

Een Introductie in Gegevensbanken*

Kris Luyten Tom Van Laerhoven

{kris.luyten, tom.vanlaerhoven}@luc.ac.be

Wetenschapsdagen 2002
Limburgs Universitair Centrum

Copyright (c) 2002 Kris Luyten, Tom Van Laerhoven

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the no Invariant Sections, with the no Front-Cover Texts, and with no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

1 Inleiding

Deze korte introductie tot gegevensbanken is bedoeld als eerste kennismaking met het fenomeen. We zullen eerst aangeven wat we precies met gegevensbanken bedoelen en wie ze kan gebruiken. Daarna gaan we wat dieper in op hoe gegevensbanken worden opgesteld en hoe we ermee kunnen interageren. Uiteindelijk is het de bedoeling dat de lezer zelf, gebruik makend van *Microsoft Access*, een gegevensbank gaat opstellen en er enkele operaties gaat op uitvoeren¹. Tussendoor zijn er opgaven voorzien om te gebruiker te toetsen naar zijn kennis.

Van deze tekst is er een HTML-, L^AT_EX-, pdf- en postscript-versie beschikbaar. De slides die bij dit document horen zijn eveneens beschikbaar in pdf formaat en als L^AT_EX bestand.

2 Wat zijn Gegevensbanken?

definitie:

Een *gegevensbank* is een verzameling *gegevens* die systematisch of volgens een bepaalde methode geordend zijn en op een of andere manier (elektronisch of anders) afzonderlijk toegankelijk zijn.

*Doelpubliek: 5e en 6e jaar van het middelbaar onderwijs, middelmatige informatica-voorkennis

¹Deze tekst is zo opgesteld dat dezelfde resultaten ook met andere gegevensbanken kunnen bekomen worden die standaard SQL ondersteunen.

Een gegevensbank, ook wel een database genoemd, is dus een verzameling van informatie. Als we het soort informatie in een gegevensbank wat dichter gaan bekijken zien we dat er meestal tussen delen informatie bepaalde relaties liggen.

Beschouw het volgende voorbeeld: al de GSM-nummers van je kennissen opgeslagen in je GSM. Eigenlijk is dit een mini-gegevensbank: het is een verzameling van gegevens die onderling een bepaalde relatie hebben. Laten we de GSM-nummers in een tabel voorstellen:

Richard Feynmann	0477/388466
Dorien Vanbrusselt	0475/983674
Karl Popper	0476/508508
Katrijn Hermans	0485/487693
James Gosling	0495/789856
Cindy Motmans	0476/471262
Andrew Eldritch	0477/986574
An Trukendoos	0498/127893
Mark De Quark	0488/123456

We zien dat er telkens een nummer bij een naam hoort. We kunnen zoeken welke naam bij welke nummer hoort en omgekeerd.

Als tweede voorbeeld beschouw een collectie compact discs. We kunnen deze gegevens ook mooi ordenen:

Cypress Hill	Skull & Bones	2000
Lords of Acid	Voodoo-U	1994
Deftones	Around the Fur	1997
Kong	Earmined	1997
Mano Negra	Casa Babylon	1994
System of a Down	System of a Down	1998

Wat opvalt is dat de meeste gegevens in een tabel gestoken worden. Zo slaat ook de gegevensbank de informatie op: in tabellen. We zullen zien dat een *relationele* gegevensbank ook relaties tussen tabellen kan leggen. Merk op dat een tabel bestaat uit verschillende rijen, en dat de gegevens op zo een rij bij mekaar horen. Zo een rij gegevens noemen we ook wel een **tuple**. Verticaal bestaat een tabel uit verschillende kolommen, dit worden ook wel de **types** van de gegevens genoemd. In het eerste voorbeeld stelt de eerste kolom een naam voor en de tweede kolom een telefoonnummer. In het tweede voorbeeld stelt de eerste kolom een artiestennaam voor, de tweede kolom een titel van een cd en de laatste kolom een jaartal.

