

Embedded KI als Servicetechniker

von Oliver Roth



Teure Ausfallzeiten und Servicetickets gehören zu den zentralen Herausforderungen eines effizienten Fertigungsbetriebs. Embedded KI kann dazu beitragen, Kosten zu senken und die „Overall Operating Effectiveness (OEE)“ zu verbessern, indem sie im Zusammenspiel von Small- und Large-Language-Models sowie agentischer KI den „virtuellen Servicetechniker“ ermöglicht.

Jeder Betrieb mit automatisierter Fertigung kennt diese Probleme: Zum einen den Ausfall von Maschinen oder Anlagen zu Zeiten, in denen kein Servicetechniker verfügbar ist, insbesondere nachts und am Wochenende. Zum anderen hat wohl jeder Fertiger bereits Performance- oder Qualitätsprobleme erlebt, die selbst erfahrenes Bedienpersonal nicht eigenständig beheben konnte. Ebenso wie Ausfälle verursachen diese Probleme beträchtliche Kosten, nicht zuletzt durch das Auslösen teurer Servicetickets. Es stellt sich die Frage, ob Embedded KI dem entgegenwirken kann, zum Beispiel durch Lösungen, die

das Bedienpersonal in die Lage versetzen, auf Stillstände unverzüglich zu reagieren und Performance-Einbußen ohne Ticket selbst zu beheben. Technisch ist dies bereits möglich.

Als Demonstrator bereits verfügbar: der „virtuelle Servicetechniker“

Um das zu zeigen, hat Grossenbacher Systeme auf Basis des ‚Universal Controller‘ und mit Hilfe von KI-Agenten der Firma ForestHub einen Demonstrator für einen KI-basierten „virtuellen Servicetechniker“ entwickelt. Dieser bildet eine vollständige SPS ab und basiert auf einem KI-Agenten, der verschiedene Tools und KI-Modelle abhängig von Situation und Aufgabe koordiniert, also gezielt und kontextabhängig im Sinne eines vorgegebenen Ziels steuert. Die Interaktion von KI-Agenten und SLM stand dabei im Fokus der Zusammenarbeit der beiden Unternehmen.

Konkret kümmert sich der virtuelle Servicetechniker um einen Drucker. Die eingesetzten Konzepte und Technologien eignen sich jedoch grundsätzlich für die meisten Maschinen und Anlagen, die durch konventionelle SPS-Systeme gesteuert werden.

Der KI-Agent nutzt dabei verschiedene Tools: Zunächst kategorisiert er die Daten aus der Sensorik der Anlage und klassifiziert sie, um Anomalien erkennen und melden zu können. Das übernimmt ein klassisches KI-Modell auf der Edge-Ebene direkt im Universal Controller. Seine Fähigkeit zur lokalen Ausführung von KI-Modellen ermöglicht es zudem, den PID-Regler als zentrales Element der Automatisierung durch eine KI-basierte modellprädiktive Regelung (MPC) zu ergänzen oder zu ersetzen, sofern die Zykluszeit hierfür unter 50 ms liegt. Statt vergangenheitsorientiert nur Fehler auszugleichen, berücksichtigt ein MPC als Regelungsstrategie für dynamische Systeme auch zukünftige Zustände, was die frühzeitige und zuverlässige Erkennung von Anomalien unterstützt. Durch die Integration des MPC können die von der KI gewonnenen Erkenntnisse zudem direkt in die SPS einfließen.

Modelle und Agenten als Basis

Um dem virtuellen Servicetechniker die nötige Wissensbasis zu verschaffen, kommt ein Small-Language-Model (SLM) zum Einsatz. Im Gegensatz zu großen, generisch mit „Weltwissen“ trainierten Large-Language-Models (LLM) sind SLM nur mit Domänenwissen zur jeweiligen Maschine oder Anlage trainiert. Das begrenzt ihren Ressourcenbedarf und ermöglicht die lokale Nutzung in Edge-Geräten wie dem Universal Controller. Der Vorteil besteht darin, dass Language Models unabhängig von ihrer Größe Stärken in der Logikverarbeitung, der Analyse von Zusammenhängen und der Interpretation zahlreicher Inputvariablen in Kombination mit definierten

Output-Variablen haben, auch mit prädiktiven Anteilen. Der KI-Agent kann mithilfe des SLM den Zustand der Maschine bewerten und den Maschinenoperator auch prädiktiv unterstützen. Zeigt ein Maschinenparameter einen Trend, der auf einen möglichen Stillstand hindeutet, kann der KI-Agent frühzeitig Hinweise zur Kontrolle relevanter Umgebungsvariablen geben. Kommt es dennoch zu einem Stillstand, unterstützt der virtuelle Servicetechniker den Operator durch logische Analyse und hinterlegtes Domänenwissen. Die Qualität dieser Unterstützung hängt maßgeblich vom Umfang des zugrunde liegenden Wissens ab. Daher sollten die technische Dokumentation der Maschine, historische Sensordaten, betriebliche und anwendungsbezogene Daten sowie Erfahrungswissen von Servicetechnikern als Trainingsgrundlage dienen.

Der KI-Agent mit seinem SLM kann zudem als „Point of Contact“ zwischen Maschine und Operator fungieren und als virtueller Servicetechniker assistieren. In dieser Rolle stellt er Erklärungen in Form von Text, Bildern sowie bei Bedarf audiovisueller Unterstützung bereit. Die Entscheidungsverantwortung verbleibt jedoch beim Operator, dessen Eingriffe durch diese Unterstützung reduziert werden können. Der menschliche Servicetechniker bleibt weiterhin relevant, wird jedoch voraussichtlich seltener benötigt.

