



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 039 418 A1** 2008.02.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 039 418.6**

(22) Anmeldetag: **23.08.2006**

(43) Offenlegungstag: **28.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G06F 11/20** (2006.01)

(71) Anmelder:

Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE

(72) Erfinder:

Frommann, Thomas, 81667 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

US2002/00 87 816 A1

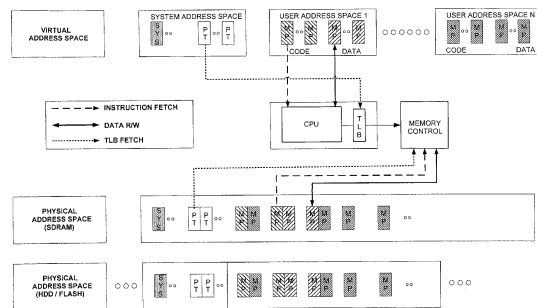
US 57 84 628 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Wiederherstellung des Speicherinhalts einer flüchtigen Speichereinheit**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur zumindest teilweisen Wiederherstellung des Speicherinhalts einer flüchtigen Speichereinheit in einem Computersystem nach einer durch eine Abschaltung des Computersystems bedingten Rücksetzung des Speicherinhalts der flüchtigen Speichereinheit, wobei der Speicherinhalt der flüchtigen Speichereinheit vor der Abschaltung zumindest teilweise in solcher Art und Weise auf eine nichtflüchtige Speichereinheit ausgelagert wird, dass er nach einer Reaktivierung des Computersystems in die flüchtige Speichereinheit rück-speicherbar ist, wird zumindest ein Teil des ausgelagerten Speicherinhalts in einer in Segmente unterteilten Form ausgelagert, wird für zumindest einen Teil dieser ausgelagerten Segmente jeweils ein Segmentverweis generiert, der auf den Speicherort des jeweiligen Segments verweist, und werden die Segmentverweise nach der Reaktivierung wiederhergestellt. Nach der Reaktivierung werden die Inhalte der ausgelagerten Segmente zumindest teilweise erst dann in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert, wenn funktional auf sie zugegriffen wird. Ein funktionaler Zugriff auf den Inhalt eines ausgelagerten Segments erfolgt dabei, indem der jeweilige Segmentverweis aufgerufen wird. Im Falle eines funktionalen Zugriffs auf ein Segment wird dessen Speicherort anhand des Segmentverweises aufgefunden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zumindest teilweisen Wiederherstellung des Speicherinhalts einer flüchtigen Speichereinheit in einem Computersystem nach einer durch eine Abschaltung des Computersystems bedingten Rücksetzung des Speicherinhalts der flüchtigen Speichereinheit, wobei der Speicherinhalt der flüchtigen Speichereinheit vor der Abschaltung zumindest teilweise in solcher Art und Weise auf eine nichtflüchtige Speichereinheit ausgelagert wird, dass er nach einer Reaktivierung des Computersystems in die flüchtige Speichereinheit rückspeicherbar ist.

[0002] Unter einer Abschaltung kann dabei eine tatsächliche Unterbrechung jeglicher Energiezufuhr und Arbeitstätigkeit des Computersystems verstanden werden. Es sei darunter im Rahmen dieses Dokuments aber auch das Versetzen in jeglichen Zustand eingeschränkten Energieverbrauchs zu verstehen, in welchem eine Sicherung des Speicherinhalts der flüchtigen Speichereinheit typischerweise gerechtfertigt ist, um Datenverlust zu vermeiden.

[0003] Verfahren der eingangs genannten Gattung sind aus dem Stand der Technik in der Form bekannt, dass der gesamte Speicherinhalt einer flüchtigen Speichereinheit (z.B. SDRAM) eines Computersystems vor der Abschaltung, z.B. durch Abtrennung der Stromversorgung, in einem persistenten, d.h. nichtflüchtigen, Speicher abgelegt wird (so genanntes „hibernate“-Verfahren). Nach Reaktivierung des Computersystems, etwa durch erneutes Anschalten der Stromversorgung, sorgt das „basic input/output system“ (BIOS) für die Wiederherstellung des gesamten flüchtigen Speicherinhaltes (so genanntes „resume“-Verfahren), bevor das Computersystem seine Arbeit wieder aufnimmt.

[0004] Bei Verfahren gemäß dem Stand der Technik dauert es prinzipbedingt verhältnismäßig lange bis das Computersystem nach der Reaktivierung wieder arbeitsfähig ist. Die Aufstartzeit zwischen Reaktivierung, etwa durch Anschalten der Stromversorgung, und Arbeitsfähigkeit eines komplexeren Computersystems – wie etwa einer Head-Unit (zentrale Steuer- und Bedieneinheit) eines Kraftfahrzeugs – liegt oft bei mehr als zehn Sekunden, was für den jeweiligen Benutzer zu inakzeptablen Wartezeiten führen kann. Im Extremfall können sicherheitsrelevante Funktionen, wie im Kraftfahrzeug etwa die Anzeige einer Park- und Rangierkamera, bedingt durch die lange Aufstartzeit erst so spät zur Verfügung stehen, dass eine Unterstützung des Benutzers zu spät kommt, um einen Schaden noch zu vermeiden. Durch eine Verkürzung der Aufstartzeit könnte also der Komfort und die Sicherheit des Fahrers eines Kraftfahrzeugs sowie anderer Fahrzeuginsassen und/oder Verkehrsteilnehmer verbessert werden.

[0005] Eine dauerhafte Energieversorgung des Computersystems oder bestimmter Teile desselben, welche eine Sicherung der Inhalte der flüchtigen Speichereinheit erübrigen würde, wäre vor allem mit einem erhöhten Energieaufwand verbunden und ist daher nicht wünschenswert.