3 Bestanden versus Gegevensbanken

Iedereen die al eens met een computer gewerkt heeft, zal wel weten dat je “bestanden” kan gebruiken om gegevens op te slaan. Zo kan je bijvoorbeeld een document dat je in een tekstverwerker hebt gemaakt opslaan als een “.txt”-bestand op je harde schijf. Een tekening gemaakt in een tekenprogramma kan je als een bitmap afbeelding opslaan op je harde schijf. Waarom hebben we dan gegevensbanken nodig en slaan we niet gewoon al de gegevens op in een bestand. Wel, om de volgende redenen:

- Als we héél veel gegevens willen opslaan, meer als 500 gigabytes bijvoorbeeld, blijkt een bestand niet zoveel data te kunnen bevatten.
- Om de gegevens in een bestand te lezen is er meestal enkel paswoord beveiliging voorzien, wat als we nu onze gegevens wat specifiek en beter willen beveiligen.
- We willen makkelijk specifieke vragen van gebruikers over de gegevens kunnen beantwoorden (zoals “geef me al de artiesten die in 1994 een cd op de markt gebracht hebben”). Een gegevensbank kan ons de relaties tussen gegevens laten zien, terwijl een bestand geen extra betekenis aan de gegevens geeft. Als we meerdere tabellen gaan gebruiken zal dit nog nuttiger blijken.
- We willen dat meerdere mensen op het zelfde moment aan de gegevens kunnen, zonder dat de gegevens hierdoor verloren gaan of moeten verdubbeld worden

Dit zijn enkele puntjes waarom we een gegevensbank boven een bestand kunnen verkiezen om gegevens op te slaan. Er zijn er zeker nog meerdere mogelijk, maar daarvoor is de beschikbare tijd te kort.

4 Wie gebruikt Gegevensbanken?

Iedereen die in aanraking komt een computer, via het Internet, in het bedrijf, op school of thuis! Gegevensbanken zijn niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Overal kom je ze tegen. Spijtig genoeg beseffen de meeste computergebruikers niet dat ze te maken hebben met een gegevensbank.

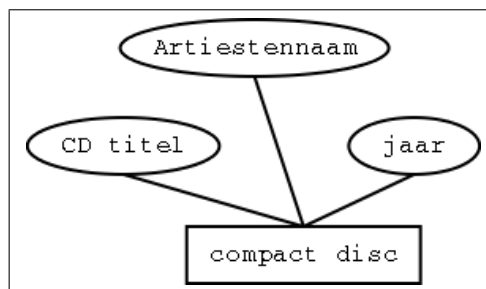
5 Relationale Gegevensbanken

Er bestaan verschillende soorten gegevensbanken. Zo zijn er bijvoorbeeld verschillende manieren om informatie te structureren. In deze sessie besteden we enkel aandacht aan de meest verspreide en gebruikte methode: *relationele* gegevensbanken. We gaan tonen hoe dit werkt aan de hand van een voorbeeldje: het opzetten van een gegevensbank voor een videotheek. We beginnen echter met wat simpelere voorbeelden.

We noemen een gegevensbank relationeel als er *relaties* tussen de verschillende tabellen in een gegevensbank kunnen gelegd worden. Meestal wordt dit gedaan door de inhoud van een bepaalde kolom in een tabel als *sleutel* te laten fungeren. Deze sleutel kan dan gebruikt worden om in een andere tabel de bijbehorende gegevens op te zoeken. Met andere woorden kan een rij (tuple) van een tabel naar één of meerdere rijen in een andere tabel wijzen. We zeggen van een sleutel dat het een *primaire* sleutel is als een rij van de tabel ermee kan uniek geïdentificeerd worden. Er zijn ook meerdere sleutels mogelijk in eenzelfde tabel, maar dat valt buiten het bestek van deze cursus. Een mogelijk voorbeeld van een sleutel is bijvoorbeeld het ISBN-nummer van een boek: dit is een uniek nummer.

