuglia, Paolo Valigi and Elisa Ricci *Fast Robust Monocular Depth Estimation for Obstacle Detection with Fully Convolutional Networks* 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), October 9-14, 2016, Daejeon, Korea

Bibliography

- [1] K. Kern, G. Alber, S. Energy, and C. Policy, "Governing climate change in cities: modes of urban climate governance in multi-level systems," *Competitive Cities and Climate Change*, vol. 171, 2008.
- [2] ZionResearch. (2015, Dec) Home automation market - global industry perspective, comprehensive analysis, and forecast, 2014-2020. [Online]. Available: <http://www.marketresearchstore.com/report/home-automation-market-z38751>
- [3] M. Tariq, Z. Zhou, J. Wu, M. Macuha, and T. Sato, "Smart grid standards for home and building automation," in *Power System Technology (POWERCON), 2012 IEEE International Conference on*, Oct 2012, pp. 1–6.
- [4] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [5] A. Brush, B. Lee, R. Mahajan, S. Agarwal, S. Saroiu, and C. Dixon, "Home automation in the wild: challenges and opportunities," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2011, pp. 2115–2124.
- [6] S. K. Das, D. J. Cook, A. Battacharya, E. O. Heierman, and T.-Y. Lin, "The role of prediction algorithms in the mavhome smart home architecture," *Wireless Communications, IEEE*, vol. 9, no. 6, pp. 77–84, 2002.
- [7] E. M. Tapia, S. S. Intille, and K. Larson, *Activity recognition in the home using simple and ubiquitous sensors*. Springer, 2004.
- [8] F. Zamora-Martínez, P. Romeu, P. Botella-Rocamora, and J. Pardo, "On-line learning of indoor temperature forecasting models towards energy efficiency," *Energy and Buildings*, vol. 83, pp. 162–172, 2014.
- [9] F. Xiao and C. Fan, "Data mining in building automation system for improving building operational performance," *Energy and buildings*, vol. 75, pp. 109–118, 2014.
- [10] A. Morán, J. J. Fuertes, M. A. Prada, S. Alonso, P. Barrientos, I. Díaz, and M. Domínguez, "Analysis of electricity consumption profiles in public buildings with dimensionality reduction techniques," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 8, pp. 1872–1880, 2013.
- [11] M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, R. Wheeler, and A. Y. Ng, "Ros: an open-source robot operating system," in *ICRA workshop on open source software*, vol. 3, no. 3.2, 2009, p. 5.
- [12] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," *arXiv preprint arXiv:1506.02640*, 2015.
- [13] G. Costante, M. Mancini, P. Valigi, and T. A. Ciarfuglia, "Exploring representation learning with cnns for frame-to-frame ego-motion estimation," *Robotics and Automation Letters, IEEE*, vol. 1, no. 1, pp. 18–25, 2016.