[0006] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein einfaches Verfahren zur zumindest teilweisen Wiederherstellung des Speicherinhalts einer flüchtigen Speichereinheit zu schaffen, durch welches kürzere Aufstartzeiten ermöglicht werden.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0008] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Datenmenge reduziert, welche nach der Reaktivierung in die nichtflüchtige Speichereinheit geladen werden muss, bevor das Computersystem seine Arbeit wieder aufnehmen kann. Dadurch kann die Aufstartzeit gegenüber dem Stand der Technik erheblich verkürzt werden. Insbesondere im Falle einer Ausbildung des Computersystems als Head-Unit in einem Kraftfahrzeug können durch die Erfindung Funktionen des Kraftfahrzeugs, an deren Ausführung die Head-Unit beteiligt ist, dem Fahrer bereits sehr kurze Zeit nach der Inbetriebnahme des Kraftfahrzeugs zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise kann das Bild einer Rückfahrkamera bereits bei einem unmittelbar auf die Inbetriebnahme des Kraftfahrzeugs folgenden rückwärts gerichteten Ausparkvorgang voll zur Verfügung stehen.

[0009] Die langen Aufstartzeiten bei aus dem Stand der Technik bekannten konventionellen „hibernate/resume“-Verfahren werden in erster Linie durch die Größe des wiederherzustellenden Speicherinhalts bedingt. Die für die Wiederherstellung des Speicherinhaltes benötigte Zeit ist in der Regel nahezu direkt proportional zur Größe der wiederherzustellenden Speichermenge. Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten konventionellen „hibernate/resume“-Verfahren wird bei der Erfindung daher nicht der gesamte Speicherinhalt des flüchtigen Speichers umgehend nach der Reaktivierung wiederhergestellt.

[0010] Die Erfindung macht sich die Tatsache zunutze, dass nicht der gesamte vor der Abschaltung in der flüchtigen Speichereinheit befindliche Speicherinhalt bzw. dessen Vorliegen in der flüchtigen Speichereinheit zwingend erforderlich ist, um die Arbeit des Computersystems nach der Reaktivierung wieder aufzunehmen. Vielmehr genügt es, nur die unbedingt bzw. höchstwahrscheinlich erforderlichen Speicherinhalte – in entsprechend kurzer Zeit – bereitzu-

stellen. Andere Speicherinhalte können auch noch zu einem späteren Zeitpunkt nachträglich in die flüchtige Speichereinheit geladen werden. Für die Inhalte zumindest eines Teils der ausgelagerten Segmente geschieht dies bedarfsorientiert, d.h. erst dann, wenn funktional auf sie zugegriffen wird, wenn sie also tatsächlich für die Arbeit des Computersystems benötigt werden.

[0011] Erfindungsgemäß wird im Einzelnen folgendermaßen verfahren: Bei der Auslagerung der vor der Abschaltung in der nichtflüchtigen Speichereinheit befindlichen Inhalte wird zumindest ein Teil des ausgelagerten Speicherinhalts in einer in Segmente unterteilten Form ausgelagert. Dadurch kann der Speicherinhalt zu einem späteren Zeitpunkt nicht nur als Ganzes adressiert oder verarbeitet werden, sondern es kann auf einzelne Segmente zugegriffen werden. Für die Unterteilung in Segmente kommt insbesondere das aus der Speichertechnik bekannte Konzept so genannter Seiten oder „pages“ in Frage. Grundsätzlich eignet sich aber auch jede andere Form der Segmentierung. Vorzugsweise sind der besseren Verarbeitbarkeit wegen alle Segmente gleich groß und/oder gleich strukturiert.

[0012] Die Segmentierung kann gemäß spezieller Ausführungsformen der Erfindung erst anlässlich der Auslagerung vorgenommen werden. Vorzugsweise liegen die auszulagernden Speicherinhalte jedoch bereits zuvor in der flüchtigen Speichereinheit in segmentierter Form vor. Idealerweise wird eine durch eine solche Segmentierung innerhalb der Speichereinheit vorgegebene Struktur bei der Auslagerung beibehalten. Es kann dann bereits zum Zweck der Auslagerung auf einzelne Segmente, z.B. pages, zugegriffen werden.

[0013] Um auf die einzelnen ausgelagerten Segmente zugreifen zu können, wird erfindungsgemäß für zumindest einen Teil dieser ausgelagerten Segmente jeweils ein Segmentverweis generiert, der auf den Speicherort des jeweiligen Segments verweist. Ein so generierter Segmentverweis kann als bloße Adressangabe oder als Beschreibungsdatei ausgebildet sein. Neben dem Speicherort kann insbesondere ein als Beschreibungsdatei ausgebildeter Segmentverweis zu einem Segment auch weitere das Segment beschreibende Daten, beispielsweise dessen Größe, Struktur etc. enthalten. Das erfindungsgemäße Generieren der Segmentverweise kann auch darin bestehen, bereits zuvor bestehende Segmentverweise mit den durch die Auslagerung veränderten Beschreibungsdaten, insbesondere dem veränderten Speicherort des Segments zu versehen.

[0014] Nach der Reaktivierung werden die Segmentverweise in solcher Art und Weise wiederhergestellt, dass eine verarbeitende Recheneinheit des Computersystems sie aufrufen kann. Die Wiederher-

stellung erfolgt vorzugsweise dadurch, dass die Segmentverweise in die flüchtige Speichereinheit geladen werden. Sie können aber alternativ oder zusätzlich auch in eine andere flüchtige Speichereinheit des Computersystems geladen werden, auf welche eine verarbeitende Recheneinheit schnell zugreifen kann. Beispielsweise kann einer Memory Management Unit (MMU) einer verarbeitenden Recheneinheit (z.B. CPU) hierzu unmittelbar eine als so genannter „translation lookaside buffer“ (TLB) ausgebildete Speichereinheit zugeordnet sein. Ein solcher TLB enthält gegebenenfalls vorzugsweise sämtliche wiederhergestellten Segmentverweise. Es kann dann besonders schnell auf diese zugegriffen werden. Der TLB kann aber gegebenenfalls auch nur einen Teil der wiederhergestellten Segmentverweise enthalten.

[0015] Die Ausdrucksweise „Wiederherstellung“ (der Segmentverweise) zielt in erster Linie auf den Fall ab, dass die Segmentverweise bereits vor der Abschaltung des Computersystems generiert werden, ebenfalls noch vor der Abschaltung in einer nichtflüchtigen Speichereinheit abgelegt und nach der Reaktivierung wiederhergestellt werden. Vorzugsweise werden zunächst alle auszulagernden Segmente ausgelagert. Wenn die Auslagerung der Segmente abgeschlossen ist, stehen alle Speicherorte derselben fest. Dann können alle Segmentverweise generiert und ebenfalls ausgelagert werden. Durch die Wiederherstellung nach der Reaktivierung werden dann also tatsächlich Segmentverweise wiederhergestellt, die bereits vor der Abschaltung existiert haben.