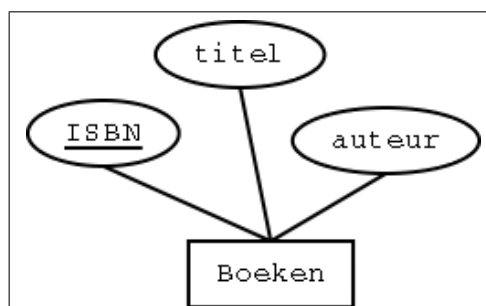
Om dit wat duidelijker te maken laten we zien hoe we dit grafisch kunnen presenteren. We gebruiken een rechthoek om een tabel voor te stellen, met

daaraan verbonden al de mogelijke kolommen van die tabel in een cirkeltje. We noemen de mogelijke kolommen van een tabel ook wel de *attributen*. We geven een sleutel van zo een tabel aan door een streepje onder de kolomnaam van de kolom die als sleutel dient te trekken. Nu kunnen we verschillende tabellen tekenen. We geven relaties tussen tabellen aan door een lijn tussen de tabellen te trekken. Er zijn ook meer wiskundige manieren om relaties tussen tabellen voor te stellen. Als we het voorbeeldje van de CD gegevensbank grafisch voorstellen krijgen we het volgende:



Opgave: doe hieronder hetzelfde voor het voorbeeldje van de GSM nummers.

De volgende tekening laat een tabel zien voor boeken, waar de ISBN de sleutel is voor die tabel:



Opgave: vul zelf enkele attributen aan.
De overeenkomende tabel voor boeken zou er dan als volgt uit kunnen zien:

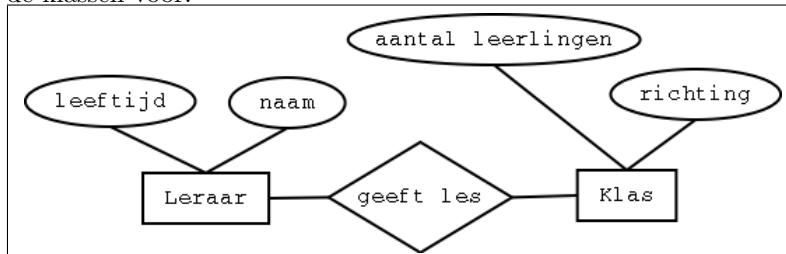
ISBN-NUMMER	TITEL	AUTEUR
1-861002-97-1	Beginning Linux Programming	Richard Stones
0-07-115508-2	Database Management Systems	Raghu Ramakrishnan
0-41-504029-9	Being and Nothingness	Jean-Paul Sartre
1-55860-245-3	Understanding the new SQL	Jim Meltom
0-201-63361-2	Design Patterns	Erich Gamma
0-14-118528-7	The Age of Reason	Jean-Paul Sartre
0-201-54199-8	The L ^A T _E X Companion	Michel Goossens

Merk op dat de ISBN altijd uniek moet blijven hier: een auteur kan bijvoorbeeld wel twee keer voorkomen omdat een auteur meerdere boeken kan geschreven hebben. De verschillende boeken die een auteur geschreven heeft zullen echter wel een verschillende ISBN-nummer hebben, zoals Jean-Paul Sartre in ons voorbeeld.

Nu gaan we een stapje verder: we zullen een relatie tussen twee tabellen uitdrukken door een lijn tussen twee tabellen te trekken. Natuurlijk heeft zo een relatie een bepaalde betekenis; dit noteren we in een ruit die in het midden van de lijn komt te staan. Zo geeft een leraar bijvoorbeeld les aan een bepaalde klas. De relatie tussen leraar en klas is dan lesgeven. We werken op dit voorbeeld verder: we maken een tabel met gegevens voor een leraar en een tabel met gegevens voor een klas.

Opgave: Maak een extra tabel voor de relatie *GeeftLesAan*. Bepaal zelf welke “kolommen” er bij leraar en klas moeten komen; dus welke gegevens de tabel van leraar moet kunnen bevatten, en welke gegevens de tabel van klas moet kunnen bevatten.

We stellen nu grafisch de relatie tussen de tabel voor de leraars en de tabel voor de klassen voor:



Opgave: teken hierboven zelf de nodige attributen erbij.