- [14] Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue, S. Karayev, J. Long, R. Girshick, S. Guadarrama, and T. Darrell, "Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding," in *Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia*. ACM, 2014, pp. 675–678.
- [15] R. Hecht-Nielsen, "Theory of the backpropagation neural network," in *Neural Networks, 1989. IJCNN., International Joint Conference on*. IEEE, 1989, pp. 593–605.
- [16] P. Florence, J. Carter, and R. Tedrake, "Integrated perception and control at high speed: Evaluating collision avoidance maneuvers without maps," *Under review*.
- [17] P. Pinggera, D. Pfeiffer, U. Franke, and R. Mester, "Know your limits: Accuracy of long range stereoscopic object measurements in practice," in *Computer Vision–ECCV 2014*. Springer, 2014, pp. 96–111.
- [18] E. R. Davies, *Machine vision: theory, algorithms, practicalities*. Elsevier, 2004.
- [19] P. Pinggera, U. Franke, and R. Mester, "High-performance long range obstacle detection using stereo vision," in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015 IEEE/RSJ International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 1308–1313.
- [20] A. Harakeh, D. Asınar, and E. Shamma, "Ground segmentation and occupancy grid generation using probability fields," in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015 IEEE/RSJ International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 695–702.
- [21] D. Eigen, C. Puhrsch, and R. Fergus, "Depth map prediction from a single image using a multi-scale deep network," in *Advances in neural information processing systems*, 2014, pp. 2366–2374.
- [22] F. Liu, C. Shen, G. Lin, and I. Reid, "Learning depth from single monocular images using deep convolutional neural fields," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 38, no. 10, pp. 2024–2039, Oct 2016.
- [23] A. Roy and S. Todorovic, "Monocular depth estimation using neural regression forest," 2016.
- [24] A. Saxena, M. Sun, and A. Y. Ng, "Make3d: Learning 3d scene structure from a single still image," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 31, no. 5, pp. 824–840, 2009.
- [25] R. Garg and I. Reid, "Unsupervised cnn for single view depth estimation: Geometry to the rescue," *arXiv preprint arXiv:1603.04992*, 2016.
- [26] M. Mancini, G. Costante, P. Valigi, and T. A. Ciarfuglia, "Fast robust monocular depth estimation for obstacle detection with fully convolutional networks," in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2016 IEEE/RSJ International Conference on*, 2016.
- [27] D. Scharstein and R. Szeliski, "A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms," *International journal of computer vision*, vol. 47, no. 1-3, pp. 7–42, 2002.
- [28] M. Pizzoli, C. Forster, and D. Scaramuzza, "Remode: Probabilistic, monocular dense reconstruction in real time," in *2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. IEEE, 2014, pp. 2609–2616.
- [29] A. Saxena, S. H. Chung, and A. Y. Ng, "Learning depth from single monocular images," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2005, pp. 1161–1168.
- [30] P. Fischer, A. Dosovitskiy, E. Ilg, P. Häusser, C. Hazırbaş, V. Golkov, P. van der Smagt, D. Cremers, and T. Brox, "Flownet: Learning optical flow with convolutional networks," *arXiv preprint arXiv:1504.06852*, 2015.
- [31] V. Badrinarayanan, A. Handa, and R. Cipolla, "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for robust semantic pixel-wise labelling," *arXiv preprint arXiv:1505.07293*, 2015.
- [32] K. Simonyan and A. Zisserman, "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition," *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.

- [33] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li, and L. Fei-Fei, "Imagenet: A large-scale hierarchical image database," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on*. IEEE, 2009, pp. 248–255.
- [34] K. Chatfield, K. Simonyan, A. Vedaldi, and A. Zisserman, "Return of the devil in the details: Delving deep into convolutional nets," *arXiv preprint arXiv:1405.3531*, 2014.
- [35] T. N. Sainath, O. Vinyals, A. Senior, and H. Sak, "Convolutional, long short-term memory, fully connected deep neural networks," in *2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. IEEE, 2015, pp. 4580–4584.
- [36] S. Sharma, R. Kiros, and R. Salakhutdinov, "Action recognition using visual attention," *arXiv preprint arXiv:1511.04119*, 2015.
- [37] N. McLaughlin, J. Martinez del Rincon, and P. Miller, "Recurrent convolutional network for video-based person re-identification," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2016. CVPR 2016. IEEE Conference on*, 2016.
- [38] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long short-term memory," *Neural computation*, vol. 9, no. 8, pp. 1735–1780, 1997.
- [39] A. Geiger, P. Lenz, C. Stiller, and R. Urtasun, "Vision meets robotics: The kitti dataset," *The International Journal of Robotics Research*, p. 0278364913491297, 2013.
- [40] N. Süberman, D. Hoiem, P. Kohli, and R. Fergus, "Indoor segmentation and support inference from rgb-d images," in *Computer Vision—ECCV 2012*. Springer, 2012, pp. 746–760.
- [41] H. Hirschmüller, "Stereo processing by semiglobal matching and mutual information," *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 30, no. 2, pp. 328–341, 2008.