[0016] Die Segmentverweise können aber prinzipiell – gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung – auch erst generiert werden unmittelbar bevor sie in die flüchtige Speichereinheit und/oder eine andere flüchtige Speichereinheit des Computersystems (z.B. TLB) geladen werden. Auch dieser Fall sei eingeschlossen, wenn von einer „Wiederherstellung“ der Segmentverweise die Rede ist – auch wenn diese dann vor der Abschaltung noch gar nicht existiert haben.

[0017] Die nichtflüchtige Speichereinheit, in welcher die – bereits vor der Abschaltung existierenden – Segmentverweise zwischenzeitlich abgelegt werden, kann selbstverständlich dieselbe sein, wie diejenige, in welcher die ausgelagerten Segmente abgelegt werden. Vorzugsweise werden die Segmentverweise in der nichtflüchtigen Speichereinheit bereits in einer Form abgelegt, die nach der Reaktivierung eine schnelle Wiederherstellung erlaubt. Insbesondere eignet sich die Form einer oder mehrerer so genannter „page tables“. Eine solche „page table“ kann gegebenenfalls nach der Reaktivierung zumindest teilweise unmittelbar in einen eventuell vorhandenen TLB geladen werden.

[0018] Indem die Segmentverweise nach der Reaktivierung wiederhergestellt werden, wird für eine verarbeitende Recheneinheit des Computersystems eine Basis geschaffen, um auf die noch ausgelagerten Segmente zu einem späteren Zeitpunkt funktional zuzugreifen. Daher müssen die Inhalte der ausgelagerten Segmente vorteilhafterweise nicht unmittelbar nach der Reaktivierung in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert werden, sondern die Inhalte der ausgelagerten Segmente werden erfindungsgemäß zumindest teilweise erst dann in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert, wenn funktional auf sie zugegriffen wird.

[0019] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass dank der auf die Segmente verweisenden Segmentverweise ein funktionaler Zugriff auf die Inhalte der Segmente bereits möglich ist, obwohl diese noch nicht in die flüchtige Speichereinheit geladen sind. Ein funktionaler Zugriff auf den Inhalt eines ausgelagerten Segments kann nämlich erfolgen, indem der jeweilige Segmentverweis aufgerufen wird. Im Falle eines solchen funktionalen Zugriffs auf ein Segment kann dessen Speicherort anhand des Segmentverweises aufgefunden werden.

[0020] Typischerweise wird im Falle eines funktionalen Zugriffs auf ein noch nicht in die flüchtige Speichereinheit geladenes Segment zunächst der Inhalt des Segments in die flüchtige Speichereinheit „nachgeladen“ und erst dann die eigentlich durch den Zugriff beabsichtigte Aktion anhand der nun – nach dem Nachladen – in der flüchtigen Speichereinheit verfügbaren Daten ausgeführt.

[0021] Nach der Reaktivierung kann das Computersystem seine Arbeit im Extremfall bereits dann wieder aufnehmen, wenn die Segmentverweise wiederhergestellt sind. Die hierzu erforderliche Zeit ist deutlich geringer als die für eine Rückspeicherung aller ausgelagerten Speicherinhalte erforderliche Zeit.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird zumindest ein Teil des ausgelagerten Speicherinhalts unmittelbar nach der Reaktivierung in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert. Dabei kann es sich um wichtige und/oder häufig genutzte Speicherinhalte handeln, auf die besonders schnell zugegriffen werden können soll. Dabei kann es sich aber auch und insbesondere um wesentliche Systeminformationen handeln, die zur Wiederaufnahme der Arbeit des Computersystems zwingend erforderlich sind. Vorzugsweise werden dauerhaft und/oder einzelfallbezogen systemrelevante Speicherinhalte definiert, die unmittelbar nach der Reaktivierung zur Verfügung stehen sollen.

[0023] Nach der Reaktivierung kann das Computersystem bei solchen Ausführungsformen der Erfindung seine Arbeit bereits dann wieder aufnehmen,

wenn die wenigen unmittelbar nach der Reaktivierung in die flüchtige Speichereinheit rückzuspeichernden Segmente rückgespeichert sind und die Segmentverweise wiederhergestellt sind.

[0024] Sofern auch der eventuell unmittelbar nach der Reaktivierung in die flüchtige Speichereinheit rückzuspeichernde Speicherinhalt zumindest teilweise in einer in Segmente unterteilten Form in der nichtflüchtigen Speichereinheit vorliegt, auf welche durch Segmentverweise verwiesen wird, können die entsprechenden Segmentverweise so gekennzeichnet sein, dass die Notwendigkeit erkennbar ist, diese Segmente unmittelbar nach der Reaktivierung in die flüchtige Speichereinheit rückzuspeichern. Es kann dann so vorgegangen werden, dass zunächst nur die Segmentverweise wiederhergestellt werden. Anhand der Kennzeichnungen der wiederhergestellten Segmentverweise ist anschließend zu erkennen, welche Segmentinhalte rückgespeichert werden sollen bzw. müssen, bevor das Computersystem seine Arbeit wieder aufnimmt bzw. wieder aufnehmen kann.

[0025] Der erfindungsgemäße funktionale Zugriff auf ein Segment, dessen Inhalt noch nicht in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert worden ist, kann eine längere Zeit beanspruchen als ein Zugriff auf unmittelbar in der flüchtigen Speichereinheit vorliegende Speicherinhalte. Daher ist es Gegenstand einer Weiterbildung der Erfindung, nach der Wiederaufnahme der Arbeit des Computersystems freie Übertragungskapazitäten zwischen der nichtflüchtigen Speichereinheit, in welche die Segmente ausgelagert wurden, und der flüchtigen Speichereinheit zu nutzen, um die Inhalte bestimmter Segmente – eigentlich entgegen dem grundlegenden Ansatz der Erfindung – bereits in die flüchtige Speichereinheit rückzuspeichern, bevor funktional auf sie zugegriffen wird. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass jederzeit Übertragungskapazitäten freigehalten bzw. freigemacht werden können, um – erfindungsgemäß – die Inhalte von Segmenten in die flüchtige Speichereinheit zu laden, auf die aktuell funktional zugegriffen wird. Durch eine solche Weiterbildung der Erfindung kann erreicht werden, dass nach und nach alle ausgelagerten Speicherinhalte in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert werden können und dass somit in gewohnter Art und Weise schnell auf diese zugegriffen werden kann. Die selbsttätige – nicht streng bedarfsorientierte – Rückspeicherung gemäß der beschriebenen Weiterbildung der Erfindung kann beispielsweise auf einer Priorisierung der ausgelagerten Segmente basieren (z.B. wichtigste oder statistisch meistgenutzte Segmente zuerst).