6 Het opvragen van data uit een gegevensbank

We hebben nu wel een gegevensbank waarin we al onze informatie kunnen opslaan, maar hoe krijgen we deze data er ook weer uit? Stel dat we in het voorbeeld van de videotheek alle filmen willen opvragen uit een bepaald jaar, of nog complexer: stel dat we de namen van alle vrouwelijke acteurs willen die tussen 1990 en 1992 in een nederlandse film hebben gespeeld. We hebben dus een manier nodig om de gegevensbank te ondervragen.

Een vraag om informatie aan een gegevensbank wordt ook wel een *query* genoemd. Om zo'n query uit te voeren is er een aparte taal ontwikkeld die het mogelijk maakt om vragen zoals "Geef mij de naam van de acteur die zowel in film A als in film B speelde" om te zetten zodat de gegevensbank deze begrijpt. Een voorbeeld van zo'n taal is *SQL*.

definitie:

SQL, de "Structured Query Language", is de meest gebruikte gegevensbankentaal. Ze wordt gebruikt om informatie op te vragen uit (in de vorm van een *query*) en bewerkingen te doen op gegevensbanken.

Deze taal is zeer uitgebreid en krachtig. We zullen ons hier dus beperken tot een klein onderdeel van de query-mogelijkheden. Een *SQL-query*, het commando dat we aan de gegevensbank geven, ziet er als volgt uit:

```
SELECT select-lijst
FROM van-lijst
WHERE kwalificaties
```

Indien we deze query aan de gegevensbank geven krijgen we als resultaat een tabel met de gegevens die we gevraagd hebben. De query heeft drie onderdelen:

- **SELECT** Hierin wordt een lijst vermeld van de kolomnamen die we willen zien bij het resultaat van de query.
- **FROM** De lijst van tabellen die in de query voorkomen.
- **WHERE** Geeft optioneel enkele condities, opgelegd aan de tabellen uit het FROM gedeelte.

6.1 Eenvoudige Queries op één Tabel

We herhalen het voorbeeld uit sectie 1, waarop we nu enkele queries gaan uitvoeren. Het voorbeeld is lichtjes aangepast; we hebben een extra kolom *CDNr* toegevoegd met het oog op latere voorbeelden. Deze kolom bevat een uniek nummer voor elke cd uit onze collectie.

Tabel: Album

CDNr	Artiest	Titel	Jaar
001	Cypress Hill	Skull & Bones	2000
002	Lords of Acid	Voodoo-U	1994
003	Deftones	Around the Fur	1997
004	Kong	Earmined	1997
005	Mano Negra	Casa Babylon	1994
006	System of a Down	System of a Down	1998

Stel dat we een lijstje willen van alle cd's uit onze collectie van het jaar 1994. Als resultaat willen we een tabel met als kolommen de artiest en de titel van de cd.

```
SELECT Album.Artiest, Album.Titel
FROM Album
WHERE Album.Jaar = 1994
```

Als we deze query uitvoeren op de gegevensbank krijgen we het gewenste resultaat:

Artiest	Titel
Lords of Acid	Voodoo-U
Mano Negra	Casa Babylon

We geven nog twee voorbeelden van queries die uitgevoerd kunnen worden op deze gegevensbank. Probeer zelf uit de zoeken wat de queries precies vragen aan de gegevensbank.

```
SELECT Album.Artiest
FROM Album
WHERE Album.Titel = 'Bones' OR
      Album.Jaar = 1997
```

Artiest
Cypress Hill
Kong

```
SELECT Album.Titel, Album.Jaar
FROM Album
WHERE Album.Artiest = 'Deftones' AND
      Album.Jaar > 1996
```

Titel	Jaar
Deftones	1997

Merk op dat we door middel van de woorden **AND** en **NOT** we complexe vragen kunnen stellen aan de gegevensbank.

Opgave: Geef aan wat de query vraagt indien we in het vorige voorbeeld in de WHERE sectie het volgende schrijven, en geef ook aan wat het resultaat zal zijn:

```
WHERE (Album.Jaar > 1995 AND Album.Jaar < 1998) OR
      (Album.CDNr = 005)
```

Opgave: Stel de query op die aan de gegevensbank vraagt welke artiesten een cd hebben uitgebracht na 1998.