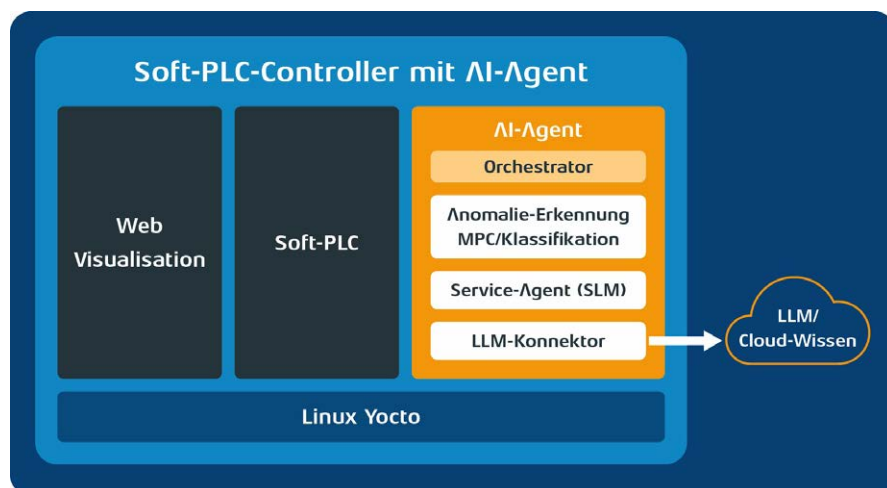
Was kritisch ist, bleibt lokal

Der virtuelle Servicetechniker arbeitet ausschließlich lokal, also ohne Verbindung zum Internet, zu Cloud-Diensten oder externen Servern. Externe Systeme kommen nur dann zum Einsatz, wenn optional ein externes Large Language Model (LLM) als zusätzliche Unterstützung eingebunden wird. Hierfür eignen sich insbesondere abgesicherte LLM-Instanzen auf Standort- oder Unternehmensebene. Diese können zusätzliche kontextbezogene Informationen bereitstellen, etwa Betriebsdaten anderer Maschinen oder anonymisierte Daten anderer Anwender. Ergänzend können große Foundation Models für wissensintensive Aufgaben im Service oder im Engineering genutzt werden. Ebenso können kontextrelevante externe Daten wie Umwelt- oder Wetterinformationen einbezogen werden.

Der Demonstrator von Grossebacher Systeme zeigt, welche Funktionen ein „virtueller Servicetechniker“ durch die Kombination klassischer SPS-Funktionalität mit modellprädiktiver Regelung (MPC) und KI-basierten Reasoning-Komponenten übernehmen kann. Hardwareseitig bildet der Universal Controller die Grundlage. Ausgestattet mit einer ARM-CPU sowie integrierten NPU- und GPU-Einheiten ermöglicht er Anwendungen in den Bereichen (Soft-)SPS und KI/ML. Das integrierte Linux-Yocto-Betriebssystem unterstützt OCI-Spezifikationen für die Containerisierung auf Hardwareebene.

Datengetriebene Intelligenz und Echtzeitfähigkeit

Diese Architektur ermöglicht es, dass die klassischen Echtzeitfunktionen auf der Feldebene verbleiben. Die SPS kann gemäß IEC 61131-3 arbeiten und ein deterministisches



Schematischer Aufbau eines Soft-PLC-Controllers mit KI-Agenten.

Verhalten im Millisekundenbereich gewährleisten, etwa bei Safety-Funktionen oder Interlocks. Die auf Agenten und SLM basierenden, nicht deterministischen KI-Komponenten sind davon entkoppelt und in eigenen Containern auf der Edge-Computing-Ebene angesiedelt. Sie integrieren mehrere funktionale Bausteine, darunter eine MPC mit lernenden Ansätzen, die in Zykluszeiten von etwa 50 bis 500 Millisekunden arbeiten. Zusätzlich werden lokale ML-Modelle für Aufgaben wie Anomalieerkennung und Zustandsbewertung ausgeführt, ergänzt durch ein SLM für lokales Reasoning, Supervision und erklärende Funktionen. Erst eine optionale Cloud-Ebene bindet Large Language Models mit höheren Latenzen für Kontextinformationen und wissensintensive Aufgaben ein. Dieser Aufbau ermöglicht es, datenbasierte Funktionen direkt an der Maschine bereitzustellen, ohne die Echtzeitfähigkeit der SPS zu beeinträchtigen.

Fazit: Ergänzung statt Substitution

So wie die Anlagenverfügbarkeit nicht vollständig erreicht werden kann und Servicekosten nicht vollständig entfallen, wird KI menschliche Servicetechniker nicht vollständig ersetzen. Eine Kombination aus SPS und KI kann jedoch Servicetechniker und Bediener entlasten und unterstützen. Insbesondere in Fertigungsumgebungen mit wenigen Anlagen oder außerhalb regulärer Servicezeiten kann sich die OEE verbessern. Zudem kann die Integration von SPS und KI in modernen Controllern die Wettbewerbsposition von OEMs beeinflussen, die entsprechende Funktionen frühzeitig implementieren.

KI-basierte „virtuelle Servicetechniker“ lassen sich mit aktueller Hard- und Software bereits wirtschaftlich umsetzen, wie der Demonstrator zeigt. ag



Oliver Roth

ist CEO von Grossebacher Systeme und der Amalthea Gruppe, zu der unter anderem auch Sabo Mobile IT gehört.



Web-Tipp

Lesen Sie ergänzend dazu die Artikelserie „Der Weg zur Embedded KI“:

- Optimal starten mit der passenden Toolchain: <https://bit.ly/3Zq0mEG>
- Von rohen Daten zum geschliffenen KI-Modell: <https://bit.ly/4k0UigX>
- Lifecycle Management für Künstliche Intelligenz: <https://bit.ly/48cDhdc>