[0026] Die Erfindung macht sich das im Zusammenhang mit der Verwaltung des Hauptspeichers von Computersystemen unter der Bezeichnung „demand paging“ bekannte Prinzip zunutze. „Demand paging“ wird typischerweise verwendet zur temporären Aus-

lagerung einzelner flüchtiger Speicherinhalte auf sekundäre Speicher (z.B. hard disc). Dabei wird der flüchtige Speicher nicht direkt über physikalische Speicheradressen, sondern indirekt über so genannte virtuelle Speicheradressierung angesprochen. Der Bezug zwischen virtuellen und physikalischen Adressen wird hergestellt unter Verwendung einer Übersetzungsvorschrift für die Abbildung von virtuellen auf physikalische Adressen. Eine virtuelle Adresse kann dabei abgebildet werden auf eine physikalische Adresse auf der primären flüchtigen Speichereinheit oder aber auf eine physikalische Adresse auf der sekundären Speichereinheit.

[0027] Dieses Prinzip kann fortgeführt werden, wenn auch die bereits rückgespeicherten Segmente über Segmentverweise adressiert werden. Die Segmentverweise müssen dann lediglich bei/nach der Rückspeicherung des jeweiligen Segments entsprechend auf den neuen Speicherort – nun im flüchtigen Speicher – angepasst werden. Bei solcher Ausführung der Erfindung kann auf die Inhalte noch ausgelagerter Segmente aus Sicht einer verarbeitenden Recheneinheit in exakt derselben Art und Weise zugegriffen werden wie auf die Inhalte der bereits rückgespeicherten Segmente – nämlich über die Segmentverweise, die somit einer Umrechnungsvorschrift von einer virtuellen auf eine physikalische Adresse entsprechen. Im Falle noch ausgelagerter Segmente verweist der jeweilige Segmentverweis auf einen Speicherort (entspricht der physikalischen Adresse) in der nichtflüchtigen Speichereinheit, im Falle bereits rückgespeicherter Segmente verweist der jeweilige Segmentverweis auf einen Speicherort in der flüchtigen Speichereinheit. Unter anderem da der Zugriff auf noch ausgelagerte Segmente eine erhöhte Zugriffszeit erfordert, ist es vorteilhaft, wenn die zu noch nicht rückgespeicherten Segmenten gehörigen Segmentverweise als solche erkennbar sind oder zumindest die Information enthalten, dass die Inhalte des zugehörigen Segment noch nicht rückgespeichert sind.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unterscheiden sich daher die zu noch nicht rückgespeicherten Segmenten gehörigen Segmentverweise durch eine Kennzeichnung von den Segmentverweisen zu bereits rückgespeicherten Segmenten. Die Kennzeichnung kann etwa in einem so genannten „flag“ bestehen. Für dessen Implementierung, z.B. als flag mit der Bedeutung „paged“, kann pro Segment ein einziges Datenbit genügen. Anhand der Kennzeichnung kann dem Segmentverweis entnommen werden, ob die zugehörigen Inhalte noch ausgelagert sind oder bereits in der flüchtigen Speichereinheit vorliegen.

[0029] Abweichend vom Wortlaut des Anspruchs 1 kann es auch vorteilhaft sein, anstelle von Segmenten, die vor der Abschaltung ausgelagert worden

sind, Standard-Segmente bzw. Default-Segmente in einer nichtflüchtigen Speichereinheit bereitzuhalten, die ebenfalls nach der Reaktivierung zur Verfügung stehen sollen, aber selbst erst dann in die flüchtige Speichereinheit geladen werden, wenn funktional auf sie zugegriffen wird. Auch für solche Segmente können nach der Reaktivierung Segmentverweise erfindungsgemäß wiederhergestellt – also in die flüchtige Speichereinheit und/oder eine andere flüchtige Speichereinheit des Computersystems (z.B. TLB) geladen – werden, die auf den Speicherort des jeweiligen Segments verweisen. Es kann dadurch beispielsweise der Aufwand für die Auslagerung und die dafür benötigte Zeit verringert werden. Eine solche Variante des beschriebenen Verfahrens eignet sich insbesondere für solche Segmente, die während des Betriebs des Computersystems typischerweise unverändert bleiben. Insofern ist es nicht erforderlich, den genauen Zustand vor der Abschaltung des Computersystems durch Auslagerung zu sichern, sondern es genügt eine Standard- bzw. Default-Version des jeweiligen Segments. Auf ein solches Segment kann dann im Stile einer Bibliothek zugegriffen werden. Außerdem kann durch eine solche Nutzung von Standard-Segmenten bzw. Default-Segmenten beispielsweise auch ein Segment ersetzt werden, welches nicht rechtzeitig erfindungsgemäß ausgelagert werden konnte, welches bei der Auslagerung beschädigt wurde oder welches in einen definierten Zustand (z.B. Werkseinstellungen) zurückversetzt werden soll.

[0030] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen an einem Ausführungsbeispiel veranschaulicht, bei welchem das Computersystem als zentrale Steuer- und Bedieneinheit (Head-Unit) eines Kraftfahrzeugs ausgebildet ist. Aus dem Ausführungsbeispiel ergeben sich auch weitere bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung.

[0031] In den beigefügten Zeichnungen zeigen jeweils schematisch

[0032] [Fig. 1](#) eine Übersicht über die Adressierung von Speicherinhalten bei einem Ausführungsbeispiel für die Erfindung,

[0033] [Fig. 2](#) einen ersten Zustand zweier physikalischer Adressräume und

[0034] [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) weitere spätere Zustände derselben physikalischen Adressräume.