6.2 Eenvoudige Queries op meerdere Tabellen

Tot hiertoe bestond onze gegevensbank uit slechts één enkele tabel, namelijk deze waarin de lijst met cd's is opgeslagen. Maar stel nu dat we nog een andere tabel hebben waarin we de aparte songs van een cd hebben opgeslagen, die er als volgt kan uit zien:

Tabel: Song

SongTitel	TrackNr	AlbumNr
Spiders	05	06
Peephole	10	06

Merk op dat de laatste kolom het nummer bevat dat verwijst naar de eerste kolom van de *Album* tabel. Een song met als *AlbumNr* 06 staat dus op de cd van “System of a Down”.

Een vraag als “Geef mij alle songtitels van *System of a Down* die als 4de track op een album staan” zal gesteld moeten worden aan meerdere tabellen, omdat de tabel *Song* geen informatie bevat over de Artiest. Die informatie zit namelijk in de tabel *Album*. De vorm van de juiste query is hetzelfde:

```
SELECT Song.SongTitle
FROM Song, Album
WHERE Album.Artiest = 'System of a Down' AND
       Song.TrackNr = 4 AND
       Song.AlbumNr = Album.CDNr
```

Het verschil met vorige voorbeelden is dat we nu twee tabellen selecteren in de FROM sectie. Misschien is de laatste regel in de query niet zo voor de hand liggend. Onze query zegt namelijk aan de gegevensbank achtereenvolgens de volgende dingen:

- Neem tabel *Song* en neem tabel *Album* (lijn 2).
- Neem uit *Album* alle cd's van de artiest *System of a Down* (lijn 3).
- Neem uit *Song* alle songs die als 4de track op een cd staan. (lijn 4)
- Neem uit beide tabellen alles waarbij de *AlbumNr* kolom en de *CDNr* kolom overeenkomen (lijn 5).
- Selecteer van hetgeen overblijft enkel de *SongTitel* kolom (lijn 1).

Opgave: Stel de query op die aan de gegevensbank alle songs van *Lords of Acid* vraagt.

Opgave: Wat zou het resultaat zijn moesten we in de voorbeeld-query de laatste regel vergeten zijn ?

6.3 Complexe Queries

Met alle vorige queries kunnen we, hoewel ze vrij eenvoudig waren, al heel wat bereiken. Je kunt je voorstellen dat indien we enkele tientallen tabellen hebben in de gegevensbank, waaruit heel specifieke informatie opgevraagd moet worden, de resulterende queries al heel wat complexer zullen worden.

Bij complexe queries komen er ook andere problemen om de hoek kijken, zoals “Hoe kunnen we de query zo efficiënt mogelijk maken, zodat ze sneller het gewenste resultaat geeft?”. Ook problemen in verband met beveiliging kunnen geadresseerd worden, waardoor bepaalde gebruikers slechts beperkte toegang hebben tot gegevensbanken. Deze materie valt echter buiten het bereik van deze inleidende tekst. We herhalen nog eens dat het onderdeel van SQL dat hier aan bod kwam (de queries) slechts een klein onderdeel van de volledige taal was.

7 Een Inleiding tot Microsoft Access

Om alles wat we tot hertoe gezien hebben praktisch bruikbaar te maken, gaan we met behulp van Microsoft Access een echte gegevensbank opzetten. Microsoft Access is een produkt van Microsoft om simpele gegevensbanken mee te maken. Voor de beginner heeft het als voordeel dat er vooral grafisch mee kan gewerkt worden, zodat je genoeg hebt aan de opgedane kennis om een gegevensbank op poten te zetten. Spijtig genoeg is Microsoft Access (onderdeel van Microsoft Office) geen gratis product. Er zijn echter wel gratis gegevensbanken te vinden op het Internet, weliswaar met een minder geavanceerde user interface, zoals MySQL en PostgreSQL.

De opdracht bestaat eruit een gegevensbank voor je cd-collectie te ontwerpen en dit ontwerp in een echte, werkende gegevensbank om te zetten met behulp van Microsoft Access. De slides geven je de verdere uitleg hoe je dit allemaal specifiek met Microsoft Access kan doen.