[0035] Die Head-Unit in einem Kraftfahrzeug wird beim Abstellen des Kraftfahrzeugs regelmäßig abgeschaltet. Dennoch sollen verschiedene, insbesondere sicherheitsrelevante Funktionen wie etwa die Anzeige eines Parkhilfesystems, nach der Reaktivierung möglichst sofort, spätestens innerhalb weniger

Sekunden, zur Verfügung stehen.

[0036] Die verarbeitende Recheneinheit CPU der Head-Unit ist geeignet, den flüchtigen Speicher (hier SDRAM) nicht direkt über physikalische Speicherdressen, sondern indirekt über eine so genannte virtuelle Adressierung anzusprechen. Die CPU sorgt unter Verwendung einer Übersetzungstabelle (translation lookaside buffer, TLB) für die Abbildung von virtuellen auf physikalische Adressen. Diese Abbildung ist über so genannte „page tables“ (entsprechend den erfindungsgemäßen Segmentverweisen) in einer gewissen Granularität (Seitengröße, z.B. 4 kByte) frei programmierbar. Insbesondere ermöglichen diese page tables die Angabe, ob sich eine virtuell adressierbare page tatsächlich im flüchtigen Speicher (SDRAM) oder nur im sekundären Speicher (hier ausgebildet als hard disc drive HDD oder Flash-Speicher FLASH) befindet.

[0037] Vor einer Trennung der Head-Unit von der Stromversorgung wird ein Großteil aller im flüchtigen Speicher (SDRAM) befindlichen memory pages (entsprechend den erfindungsgemäßen Segmenten) auf den persistenten Speicher (HDD/FLASH) gesichert. Dabei werden die Page tables so modifiziert, dass die Einträge in den Page tables, welche die jeweils gesicherten pages betreffen, als „paged“ markiert werden. Auch der file offset im persistenten Speichermedium wird jeweils in die Page table eingetragen. Zuletzt werden die Page tables selbst zusammen mit anderen wenigen systemrelevanten – zur Wiederaufnahme der Arbeit der Head-Unit zwingend erforderlichen – memory pages gesichert.

[0038] Nach dem erneuten Anschalten der Stromversorgung (Reaktivierung) werden zunächst nur die Page tables wiederhergestellt und die wenigen systemrelevanten memory pages werden ins SDRAM rückgespeichert. Dies benötigt nur einen Bruchteil der Zeit, die erforderlich wäre für eine vollständige Wiederherstellung des Speicherinhalts des flüchtigen Speichers vor der Abschaltung. Nach der Wiederherstellung der Page tables und der Rückspeicherung der wenigen systemrelevanten memory pages ist die Head-Unit wieder verfügbar und kann ihre Arbeit aufnehmen. Sobald die CPU dabei auf einzelne memory pages zugreift, deren Inhalte noch nicht rückgespeichert worden sind, führt dieses zur Wiedereinlagerung (on demand) der entsprechenden memory Page aus dem persistenten Speichermedium (HDD/FLASH).

[0039] Dabei wird beim Zugriff auf das Segment – welcher erfolgt, indem der jeweilige Eintrag in der Page table aufgerufen wird – festgestellt, dass das flag „paged“ gesetzt ist. Dementsprechend wird die entsprechende memory Page zunächst aus dem persistenten Speichermedium ins SDRAM rückgespeichert. Das flag „paged“ wird gelöscht, die physikali-

sche Adresse im SDRAM in die Page table eingetragen. Dann wird auf die Daten der nun im SDRAM vorliegenden Page zugegriffen.

[0040] Das Verfahren ist in [Fig. 1](#) schematisch skizziert. Herkömmliche (d.h. nicht systemrelevante) memory pages (z.B. Benutzer-Daten) sind mit dem Kürzel MP beschriftet. Systemrelevante memory pages sind mit dem Kürzel SYS beschriftet, Page tables durch das Kürzel PT. Die jeweilige Bedeutung der Kürzel CPU, TLB, SDRAM und HDD ergibt sich bereits aus der obigen Beschreibung.

[0041] [Fig. 1](#) ist in vier Ebenen gegliedert. Die oberste Ebene zeigt den virtuellen Adressraum (VIRTUAL ADDRESS SPACE), dabei links den systembezogenen Adressraum (SYSTEM ADDRESS SPACE) mit systemrelevanten memory pages und den Page tables, anschließend Teile des benutzerbezogenen Adressraums (USER ADDRESS SPACE 1 ... N) mit Benutzer-Daten.

[0042] Die zweite Ebene in [Fig. 1](#) zeigt die CPU der Head-Unit mit TLB und einer Speicherverwaltung MEMORY CONTROL. Durch den TLB und die MEMORY CONTROL wird in an sich von Computersystemen mit virtueller Speicheradressierung bekannter Art und Weise eine Umsetzung des in der obersten Ebene dargestellten virtuellen Adressraums auf den in der dritten und vierten Ebene dargestellten physikalischen Adressraum vorgenommen. Die Bedeutung der verschiedenen eingezeichneten Pfeile ist in der ebenfalls in [Fig. 1](#) enthaltenen Legende erklärt (INSTRUCTION FETCH, DATA R/W, TLB FETCH). Die Signalflüsse sind für den Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung selbsterklärend.

[0043] Die dritte Ebene in [Fig. 1](#) zeigt den physikalischen Adressraum des SDRAM, die vierte Ebene zeigt einen Ausschnitt des physikalischen Adressraums des persistenten Speichers (HDD/FLASH).

[0044] In dem in [Fig. 1](#) dargestellten Zustand der dritten Ebene sind bereits sämtliche memory pages MP, die zuvor anlässlich einer Abschaltung gesichert wurden, wieder erfindungsgemäß ins SDRAM rückgespeichert. Der Speicherzustand des SDRAM entspricht somit auch dem Speicherzustand des SDRAM vor der Abschaltung des Computersystems.

[0045] Die vierte Ebene (physikalischer Adressraum HDD) enthält im in [Fig. 1](#) dargestellten Zustand noch die zur Sicherung verwendeten ausgelagerten pages. Ausgelagert wurden vor der Abschaltung des Computersystems sowohl die systemrelevanten memory pages SYS und die Page tables PT als auch die herkömmlichen memory pages MP. Grundsätzlich werden diese pages in der persistenten Speichereinheit nach der Rückspeicherung nicht mehr benötigt und könnten auch gelöscht werden. Zur Veranschau-

lichung des Vorgehens sind sie hier weiterhin – auch nach der Rückspeicherung – in der persistenten Speichereinheit enthalten.

[0046] Die relative Anordnung der pages im persistenten Speicher muss selbstverständlich nicht derjenigen im SDRAM entsprechen. Durch die virtuelle Adressierung kann eine beliebige Umordnung bewerkstelligt werden. In den Zeichnungen ist der besseren Anschaulichkeit halber aber dieselbe relative Anordnung gewählt. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Handhabung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist der Speicherbereich der pages SYS und PT von dem der MPs getrennt dargestellt.

[0047] Die Figuren [Fig. 2](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen Momentaufnahmen der physikalischen Speicherbelegung während des hier beschriebenen Ausführungsbeispiels für das erfindungsgemäße Verfahren. Der grundlegende Ablauf des Verfahrens, der oben bereits beschrieben wurde, durchläuft dabei die in den Figuren [Fig. 2](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellten Phasen. Die jeweils obere Ebene in den Figuren [Fig. 2](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) entspricht der oben bereits beschriebenen dritten Ebene von [Fig. 1](#), die jeweils untere Ebene entspricht der vierten Ebene von [Fig. 1](#).

[0048] [Fig. 2](#) zeigt eine Momentaufnahme noch vor der Abschaltung und auch noch vor der Feststellung einer bevorstehenden Abschaltung. Die obere Ebene zeigt den Speicherzustand des SDRAM, der nachfolgend erfindungsgemäß gesichert wird. Die Page tables verweisen dabei auf die jeweiligen physikalischen Adressen der pages im SDRAM. Der ebenfalls in [Fig. 2](#) dargestellte Ausschnitt des physikalischen Adressraums des persistenten Speichers HDD/FLASH ist noch nicht belegt. Alternativ könnten hier auch noch obsoletere Daten gespeichert sein, die nachfolgend überschrieben werden.

[0049] Zur Sicherung des Speicherinhalts des SDRAM werden bei Feststellung einer bevorstehenden Abschaltung der Head-Unit die folgenden Schritte unternommen: Die memory pages MP werden nach und nach auf den persistenten Speicher HDD/FLASH ausgelagert. Für jede ausgelagerte MP wird in der entsprechenden Page table PT das flag „paged“ gesetzt. Außerdem wird in der PT die physikalische Adresse der ausgelagerten MP im persistenten Speicher HDD/FLASH vermerkt. Sind alle memory pages MP ausgelagert, werden zuletzt die Page tables PT selbst und die systemrelevanten memory pages SYS ausgelagert (hier in einen gesonderten Bereich des persistenten Speichers HDD/FLASH, links der vertikalen Trennlinie in der unteren Ebene von [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 3](#)). Die Auslagerung ist nun abgeschlossen; das System kann abgeschaltet werden, wodurch das flüchtige SDRAM gelöscht wird. [Fig. 3](#) zeigt den so entstehenden Zustand mit leerem

SDRAM.

[0050] Nach der Reaktivierung werden nun zunächst nur die systemrelevanten memory pages SYS rückgespeichert und die Page tables PT wiederhergestellt. Beide werden hierzu ins SDRAM geschrieben. [Fig. 4](#) zeigt den entstehenden Zustand. Der eigentliche BIOS-Restore-Vorgang ist damit bereits abgeschlossen. Die Head-Unit kann bereits jetzt ihre Arbeit wieder aufnehmen und beispielsweise die Anzeige des bereits angesprochenen Parkhilfesystems auf einer Anzeigeeinheit im Kraftfahrzeuginnenraum ausgeben.

[0051] Die memory pages MP sind zunächst noch alle ausgelagert. Dennoch kann bereits funktional auf sie zugegriffen werden, da die Page tables Einträge mit Verweisen auf ihre Speicherorte enthalten. Der Zugriff kann dabei – völlig unabhängig vom Speicherort der jeweiligen MP – über die jeweilige virtuelle Adresse erfolgen. Wird nun während des Betriebs der Head-Unit funktional auf eine noch ausgelagerte memory Page zugegriffen, wird das flag „paged“ in der Page table PT erkannt. Es wird dann beispielsweise eine so genannte „exception“ ausgelöst und die jeweilige memory Page wird vom aktuellen Speicherort im persistenten Speicher wieder ins SDRAM rückgespeichert. Nach der Rückspeicherung wird die Page table entsprechend aktualisiert (das flag „paged“ wird gelöscht, der neue Speicherort wird eingetragen) und die Daten der nun im SDRAM vorliegenden MP können verarbeitet werden. Wie bereits oben erwähnt, könnten die rückgespeicherten memory pages in der persistenten Speichereinheit nach der Rückspeicherung auch gelöscht werden, bleiben zur Veranschaulichung jedoch in der vorliegenden Darstellung enthalten.

[0052] [Fig. 5](#) zeigt einen Zustand des SDRAM, in welchem bereits einige, aber noch nicht alle, memory pages in Folge von funktionalen Zugriffen ins SDRAM rückgespeichert worden sind.

[0053] Spätestens nachdem auf alle memory pages MP zumindest einmalig funktional zugegriffen worden ist, stellt sich der bereits in [Fig. 1](#) abgebildete Zustand des SDRAM ein. Alle memory pages sind rückgespeichert. Der Speicherzustand ist erfindungsgemäß wiederhergestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zumindest teilweisen Wiederherstellung des Speicherinhalts einer flüchtigen Speichereinheit in einem Computersystem nach einer durch eine Abschaltung des Computersystems bedingten Rücksetzung des Speicherinhalts der flüchtigen Speichereinheit, wobei der Speicherinhalt der flüchtigen Speichereinheit vor der Abschaltung zumindest teilweise in sol-

cher Art und Weise auf eine nichtflüchtige Speichereinheit ausgelagert wird, dass er nach einer Reaktivierung des Computersystems in die flüchtige Speichereinheit rückspeicherbar ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass zumindest ein Teil des ausgelagerten Speicherinhalts in einer in Segmente unterteilten Form ausgelagert wird,

dass für zumindest einen Teil dieser ausgelagerten Segmente jeweils ein Segmentverweis generiert wird, der auf den Speicherort des jeweiligen Segments verweist,