7.1 De Gegevensbank ontwerpen

7.2 De tabellen invoeren in Microsoft Access

7.3 De relaties invoeren in Microsoft Access

7.4 Simpele Queries uitvoeren op de Gegevensbank

8 Conclusie

We hopen dat je met deze inleiding in gegevensbanken wat meer inzicht hebt opgedaan in de wondere wereld van de informatie-vergaring. Met deze inleiding krijg je reeds een goede basis mee om zelf op inderzoek uit te gaan naar nieuwe mogelijkheden van gegevensbanken. Er zijn honderden werken geschreven over gegevensbanken, van wiskundige en theoretische werken tot praktische handleidingen voor specifieke gegevensbanken. Om een paar voorbeelden te geven van het gebruik van gegevensbanken: bekende zoekmachines op het Internet zoals Google en Yahoo maken gebruik van zeer snelle en robuuste gegevensbanken die immens grote hoeveelheden data kunnen verwerken. Ook de E-commerce is een grote gebruiker van gegevensbanken. Als je op de online winkels Proxis of Amazon gaat kijken, weet dan dat al de informatie die je webbrowser je daar toont, uit gegevensbanken gehaald wordt op het moment dat jij op een link klikt om naar je gewenste product te zoeken.

9 GNU Free Documentation License

Version 1.1, March 2000

Copyright © 2000 Free Software Foundation, Inc.
59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA
Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

Preamble

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other written document “free” in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of “copyleft”, which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But

this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

9.1 Applicability and Definitions

This License applies to any manual or other work that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. The “Document”, below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as “you”.

A “Modified Version” of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A “Secondary Section” is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document’s overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (For example, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The “Invariant Sections” are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License.

The “Cover Texts” are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License.

A “Transparent” copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, whose contents can be viewed and edited directly and straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup has been designed to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. A copy that is not “Transparent” is called “Opaque”.

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML designed for human modification. Opaque formats include PostScript, PDF, proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML produced by some word processors for output purposes only.

The “Title Page” means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, “Title Page” means the text near the most prominent appearance of the work’s title, preceding the beginning of the body of the text.

9.2 Verbatim Copying

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

9.3 Copying in Quantity

If you publish printed copies of the Document numbering more than 100, and the Document’s license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a publicly-accessible computer-network location containing a complete Transparent copy of the Document, free of added material, which the general network-using public has access to download anonymously at no charge using public-standard network protocols. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

9.4 Modifications

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has less than five).
- State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- Preserve all the copyright notices of the Document.
- Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.

- Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- Include an unaltered copy of this License.
- Preserve the section entitled "History", and its title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- In any section entitled "Acknowledgements" or "Dedications", preserve the section's title, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- Delete any section entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- Do not retitle any existing section as "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties – for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

9.5 Combining Documents

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections entitled "History" in the various original documents, forming one section entitled "History"; likewise combine any sections entitled "Acknowledgements", and any sections entitled "Dedications". You must delete all sections entitled "Endorsements."

9.6 Collections of Documents

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

9.7 Aggregation With Independent Works

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, does not as a whole count as a Modified Version of the Document, provided no compilation copyright is claimed for the compilation. Such a compilation is called an "aggregate", and this License does not apply to the other self-contained works thus compiled with the Document, on account of their being thus compiled, if they are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one quarter of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that surround only the Document within the aggregate. Otherwise they must appear on covers around the whole aggregate.

9.8 Translation

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License provided that you also include the original English version of this License. In case of a disagreement between the translation and the original English version of this License, the original English version will prevail.

9.9 Termination

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

9.10 Future Revisions of This License

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License or any later version applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright © YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST. A copy of the license is included in the section entitled “GNU Free Documentation License”.

If you have no Invariant Sections, write “with no Invariant Sections” instead of saying which ones are invariant. If you have no Front-Cover Texts, write “no Front-Cover Texts” instead of “Front-Cover Texts being LIST”; likewise for Back-Cover Texts.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.