dass die Segmentverweise nach der Reaktivierung wiederhergestellt werden,

dass die Inhalte der ausgelagerten Segmente nach der Reaktivierung zumindest teilweise erst dann in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert werden, wenn funktional auf sie zugegriffen wird,

dass ein funktionaler Zugriff auf den Inhalt eines ausgelagerten Segments erfolgt, indem der jeweilige Segmentverweis aufgerufen wird, und

dass im Falle eines funktionalen Zugriffs auf ein Segment dessen Speicherort anhand des Segmentverweises aufgefunden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle freier Übertragungskapazitäten zwischen der nichtflüchtigen und der flüchtigen Speichereinheit die Inhalte ausgewählter Segmente in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert werden, bevor funktional auf sie zugegriffen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Segmentverweise in derselben nichtflüchtigen Speichereinheit abgelegt werden wie die ausgelagerten Segmente.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zu noch nicht rückgespeicherten Segmenten gehörigen Segmentverweise sich durch eine Kennzeichnung von den zu bereits rückgespeicherten Segmenten gehörigen Segmentverweisen unterscheiden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des ausgelagerten Speicherinhalts unmittelbar nach der Reaktivierung in die flüchtige Speichereinheit rückgespeichert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Computersystem als zentrale Steuer- und Bedieneinheit eines Kraftfahrzeugs ausgebildet ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

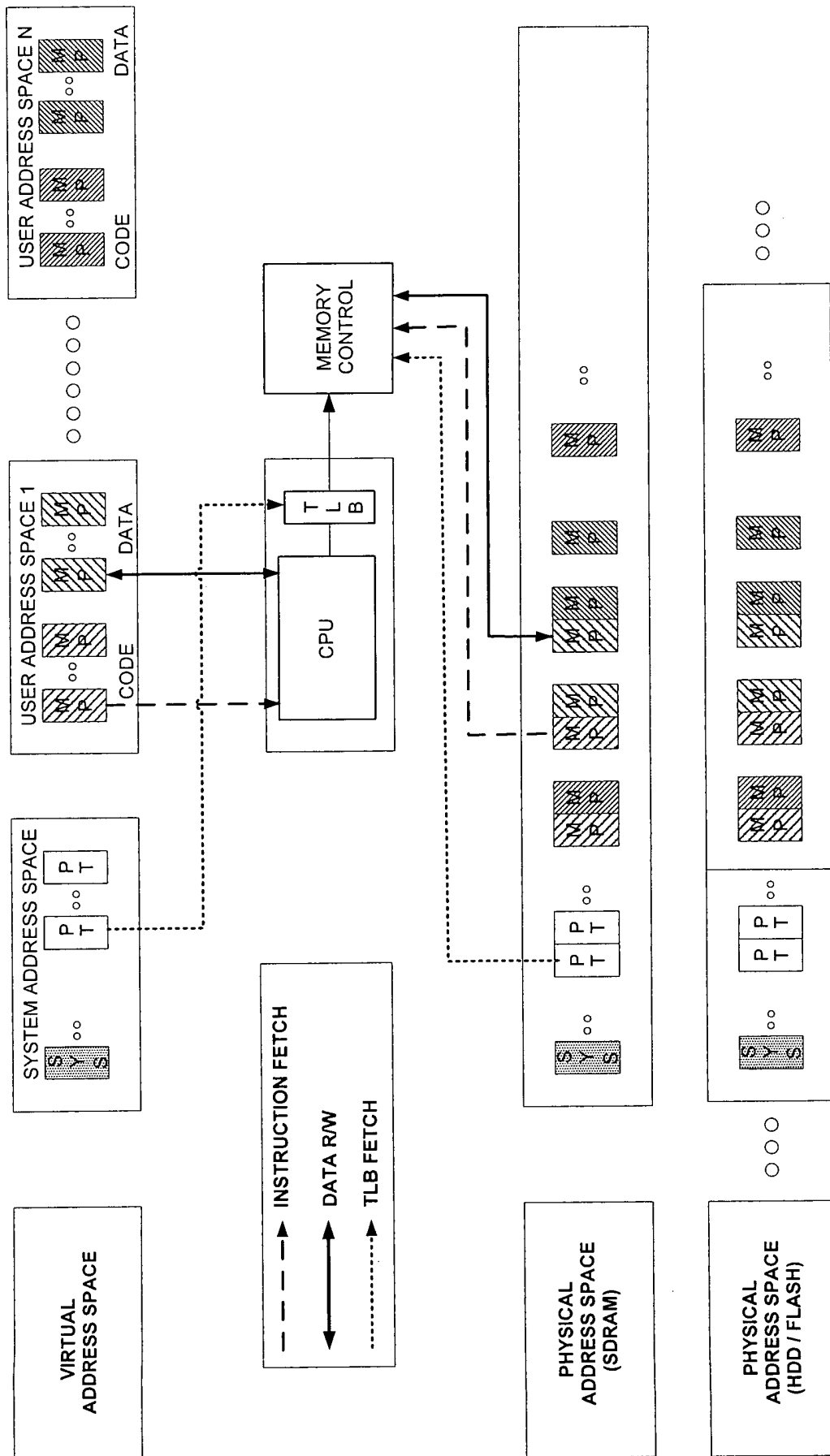


Fig. 1

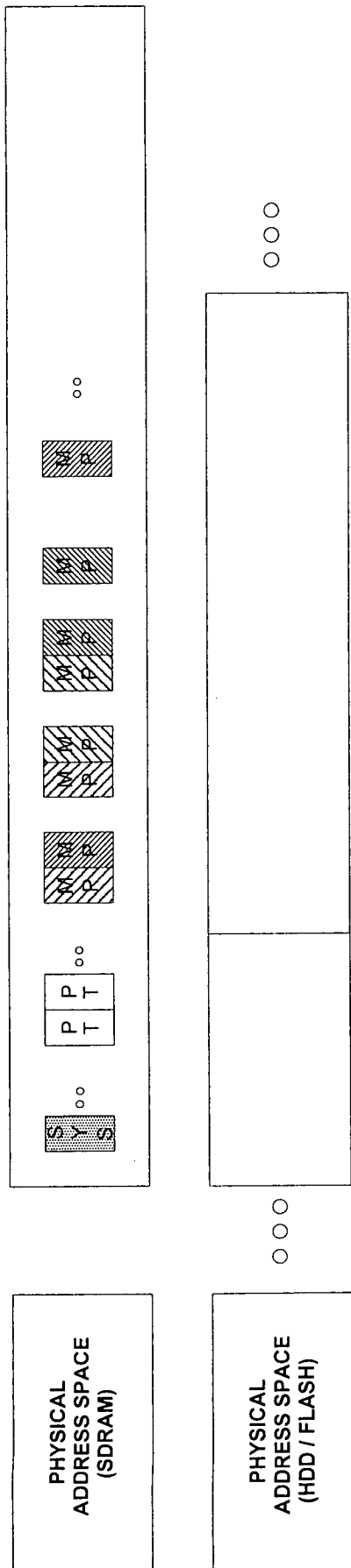


Fig. 2

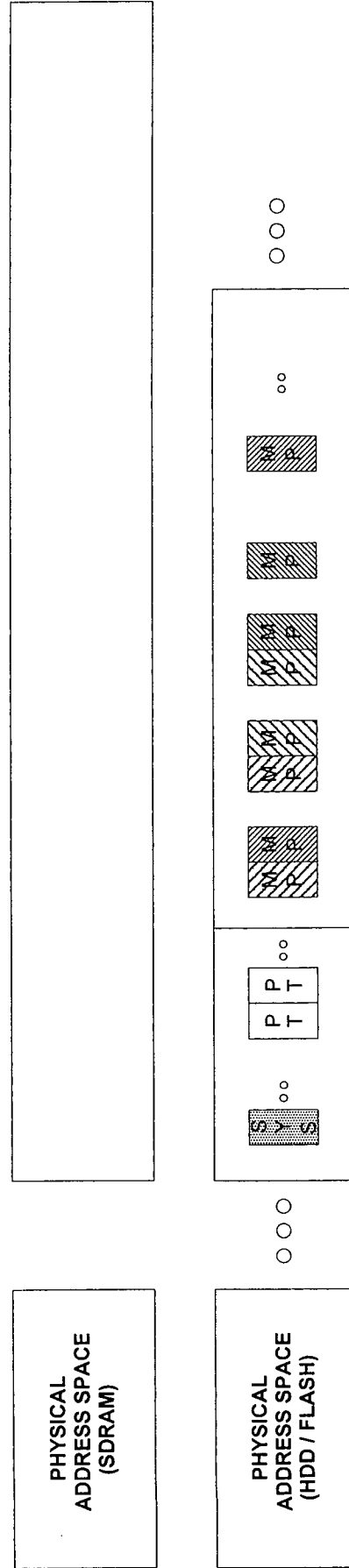


Fig. 3

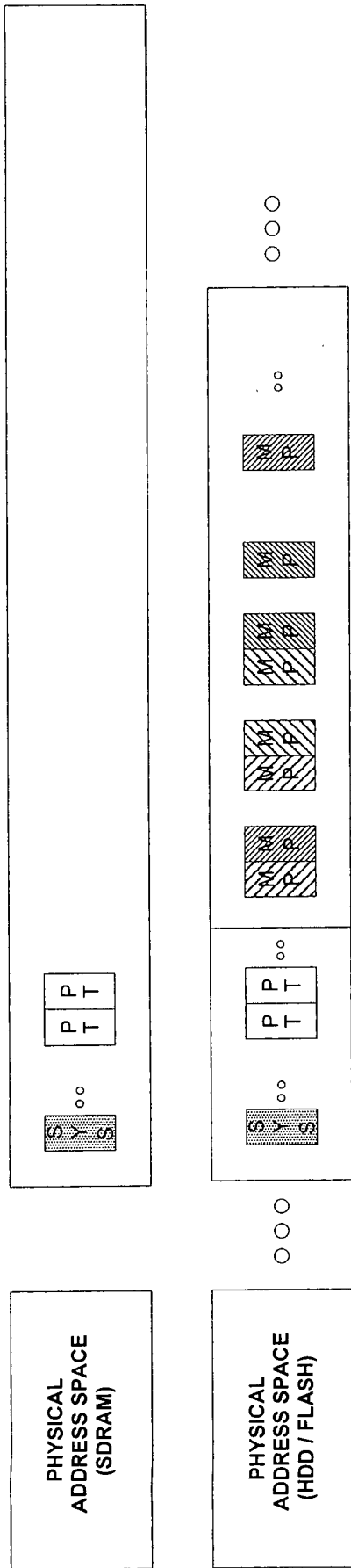


Fig. 4

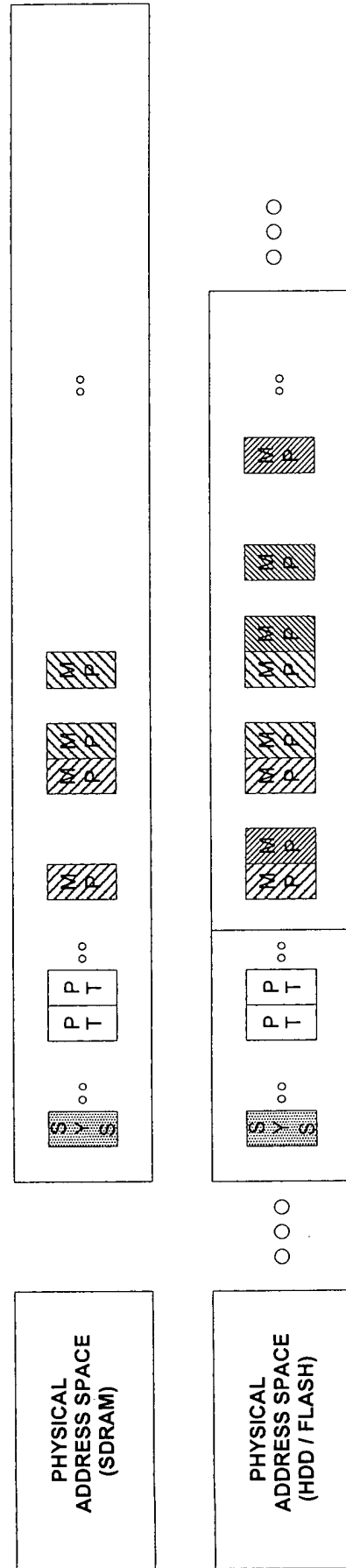


Fig. 5